

İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

**FBEDJIST**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ  
JOURNAL OF THE INSTITUTE OF  
SCIENCE AND TECHNOLOGY



**İĞDIR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ**

**ENSTİTÜSÜ DERGİSİ**

**JOURNAL OF THE INSTITUTE  
OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

[www.igdir.edu.tr](http://www.igdir.edu.tr)



# İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

## Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (FBED)

*Journal of the Institute of Science and Technology (JIST)*

*(Uluslararası Hakemli Dergi / International Peer Reviewed Journal)*

**Basılı ISSN** 2146-0574

**Elektronik ISSN** 2536-4618

### **Veri Tabanı / Indexed by**

EBSCO, TUBİTAK-ULAKBİM

### **Sahibi / Owner**

Prof. Dr. Mehmet Hakkı ALMA

Rektör / Rector

### **Sorumlu Müdür / Director**

Doç. Dr. Süleyman TEMEL / Assoc. Prof. Dr. Süleyman TEMEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü / Director of the Inst. of Sci. and Technology

### **Baş Editör / Editor in Chief**

Doç. Dr. Süleyman TEMEL / Assoc. Prof. Dr. Süleyman TEMEL

### **Yardımcı Editörler / Associate Editors**

Doç. Dr. Bilal KESKİN / Assoc. Prof. Dr. Bilal KESKİN

Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜLSOY / Assist. Prof. Dr. Ersin GÜLSOY

Yrd. Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT / Assist. Prof. Dr. Adem KOÇYİĞİT

### **Yayın Komisyonu / Publication Committee**

Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan ATALAY / Assist. Prof. Dr. Ali İhsan ATALAY

Yrd. Doç. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK / Assist. Prof. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK

Yrd. Doç. Dr. Gökçe DİLEK KÜÇÜK / Assist. Prof. Dr. Gökçe DİLEK KÜÇÜK

Yrd. Doç. Dr. Tuba GENÇ KESİMCİ / Assist. Prof. Dr. Tuba GENÇ KESİMCİ

Yrd. Doç. Dr. Uğur GÜLLER / Assist. Prof. Dr. Uğur GÜLLER

Yrd. Doç. Dr. Yakup Erdal ERTÜRK / Assist. Prof. Dr. Yakup Erdal ERTÜRK

Arş. Gör. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM / RA. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM

### **Tasarım / Design**

Hangar Marka İletişim Reklam Hizmetleri Yayıncılık Ltd. Şti.

Konur Sokak No: 57/4 Kızılay, Ankara - Türkiye

Tel / Phone : +90 312 425 07 34

Faks / Fax : +90 312 425 07 36

www.hangarreklam.com.tr

## ULUSAL EDİTÖRLER KURULU

### NATIONAL EDITORIAL BOARD

- Doç. Dr. Mikdat ŞİMŞEK, Bahçe Bitkileri  
Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Beyhan KİBAR, Bahçe Bitkileri  
İğdır Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜLSOY, Bahçe Bitkileri  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Mücahit PEHLUVAN, Bahçe Bitkileri  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Prof. Dr. Ahmet ULUDAĞ, Bitki Koruma  
Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK, Bitki Koruma  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Tuba GENÇ KESİMCİ, Bitki Koruma  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Prof. Dr. Ümit İNCEKARA, Biyoloji  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Emel DİRAZ, Biyoloji  
Sütçü İmam Üniversitesi, K.Maraş, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Hakan KİBAR, Biyosistem  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Aysun ALTIKAT, Çevre Mühendisliği  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Züleyha BİNGÜL, Çevre Mühendisliği  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Prof. Dr. Genber KERİMLİ, Elektrik-Elektronik Müh.  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT, Elektrik-Elektronik Müh.  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. İkrım ORAK, Fizik  
Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye
- Prof. Dr. Ahmet ERDOĞAN, Gıda Mühendisliği  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Prof. Dr. İhsan Güngör ŞAT, Gıda Mühendisliği  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Uğur GÜLLER, Gıda Mühendisliği  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Doç. Dr. İlker KAZAZ, İnşaat Mühendisliği,  
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR, İnşaat Müh.,  
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Fikret TÜRKAN, Kimya,  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Zeynep TURHAN IRAK, Kimya,  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Faruk YEŞİLDAL, Makine Müh.  
İbrahim Çeçen Üniversitesi, Ağrı, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. İsmail Hakkı KORKMAZ, Makine Müh.  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Alkan ÖZKAN, Matematik, İğdir Üniversitesi  
İğdir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Gökçe DİLEK KÜÇÜK, Matematik  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Lokman BİLEN, Matematik  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Doç. Dr. Ahmet Tuğrul POLAT, Peyzaj Mimarlığı,  
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

- Doç. Dr. Murat ZENGİN, Peyzaj Mimarlığı  
Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye
- Prof. Dr. Deniz ÇOBAN, Su Ürünleri  
Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. İlkur MERİÇ, Su Ürünleri  
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- Prof. Dr. Füsün ERDEN, Tarım Ekonomisi  
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Yakup Erdal ERTÜRK, Tarım Ekonomisi  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Prof. Dr. Kamil HALILOĞLU, Tarla Bitkileri  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Doç. Dr. Bilal KESKİN, Tarla Bitkileri  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Doç. Dr. Süleyman TEMEL, Tarla Bitkileri  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Adem GÜNEŞ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme  
Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Mücahit KARAOĞLU, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Doç. Dr. Eser Kemal GÜRCAN, Zootekni  
Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan ATALAY, Zootekni  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. İsa YILMAZ, Zootekni, İğdir Üniversitesi  
İğdir, Türkiye

## ULUSLARARASI EDİTÖRLER KURULU

### INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

- Prof. Dr. Muhammad HANIF, Mathematic  
Lahore Üniversitesi, Lahore, Pakistan
- Prof. Dr. Muhammad SARWAR, Animal Science  
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
- Prof. Dr. Tan YANWEN, Economics  
South China Agricultural University, Guangzhou, China
- Prof. Dr. Abdul WAHID, Department of Botany  
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
- Prof. Dr. Zafar IQBAL, Veterinary Science  
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
- Prof. Dr. Khalid JAVED, Dep. of Livestock Prod.  
University of Vet. & Animal Sciences, Lahore, Pakistan
- Assist. Prof. Dr. Christina BENEKI, Dep. of Bus. Admin.  
Tech. Educ. Inst. of Ionian Islands, Cephalonia, Greece
- Dr. Abdul WAHEED, Animal Science  
Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan
- Dr. Ferhat ABBAS, Vet- Animal Science, CASVAB  
University of Balochistan, Balochistan, Pakistan
- Dr. Naveen KUMAR, Horticulture  
University of Florida, Florida, USA

## DİL EDİTÖRLERİ

### LANGUAGE CONSULTANTS

- Okutman Didem ERDEL,  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye
- Uzm. Handan YILDIZ,  
Milli Eğitim Müdürlüğü, İğdir, Türkiye
- Uzm. Talha YILDIZ,  
İğdir Üniversitesi, İğdir, Türkiye

## BU SAYININ HAKEM LİSTESİ

### REFeree LIST IN THIS NUMBER

- Prof. Dr. Adnan SÖZEN, Enerji Sistemleri Mühendisliği  
Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- Prof. Dr. Ahmet Şahin ZAİMOĞLU, İnşaat Mühendisliği  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Prof. Dr. Ali KOÇ, Tarla Bitkileri  
Osmanlı Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye
- Prof. Dr. Atilla DURSUN, Bahçe Bitkileri  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Prof. Dr. Ayten NAMLI, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme  
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- Prof. Dr. Canan ÖZDEMİR, Biyoloji  
Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye
- Prof. Dr. Emin ERDEM, Kimya  
Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye
- Prof. Dr. Erhan DENİZ, Matematik  
Kafkas Üniversitesi, Kars, Türkiye
- Prof. Dr. Erol YILDIRIM, Bitki Koruma  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Prof. Dr. Kağan KÖKTEN, Tarla Bitkileri  
Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye

- Prof. Dr. Mine ÖZDEMİR, Kimya Mühendisliği  
Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye
- Prof. Dr. Murad Aydın ŞANDA, Biyoloji  
Muş Alparslan Üniversitesi, Muş, Türkiye
- Prof. Dr. Murat ARSLAN, Su Ürünleri Yetiştiriciliği  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Prof. Dr. Murat KARABULUT, Coğrafya  
Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye
- Prof. Dr. Nutullah ÖZDEMİR, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye
- Prof. Dr. Ökkeş ATICI, Biyoloji  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Prof. Dr. Selim ALTUN, İnşaat Mühendisliği  
Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye
- Prof. Dr. Suat AKBULUT, İnşaat Mühendisliği  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
- Prof. Dr. Süleyman SOYLU, Tarla Bitkileri,  
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye
- Prof. Dr. Veyis TANSI, Tarla Bitkileri,  
Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye
- Prof. Dr. Vural BÜTÜN, Kimya  
Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye
- Prof. Dr. Zeki ACAR, Tarla Bitkileri  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye
- Doç. Dr. Mahmut KAPLAN, Tarla Bitkileri  
Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
- Doç. Dr. Abdullah AKDOĞAN, Kimya  
Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye
- Doç. Dr. Ahmet Tuğrul POLAT, Peyzaj Mimarlığı  
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye
- Doç. Dr. Alime ÇITAK, Kimya Mühendisliği  
Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye
- Doç. Dr. Ayşegül GÜMÜŞ, Kimya  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
- Doç. Dr. Doğan NARİNÇ, Veteriner Fakültesi  
Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye
- Doç. Dr. Gonca ALAK, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Doç. Dr. İlğaz AKATA, Biyoloji  
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- Doç. Dr. İsmail SEZER, Tahıllar ve Yemlik Dane Baklagiller  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye
- Doç. Dr. Mehmet Ali KIRPIK, Biyoloji  
Kafkas Üniversitesi, Kars, Türkiye
- Doç. Dr. Murat ZENGİN, Peyzaj Mimarlığı  
Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye
- Doç. Dr. Naki ÇOLAK, Kimya,  
Hitit Üniversitesi, Çorum, Türkiye
- Doç. Dr. Neslihan Turgut KARA, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü  
İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
- Doç. Dr. Nurettin PİRİNÇİOĞLU, Fizik,  
Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye
- Doç. Dr. Sabri YURTSEVEN, Zootekni  
Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
- Doç. Dr. Sevim TUNALI, Kimya,  
İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
- Doç. Dr. Şeniz KARABIYIKLI, Gıda Mühendisliği,  
Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Ali Arda ŞORMAN, İnşaat Mühendisliği  
Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan ATALAY, Zootekni  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Cengiz YILDIRIM, Biyoloji  
Amasya Üniversitesi, Amasya, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Cengiz YÜRÜRDURMAZ, Tarla Bitkileri  
Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Çağrı Özgür ÖZKAN, Zootekni  
Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Çeknas ERDİNÇ, Bahçe Bitkileri  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK, Bitki Koruma  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Fatih DADAŞOĞLU, Moleküler Biyoloji  
İbrahim Çeçen Üniversitesi, Ağrı, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Fatma NURALIN, Kimya  
Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Ferhat KAYA, Enerji Sistemleri Mühendisliği  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Ferit SÖNMEZ, Tohum Bilimi ve Teknolojisi  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Fikret TÜRKAN, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Gökçe Dilek KÜÇÜK, Matematik- Bilgisayar  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Hilal MEDETALİBEYOĞLU, Kimya  
Kafkas Üniversitesi, Kars, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Hüseyin SAUK, Tarım Makineleri ve Teknolojileri  
Mühendisliği  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Mehmet Kazım KARA, Zootekni  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Mehmet Kerim GÜLLAP, Tarla Bitkileri  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Muhammed YİĞİDER, Matematik  
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Murat BEYTUR, Kimya  
Kafkas Üniversitesi, Kars, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Mustafa KAZANCIOĞLU, Kimya  
Kafkas Üniversitesi, Kars, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Mustafa SALTİ, Fizik,  
Mersin Üniversitesi, Mersin, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Nalan DEMİRCİOĞLU YILDIZ, Peyzaj Mimarlığı  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Namık KILINÇ, Tıbbi Hizmetler ve Teknikleri  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Osman GEDİK, Tarla Bitkileri  
Sütçü İmam Üniversitesi Kahramanmaraş, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Özlem Eren KIRAN, Biyoloji  
Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Selma BOYACI, Bahçe Bitkileri  
Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Serkan ŞENOCAK, İnşaat Mühendisliği  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Sertaç GÜNGÖR, Peyzaj Mimarlığı  
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Servet AŞKIN, Kimya  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Seyrani KONCAGÜL, Zootekni  
Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Yeliz KASKO ARICI, Zootekni  
Ordu Üniversitesi, Ordu, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Zeki GÖKALP, Biyosistem Mühendisliği  
Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Zeynep TURHAN IRAK, Çevre Mühendisliği  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Zübeyir HUYUT, Biyokimya  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Züleyha BİNGÜL, Çevre Mühendisliği  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Dr. İlker BÜYÜK, Bioteknoloji  
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- Dr. Tugay AYAŞAN, Yemler ve Hayvan Besleme  
Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Adana, Türkiye

**İĞDIR ÜNİVERSİTESİ**  
**Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (FBED)**  
**YAYIN İLKELERİ**

1. FBED, yılda dört kez yayınlanır. Dergide orijinal araştırma makalesi, derleme, teknik not yayımlanabilir. Araştırma konuları genomik dahil olmak üzere tarımın tüm yönleriyle ilgili olabilir. Ayrıca depolanan ürünler, pestisit bilimi, hasat sonrası fizyolojisi ve teknolojisi, tohumculuk, sulama, mühendislik, su kaynaklarının yönetimi, deniz bilimleri, hayvansal üretim ve hayvan ıslahı bilimi, fizyoloji ve morfoloji, su ürünleri yetiştiriciliği, bitki bilimi, süt bilimi, gıda bilimi, entomoloji, balık ve balıkçılık, ormancılık, temiz su bilimi, bahçe bitkileri, kümes hayvanları bilimi, toprak bilimi, sistematik biyoloji, veterinerlik, viroloji, yabancı otlar, tarım ekonomisi alanlarını içeren araştırmalar dergimize gönderilebilir. Tüm yazılar iki profesyonel hakem tarafından değerlendirilir, Editör ve Yayın Kurulu tarafından incelenir.
2. FBED Türkçe ve İngilizce dillerinde yazılmış orijinal araştırma makaleleri, kısa notlar, teknik notlar ve derlemeler (toplam yayınların%20) yayınlamayı planlamaktadır. Ayrıca, FBED diğer ülkelerden gelen araştırmaları kabul etmektedir.
3. Yayınlanması istenilen eserlerin herhangi bir yerde yayınlanmamış veya yayınlanmak üzere herhangi bir dergiye gönderilmemiş olması zorunludur.
4. Dergiye yayınlanmak üzere gönderilen eserlerle birlikte Telif Hakkı Devir Sözleşmesi de tüm yazarlarca (farklı adreslerde bulunan yazarlar forma ait tüm bilgileri doldurarak ayrıca imzalamak suretiyle gönderebilirler) imzalanarak gönderilmelidir.
5. Eserlerin tüm sorumluluğu yazarlarına aittir.
6. Dergide yayınlanması istenilen eserler, imzalı Telif Hakkı Devir Sözleşmesi ile derginin e-posta adresine (fbed@igdir.edu.tr) gönderilmelidir.
7. Aynı sayıda ilk isim olarak bir yazarın en çok iki makalesi basılır.
8. Eserler bilim etiği ilkelerine uygun olarak hazırlanmalı, gerekliyse Etik Kurul Raporu'nun bir kopyası eklenmelidir.
9. Sunulan metinler en çok 15 sayfa olmalıdır.
10. Yazının teslim tarihinden itibaren yaklaşık 30-60 gün sonra Sorumlu Yazar'a çalışmanın yayına kabul edilip edilmediği ya da durumu bildirilir.
11. Dergide yayınlanması istenilen eserler, imzalı Telif Hakkı Devir Sözleşmesi ile birlikte gönderilmelidir.

**İĞDIR UNIVERSITY**  
**Journal of The Institute of Science and Technology (JIST)**  
**PUBLISHING POLICIES**

1. JIST publishes four times a year original research papers, reviews, short notes, and technical notes on all aspects of agriculture including arid soil research and rehabilitation, agricultural genomics, stored products research, tree fruit production, pesticide science, post-harvest biology and technology, seed science research, irrigation, agricultural engineering, water resources management, marine sciences, agronomy, animal science, physiology and morphology, aquaculture, crop science, dairy science, food, science, entomology, fish and fisheries, forestry, freshwater science, horticulture, poultry science, soil science, systematic biology, veterinary, virology, viticulture, weed biology, agricultural economics and agribusiness. All the manuscripts submitted to our journal are peerreviewed by two professional referees, Editor in Chief, and Editorial Board.
2. JIST intends to publish original research papers, short notes, technical notes, and reviews (20% of total papers) written in Turkish and English languages. Also, JIST gladly accepts manuscript submissions from other countries.
3. Manuscripts and communications are accepted on the understanding that these have not been published nor are being considered for publication elsewhere.
4. All the authors should submit their manuscript with transfer form of copy right for potential publication. The transfer form of Copyright should be signed by all authors.
5. All the authors will be responsible contextually for contents of their manuscripts.
6. Manuscript and copy right transfer form as attachments should be submitted to an e-mail: [fbed@igdir.edu.tr](mailto:fbed@igdir.edu.tr)
7. Only two manuscripts of each author as first author can be published in same issue of JIST.
8. Manuscripts should be prepared in accordance with scientific ethic rules. When required, ethical committee reports with the related documents should be submitted to JIST.
9. Manuscripts submitted should be maximum 15 pages.
10. A decision will be informed to corresponding author after roughly 30-60 days from submission date of the manuscript.
11. Please contact for any question to [fbed@igdir.edu.tr](mailto:fbed@igdir.edu.tr)

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

---

### Bahçe Bitkileri / Horticulture

---

Batı Anadolu Kaynaklı Bal Kabağı (*Cucurbita moschata* Duchesne) Genotiplerinin Bazı Meyve Özellikleri  
*Some Fruit Characteristics of Genotype of Pumpkin (Cucurbita moschata Duchesne) with the Origin of Western Anatolia*  
Dursun BABAOĞLU, Önder TÜRKMEN

11

---

### Bitki Koruma / Plant Protection

---

*Salvia tomentosa* 'nin Antifungal ve Antioksidant Aktivitesinin Belirlenmesi  
*Determination of Antifungal and Antioxidant Activity of Salvia tomentosa*  
Yusuf BAYAN, Nusret GENÇ

17

---

### Biyoloji / Biology

---

Bitkilerde Allokasyonu Etkileyen Faktörler  
*Factors Affecting to Allocation in Plants*  
Hasan KORKMAZ, Safnaz ALKAN

23

*Licea pescadorensis*, A New Myxomycetes Record for Turkey  
*Licea pescadorensis, Türkiye İçin Yeni Bir Miksomiset Kaydı*  
Hayri BABA, Çiğdem ARSLAN

33

Polinatör Böcekler ve Küresel Tozlaşma Krizi  
*Pollinator Insects and Global Pollination Crisis*  
Nil BAĞRIAÇIK

37

*Capoeta trutta*'nın Kas ve Karaciğer Dokusu Total Lipid, Fosfolipit ve Triaçilgliserol Yağ Asidi Kompozisyonu  
*Capoeta trutta*'nın yağ asitleri  
*Fatty Acid Composition of Total Lipid, Phospholipid and Triacylglycerol in the Muscle and Liver Tissue of Capoeta trutta*  
*Fatty acids of Capoeta trutta*  
Semra KAÇAR, Mehmet BAŞHAN

43

---

### Biyosistem Mühendisliği / Biosystem Engineering

---

Geleneksel ve Azaltılmış Toprak İşleme Şartlarına Bağlı Olarak Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi  
*Determination of Some Soil Characteristics Depending on Conventional and Reduced Tillage Circumstances*  
Emrah KUŞ, Yıldırım YILDIRIM

51

Farklı Tohum Miktarlarının Hidroponik Arpa Çimi Üzerine Etkileri  
*Effects of Different Seed Amounts on Hydroponic Barley Grass*  
Muhammet KARAŞAHİN

63

69

**Çevre Mühendisliği / Environment Engineering**

Evsel Nitelikli Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Tarımsal Sulamada Kullanılabilirliği  
*Usability for Agricultural Irrigation of Domestic Wastewater Treatment Plant Effluents*  
 Züleyha BİNGÜL, Aysun ALTİKAT

77

**Gıda Mühendisliği / Food Engineering**

Yaban Mersini (*Vaccinium myrtillus*) Şarabının Antioksidan Aktivitesinin Araştırılması  
*A Research for the Antioxidant Activity of Blueberry (Vaccinium myrtillus) Wine*  
 Tuğçe URUK, Sibel KAHRAMAN

85

**İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering**

Fırat Havzası'ndaki Eksik Akım Verilerinin Debi Süreklilik Çizgileri ve Regresyon Modelleri ile Tahmin Edilmesi  
*Estimation of Missing Streamflow Records in the Euphrates Basin using Flow Duration Curves and Regression Models*  
 Fatih TOSUNOĞLU, Muhammed Nuri İSPİRLİ, Faruk GÜRBÜZ, Selim ŞENGÜL

95

Tünel Kazısından Dolayı Zemin Yüzeyindeki Oturmaların Mohr-Coulomb ve Pekleşen Zemin Modelleriyle Nümerik Tahminlerinin Karşılaştırılması  
*Comparison of Mohr-Coulomb and Hardening Soil Models' Numerical Estimation of Ground Surface Settlement Caused by Tunneling*  
 Semet ÇELİK

103

**İstatistik / Statistics**

Lucas Sayıları Yardımıyla Tanımlanan Yeni Banach Dizi Uzayları  
*New Banach Sequence Spaces That Is Defined By The Aid Of Lucas Numbers*  
 Murat KARAKAŞ, Ayşe Metin KARAKAŞ

113

**Kimya / Chemistry**

Kumarin Yan Grup İçeren Poli(3-Benzoil Kumarin-7-il-Metakrilat ) Homopolimerinin Termal Bozunma Kinetiği  
*Thermal Degradation Kinetics of Poly(3-Benzoyl Coumarin-7-yl-Methacrylate) Homopolymer Containing Coumarin Side Group*  
 Adnan KURT

123

Saanen Keçi Sütünün Bazı Biyokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi  
*Determination of Some Biochemical Properties of Saanen Goat Milk*  
 Ahmet ÖZKAYA, Ali Serol ERTÜRK, Mustafa Güçlü SUCAK, Oğuz AĞYAR, Eray YILMAZ

131

Kenaf Hidrolizatının Gazlaştırılması ve Cevap Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu  
*Gasification of Kenaf Hydrolysate and Optimization by Response Surface Methodology*  
 Arif HASANOĞLU, Bahar MERYEMOĞLU



İzonitrosoasetofenon Antranolhidrazin ile Modifiye Edilmiş Silika Jel Kullanılarak Cu(II) İyonunun Zenginleştirilmesi

*Preconcentration of Cu(II) Using Isonitrosoacetophenone Anthranoylhydrazone Modified Silica Gel*  
Gülşen GÜVEN, Hakan Can SÖYLEYİCİ

141

Effect of Co-B Catalyst Synthesized in Methanol on the Hydrolysis of Sodium Borohydride

*Metanolde Sentezlenen Co-B Katalizörünün Sodyum Hidrolizi Üzerine Etkisi*  
Mehmet Sait İZGİ, Ömer ŞAHİN, Erhan ONAT, Sabit HOROZ

151

Hidrazon Grubu Taşıyan vic-Dioksim Türevlerinin ve Onların Metal Komplekslerinin Sentezi ve Spektrofotometrik İncelemesi

*Synthesis and Spectrophotometrical Investigation of vic-Dioxim Derivatives Bearing Hydrazone Group and Their Metal Complexes*

Nursabah SARIKAVAKLI

161

Van Gölü Suyunun İyon Karakterizasyonu ile Su Kalitesinin Belirlenmesi

*Determination of Water Quality by Ion Characterization of Van Lake Water*

Aybek YİĞİT, Zeynep Turhan İRAK, Dilara ÖZTÜRK, Erhan ÖZTÜRK, Duygu ALPASLAN, Tekin ŞAHAN, Nahit AKTAŞ

169

---

### **Makina Mühendisliği / Mechanical Engineering**

---

Thermal Behavior of Aqueous Cerium Oxide Nano-Suspension under the Pool Boiling Conditions

*Havuz Kaynama Şartlarında Su-bazlı Cerium Oksit Nano-süspansiyonunun Termal Davranışı*

Doğan ÇİLOĞLU

181

---

### **Matematik / Mathematics**

---

Yüksek Mertebeden Lineer Kompleks Diferansiyel Denklemlerin Hermite Polinomları ile Nümerik Çözümleri

*Numerical Solution for High-Order Linear Complex Differential Equations By Hermite Polynomials*

Faruk DÜŞÜNCELİ, Ercan ÇELİK

189

Bianchi-Tipi IX Taub Çözümünde Mutlak Paralelizm

*Absolute Parallelism in The Bainchi-Type IX Taub Solution*

Murat KORUNUR

203

---

### **Peyzaj Mimarlığı / Landscape Architecture**

---

Uzman Perspektifinden Bolu Kent Ormanı' nın Çok Fonksiyonlu Kullanım Özelliklerinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma

*A Research on the Evaluation of Multifunctional Usage Features of Bolu Urban Forest from Expert Perspective*  
Başak ERTEM MUTLU, Bülent CENGİZ

213

Van Gölü Güney Kıyı Alanlarında Yerleşim Alan Kullanım Değerlendirmesi ve Görsel Analiz Yaklaşımları

*Settlement Suitability Assessment and Visual Analysis Approaches for Southern Coastal Areas of the Van Lake*  
Feran AŞUR, Hakan ALPHAN

223

Farklı Kent Dokularının Yaz Aylarında Biyoklimatik Konfora Etkisi: Erzurum Örneği

*Quantification of Summer Thermal Bioclimate of Different Urban Forms in Erzurum City Centre*

Esra BULGAN, Sevgi YILMAZ

235

---

## Tarla Bitkileri / Field Crops

---

243

Farklı Yetiştirme Ortamlarının Kaya Sümbülü (*Hyacinthus orientalis* subsp. *chionophilus*.)'nün Bazı Bitkisel Özellikleri Üzerine Etkileri

*The Effects of Different Cultivation Environments on the Characteristics of Rock Hyacinth (Hyacinthus orientalis subsp. Chionophilus)*

Ali Rahmi KAYA, Ömer Süha USLU, Çağrı Özgür ÖZKAN, Hacı KALINKÜTÜK

249

Antioxidant Activity of Fruit Extracts of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. from Turkey

*Türkiye'deki Prangos ferulacea (L.) Lindl.'nin Meyve Özütlelerinin Antioksidan Aktivitesi*

Cüneyt CESUR, Belgin COŞGE ŞENKAL, Cennet YAMAN, Tansu USKUTOĞLU, Murat KOÇ

257

Erzurum ve Iğdır Şartlarında Yetiştirilen Farklı Kinoa Genotiplerinin Kuru Madde Verimi ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi

*Determination of Dry Matter Yield and Some Properties of Different Quinoa Genotypes Grown in Erzurum and Iğdır Conditions*

Mustafa TAN, Süleyman TEMEL

265

Farklı Sıralara Ekilen Sorgum ve Soya Bitkisinde Ekim Oranlarının Bazı Bitkisel Özelliklere Yem Verime ve Kalitesine Etkileri

*Effects of Different Sowing Design on Forage Yield and Yield Component of Sorghum and Soybean Mixtures*

Serap KIZIL AYDEMİR, Mustafa KIZILŞİMŞEK, Kutalmış TURHAL

---

## Tarımsal Biyoteknoloji / Agricultural Biotechnology

---

271

*Phaseolus vulgaris*'te Genomik Kararsızlık ve DNA Metilasyonunu İndükleyen Piklorama karşı Putresinin Koruyucu Rolü

*Protective Role of Putrescine against Picloram Induced Genomic Instability and DNA Methylation in Phaseolus vulgaris*

Mahmut Sinan TAŞPINAR, Esra ARSLAN, Murat AYDIN, Burcu SİĞMAZ, Güleray AĞAR

---

## Zootekni / Animal Science

---

281

Organik Tavukçulukta Metiyonin Esansiyel Amino Asidi İhtiyacının Karşılanması

*Meeting of Methionine Essential Amino Acid Requirements in Organic Poultry Production*

Ramazan DEMİREL, Dilek Şentürk DEMİREL

289

Türk Arap Atında Yarış Performansı İçin Varyans Komponentleri ve Genetik Yönelimin Tahmini

*Estimation of Variance Components and Genetic Trend for the Race Performance in Turkish Arabian horse*

Serdar DURU

297

Yeni Eubiyotik Katkı Madde Testleri: Ticari Çiftlik Koşullarında Sağlık ve Verim Üzerine Etkiler

*Testing Novel Eubiotic Additives: Its Health and Performance Effects in Commercially Raised Farm Animals*

Sulhattin YAŞAR, İskender OKUTKAN, Ramazan TOSUN

309

In Vitro Gaz Üretim Tekniği Kullanarak Bazı Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Çeşitlerinin Besleme Değerinin Tespiti

*Determination of the Nutritive Value of Some Durum Wheat (Triticum durum L.) Varieties Developed Using In vitro Gas Production Technique*

Tugay AYŞAN, Şerife ERGÜL, İsmail ÜLGER, Mikail BAYLAN, M. Nazım DİNÇER, Hatun BARUT, Sait AYKANAT, H. Erdem ERTEN, Ali ALPARSLAN EZİCİ, Şadiye YAKTUBAY, Cengizhan MIZRAK

## Batı Anadolu Kaynaklı Bal Kabağı (*Cucurbita moschata* Duchesne) Genotiplerinin Bazı Meyve Özellikleri

Dursun BABAĞLU<sup>1</sup>, Önder TÜRKMEN<sup>2</sup>

**ÖZET:** Çalışma ile Batı Anadolu'daki 28 ilden derlenen 45 adet yerel Bal Kabağı (*Cucurbita moschata* Duchesne) genotipinin morfolojik karakterizasyonu ve saflaştırılması amacıyla her genotipten 20 ocak olacak şekilde 13.06.2013 tarihinde Konya Altınekin ilçesinde tekerrürsüz olarak tohum ekimi gerçekleştirilmiş 15 bitkide morfolojik karakterizasyon amaçlı gözlemler alınmıştır. Genotiplerin meyve eni, meyve boyu, meyve sap çapı, meyve sap uzunluğu, dilim sayısı, kabuk kalınlığı, meyve eti kalınlığı, SÇKM, çekirdek evi uzunluğu, lif oranı, ortalamaları sırasıyla; 25.74 cm, 29.38 cm, 16.71 mm, 64.21 mm, 9.38 adet/meyve, 3.07 mm, 36.17 mm, 6.6 briks, 147.46 mm, %3.74 olarak bulunmuştur. Genotiplerinin %84.44'ünde meyve boyun kısmında eğrilik görülmemiş, meyve şekli %37.78'inde oval, %33.33'ünde armudi, %13.33'ünde golf sopası, %8.89'unda beyzi, %6.67'sinde küre olarak bulunmuştur. Genotiplerin %93.33'ü (42 adet genotip) dilimli tespit edilirken meyve rengi %68.89'unda turuncu, %31.11'inde sarı olarak bulunmuştur. Genotiplerin % 24.44'ünde kabuk ikinci rengi yeşil iken, % 75.56'ında kabuk ikinci rengi gözlenmemiştir. Genotipler meyve parlaklığı bakımından %31.11'i orta, %35.56'sı mat ve %33.33'ü parlak olarak bulunurken, et rengi %46.51'inde kırmızıya yakın turuncu, %53.49'unda turuncu olarak tespit edilmiştir.

**Ahtar Kelimeler:** *Cucurbita moschata* Duchesne, meyve özellikleri, morfolojik karakterizasyon

## Some Fruit Characteristics of Genotype of Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne) with the Origin of Western Anatolia

**ABSTRACT:** 45 pieces of local pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne) genotypes collected in 28 cities in Western Anatolia forms the material of this study. In order to conduct morphological characterization and inbreeding activities, the genotypes were unrepeated planted in Altınekin district of Konya on June 13, 2013 so that each genotype is consisted of 20 seedbeds. In the study, the diameter of the fruit, the height of the fruit, the diameter of the peduncle, the length of peduncle, the number of the grooves, the skin thickness, the flesh thickness, total soluble solid content (TTSC), the length of the seed cavity, and the rate of fibers were found as; 25.74 cm, 29.38 cm, 16.71 mm, 64.21 mm, 9.38 pcs/fruit, 3.07 mm, 36.17 mm, 6.6 brix, 147.46 mm, 3.74%. No curvature was seen in the neck of fruits among 84.44% of *Cucurbita moschata* Duchesne genotypes, the fruit was oval among 37.78% of them, 33.33% was pyriform, 13.33% of it was golf club, 8.89% of them was egg-shaped and 6.67% of them were found sphere. It was determined that 93.33% of the genotypes was cuspidate while the color of the fruit was orange in 68.89 of them while its color was yellow among 31.11%. Among the genotypes, the color of the second shell can't be seen in 75.56% of them, it was green in 24.44% of them. The brightness of fruit was medium in 31.11% of them, it was opaque in 35.56% of them, it was bright in 33.33% while 46.51% of the genotypes had reddish orange flesh colour and it was orange in 53.49% of them.

**Keywords:** *Cucurbita moschata* Duchesne, fruit characteristics, morphological characterization

<sup>1</sup> Dursun BABAĞLU(0000-0001-7997-9669), Selçuk Üniversitesi, Sarayönü MYO, Konya, Türkiye

<sup>2</sup> Önder TÜRKMEN(0000-0003-3218-6551), Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Dursun BABAĞLU, dbabaoglu@selcuk.edu.tr

## GİRİŞ

Kabakgiller (*Cucurbitacea*) familyası gerek dünyada gerekse ülkemizde insanların günlük diyetinde kullandığı 118 cins, 825 türü içermektedir. Bunların çoğunun orijini Avrasya ve Afrika olsa da birçok tür Kuzey ve Güney Amerika'dan en az yedi cinsten kaynaklanmaktadır. Familya muazzam bir genetik çeşitliliğe sahip olup tropik, subtropik, kurak çöl ve ılıman iklime uzanan adaptasyon aralığına sahip türler içerir (Pessarakli, 2016). *Citrullus*, *Cucumis*, *Cucurbita* ve *Lagenaria* cinsleri içerisinde yer almakta olan *Citrullus lanatus* (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai), *Cucumis sativus* L., *Cucumis melo* L., *Cucurbita pepo* L., *Cucurbita maxima* Duch., *Cucurbita moschata* Duch. ve *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. türleri dünyada en fazla ekonomik öneme sahip olan türlerdir (Balkaya ve ark., 2008; Balkaya ve ark., 2010).

Türkiye sebze üretimi 30.3 milyon ton civarında olup bunun 8.12 milyon tonunu kabakgiller oluşturmaktadır (TUİK, 2017). Tür bazında veriler özellikle bal kabağı ve kestane kabağı ayrımı yapılmadan derlenmiş olma ihtimali yüksek olduğu için bu iki türde çok sağlıklı değildir. Zira istatistiklerde sadece bal kabağı görülmektedir. Hem kestane kabağı (*Cucurbita maxima* Duch.) hem de bal kabağı (*Cucurbita moschata* Duch) tatlı yapımında kullanıldığı için toplum her ikisini birden bal kabağı olarak adlandırmaktadır. Toplumun bu ayrımı yapmaması nedeniyle istatistiklere de bu şekilde yansımış olması kuvvetle muhtemeldir.

Türkiye, gen kaynakları ve genetik çeşitlilik yönünden dünyada önemli bir konumda yer almaktadır. (Karagöz, 2003; Karagöz ve ark., 2010). Türkiye aynı zamanda ülkede yaygın olarak yetiştirilen *Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata* türlerinin mikro gen merkezidir (Küçük et al., 2002; Eser ve ark., 2005; Karagöz ve ark., 2010). Kabaklarda monoik çiçek yapısından dolayı yabancı dölleme oranı çok yüksektir. Yetiştiriciler bu konudaki bilgisizliklerinden dolayı gerekli izolasyon mesafesini dikkate almamaktadır. Bundan dolayı başlangıçtaki orijinal tohumdan farklı hatların ortaya çıkması söz konusudur. Bu durum genetik çeşitliliğin artmasına neden olmaktadır.

Biyolojik çeşitlilik, gezegenimizdeki bitki, hayvan ve mikroorganizmaların tüm farklı türlerini, bu türler içindeki genetik çeşitliliği ve türlerin farklı kombinasyonları tarafından oluşturulan ekosistemlerin bütün çeşitliliğini içeren tüm yaşamın toplamıdır. Biyolojik çeşitlilik canlılar arasındaki etkileşimleri,

insan toplumlarını ve ekonomilerini destekleyerek dünya üzerinde yaşamın sürdürülebilirliğinden sorumlu çevresel mal ve faydalardır. Bu mal ve faydalar gıda, temiz su, temiz hava ve ilaç ile çeşitli insan faaliyetleri ve endüstrilerini destekleyen diğer doğal kaynakları içerir. Son zamanlarda yapılan araştırmalar, bu çevresel faydanın yıllık toplam değerinin küresel olarak trilyonlarca dolar olduğunu ortaya koymaktadır. Biyolojik çeşitlilik ve sağladığı bu katkılar, endüstri ve yaşamın genel seyri, aşırı tüketim, aşırı toplama, habitat kaybı ve azalması, kirlilik, iklim değişikliği gibi nedenlerle sürekli olarak artan bir tehdit altındadır. İnsan üzerindeki etkisinin artması karşısında biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi, çağın en büyük zorluklarından biridir (Gross et al., 2006).

Bitki ıslahında geliştirilecek çeşide kazandırılması düşünülen özelliklere sahip gen kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Yabani türler, geçit formları, yerel çeşitler ile ıslahçının elinde bulunan genetik materyaller bitkisel gen kaynaklarını oluşturmaktadır. Yerel çeşitler genetik yönden farklılıklar gösteren dengeli popülasyon yapısındadırlar. Ayrıca morfolojik olarak ayırt edilebilmeleri geleneksel tarım koşullarına uyumlu olmaları ve hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık sağlayan genetik yapıları nedeniyle de yeni genotipler için önemli gen kaynaklarını oluştururlar (Balkaya ve ark., 2008).

Bitki genetik kaynaklarındaki materyalin değeri; toplanmış ve koruma altına alınmış koleksiyonların varlığından ziyade, materyalin ıslahta kullanılabilirliğiyle ifade edilir. Yerel çeşitlerin, köy popülasyonlarının ıslah açısından önemliliği tartışılmaz. (Eser ve ark., 2005). Yerel çeşitlerin değerlendirilmesi, ya doğrudan bu çeşitlerin yetiştiriciliğinin ve tüketiminin teşvik edilmesi ya da dolaylı olarak bu çeşitlerin yeni çeşitler geliştirmek üzere yürütülen ıslah çalışmalarında etkin olarak değerlendirilmesi yoluyla gerçekleştirilebilir (İnal, 2002).

Balkaya ve ark. (2008) Karadeniz Bölgesinden derledikleri 153 tip (130 kestane kabağı, 23 bal kabağı) ve ayrıca ulusal tohum gen bankasından temin edilmiş olan 14 genotip olmak üzere toplam 167 kışık kabak popülasyonunu fenolojik, morfolojik ve tarımsal özellikleri yönünden değerlendirmişler; popülasyonların; çiçek, yaprak, meyve ve tohum özellikleri yönünden belirgin farklılıklara sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Sultana et al. (2015) Bangladeş'te 21 bal kabağı genotipinde 13 fenotipik özelliği inceleyerek yaptıkları kümeleme analizinde, genotiplerin 5 ana gruba ayrıldığını

belirlemişlerdir. Benzer şekilde Muralidhara et al. (2014), 21 bal kabağı genotipinde 14 fenotipik özelliği değerlendirerek varyasyonu belirlemeye çalışmışlardır. Yapmış oldukları kümeleme analizi sonucunda genotiplerin 6 ana gruba ayrıldığını tespit etmişlerdir.

Miladinović et al. (2016) Novi Sad Enstitüsündeki 38 genotipten oluşan *C. moschata* koleksiyonunun 19 üyesinde SSR markörleri ile yaptıkları moleküler karakterizasyon çalışmasında 5 primerde toplam 14 polimorfik bant elde etmiş, kümeleme analizinde genotiplerin coğrafi kökeni arasında herhangi bir korelasyon tespit edememişlerdir.

Bal kabağı ile ilgili daha önce çeşitli bilimsel çalışmalar ve ıslah çalışmaları yürütülmüş olsa da tescil edilmiş bir çeşit bulunmamaktadır. Üreticiler tohum ihtiyaçlarını kendi ürettiği ürünlerden ya da merdiven altı üretim yapan yerlerden temin etmektedirler. Bu çalışma bu eksikliği gidermek amacıyla yürütülen bir ıslah projesinin ilk yıl verilerinin bir kısmını içermektedir. Çalışmada Batı Anadolu'dan derlenen 45 adet yerel *Cucurbita moschata* Duchesne genotiplerinin bazı meyve özellikleri verilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın bitkisel materyalini Ekim 2012-Şubat 2013 tarihleri arasında; İstanbul, Tekirdağ, Edirne, Kırklareli, Balıkesir, Çanakkale, İzmir, Aydın, Denizli, Muğla, Manisa, Afyon, Kütahya, Uşak, Bursa, Eskişehir, Bilecik, Kocaeli, Sakarya, Düzce, Bolu, Yalova, Ankara, Konya, Karaman, Antalya, Isparta, Burdur illerinden derlenen *Cucurbita moschata* Duchesne'nin toplam 45 genotipi oluşturmaktadır.

Çalışma 2013 yılında Konya ili Altınekin ilçesi Hacnuman Mahallesi sınırları içinde kalan killi tınlı bünyede, hafif alkali, tuzsuz, fazla kireçli, organik madde-fosfor ve manganın az, potasyum ve diğer mikro elementlerin yeterli olduğu tespit edilmiş bir toprak yapısına sahip bir alanda yürütülmüştür. Ekim öncesi usulüne uygun olarak toprak hazırlıkları yapılmıştır. Tohum ekimi her genotipten 20 ocak olacak şekilde 13.06.2013 tarihinde tekerrürüz olarak gerçekleştirilmiştir. Usulüne uygun olarak yapılan yetiştiricilikle elde edilen 15 bitkide morfolojik gözlemler alınmıştır. Ölçüm ve gözlemlerde Balkaya ve ark. (2008)'nin Uluslararası Bitki Gen Kaynakları Araştırma Enstitüsü (IPGRI) ve Uluslararası Yeni Bitki Çeşitlerini Koruma Birliği

(UPOV) tarafından geliştirilen kriterleri esas alarak modifiye ettikleri özellikler kullanılmıştır.

Çalışmada; meyve boyu (cm), meyve eni (cm), meyve sapı uzunluğu ve çapı (mm), boyun kısmında eğrilik (var-yok), meyve şekli (oval, ovalimsi, küre, topaç, beyzi, silindirik, golf sopası ve armut şekilli), meyvede dilimlilik (var-yok) ve dilim sayısı, meyve kabuk rengi (açık beyaz, beyaz, kirli beyaz, sarı, turuncu, yeşil, sarı-yeşil ve siyah), meyve ikinci rengi (var-yok) ve yayılış durumu, meyvede parlaklık (hafif (mat), orta ve yoğun (parlak)), meyve kabuk ve et kalınlığı (mm), meyve et rengi (sarı, turuncu, kırmızıya yakın turuncu), çekirdek evi uzunluğu (mm), %SÇKM, lif ağırlığı (g) ve oranı (%) ölçüm ve gözlemleri yapılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

*Cucurbita moschata* Duchesne genotiplerinin meyve eni, meyve boyu, meyve sap çapı, meyve sap uzunluğu, dilim sayısı, kabuk kalınlığı, meyve eti kalınlığı, SÇKM, çekirdek evi uzunluğu, lif oranı, ortalamaları sırasıyla; 25.74 cm, 29.38 cm, 16.71 mm, 64.21 mm, 9.38 adet/meyve, 3.07 mm, 36.17 mm, 6.6 briks, 147.46 mm, %3.74 olarak hesaplanmıştır. *Cucurbita moschata* Duchesne genotiplerinin %84.44'ünde (38 adet genotip) meyve boyun kısmında eğrilik görülmemiş, %15.56'sında (7 adet genotip) boyun kısmında eğrilik var olarak bulunmuştur (Çizelge 1.-2.).

*Cucurbita moschata* Duchesne genotiplerinin meyve şekli incelenmiş %37.78'i (17 adet genotip) oval, %33.33'ü (15 adet genotip) armudi, %13.33'ü (6 adet genotip) golf sopası, %8.89'u (4 adet genotip) beyzi, %6.67'si (3 adet genotip) küre olarak bulunmuştur. Genotiplerin %93.33'ü (42 adet genotip) dilimli iken %6.67'si (3 adet genotip) dilimsiz olarak tespit edilmiştir.

Kabuk rengi açısından incelendiğinde genotiplerin %68.89'unda (31 adet genotip) turuncu, %31.11'inde (14 adet genotip) sarı olarak bulunmuştur. Genotiplerin %75.56'sında (34 adet genotip) kabuk ikinci rengi gözlenmez iken %24.44'ünde (11 adet genotip) yeşil olarak gözlenmiştir. Kabuklarında ikinci renk gözlenen genotiplerde bu ikinci rengin dağılım durumu %72.73'ünde (8 adet genotip) kırçilli, %18.18'inde (2 adet genotip) hafif kırçilli, %9.09'unda (1 adet genotip) yoğun kırçilli olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 1. Derlenmiş *Cucurbita moschata* Duchesne genotiplerinin meyve özellikleri

a	A	B	C	D	E	F	G	I	J
8	25.08±2.51	44.73±4.88	14.97±2.16	87.53±3.25	Yok	AR	Var	10.67±1.53	T
9	22.77±3.13	47.68±4.73	15.44±1.45	44.91±3.24	Var	GS	Var	9.67±2.89	T
19	23.64±6.37	32.98±8.21	19.16±2.62	105.55±0	Yok	AR	Var	14.33±5.51	T
23	30.09±2.50	30.37±9.54	16.68±0.83		Yok	AR	Var	9.40±1.14	T
24	24.22±0.80	50.59±2.58	16.33±0		Var	AR	Var	8.33±1.53	T
29	29.08±1.75	25.73±1.72	17.09±1.22	83.60±25.70	Var	BZ	Var	9.67±1.53	T
30	10.58±1.01	18.96±3.04	12.13±0.47	44.13±8.21	Yok	AR	Yok	0.00±0.00	S
31	9.49±0.46	17.49±4.05	12.72±2.75	40.11±9.82	Var	AR	Yok	0.00±0.00	S
32	30.68±2.23	16.02±1.32	13.89±1.79	64.58±0	Yok	OV	Var	10.00±0.00	T
40	26.91±1.90	15.63±0.57	15.51±2.04	86.04±1.75	Yok	OV	Var	13.00±1.00	T
44	22.21±2.82	24.22±5.39	17.68±1.02	72.60±10.27	Yok	AR	Var	7.50±0.71	T
50	24.49±2.77	43.87±7.77	16.91±2.27	64.46±0	Yok	AR	Var	17.40±1.95	S
57	17.62±1.70	57.61±6.17	16.50±2.58	40.59±0	Yok	GS	Var	10.75±0.96	S
70	33.64±2.31	26.85±4.22	21.05±3.44	63.90±0	Yok	OV	Var	10.67±0.58	T
71	10.35±2.91	40.69±1.34	11.70±0.08		Var	GS	Yok	0.00±0.00	S
73	23.22±2.69	15.83±0.42	14.48±2.73	53.99±10.37	Yok	KR	Var	10.20±1.92	T
76	32.06±2.10	20.97±2.48	16.16±3.39	84.05±22.09	Yok	OV	Var	11.20±0.84	T
85	22.13±0.93	30.51±11.19	17.35±2.27	111.93±0.23	Var	BZ	Var	7.67±1.53	S
86	25.59±1.86	19.55±2.08	16.45±1.83	115.96±12.30	Yok	OV	Var	10.00±0.00	S
88	29.20±3.22	25.11±4.22	16.29±2.59	74.94±7.03	Yok	AR	Var	11.25±0.50	S
90	22.79±4.71	23.86±2.26	16.43±1.69	60.09±4.70	Yok	KR	Var	9.00±7.94	S
95	33.15±5.19	21.36±2.99	14.42±1.35	114.67±23.64	Yok	OV	Var	11.67±3.21	S
96	24.02±4.72	18.30±6.24	13.47±1.51	82.04±28.48	Yok	OV	Var	9.33±0.58	T
97	24.32±3.82	39.51±10.47	16.22±1.03		Yok	AR	Var	7.00±0.82	S
98	22.38±4.34	22.87±4.95	14.61±1.76	77.55±20.73	Yok	AR	Var	11.67±2.08	T
99	26.92±1.56	20.52±5.80	17.54±2.45		Yok	KR	Var	7.67±3.21	T
100	14.20±3.62	38.51±3.87	16.56±1.74		Yok	AR	Var	5.50±0.71	T
125	26.95±3.64	23.73±1.35	20.72±6.26	41.29±4.89	Yok	OV	Var	9.50±1.91	S
126	36.03±4.96	38.83±9.33	20.36±3.05	43.99±9.78	Yok	BZ	Var	9.33±0.58	T
128	31.98±3.27	21.98±4.18	18.83±1.42	62.22±12.13	Yok	OV	Var	11.00±1.41	T
130	40.50±3.23	39.38±4.94	19.79±2.24	62.35±51.75	Yok	BZ	Var	11.33±0.58	T
131	15.58±0	52.75±0	13.38±0		Var	GS	Var		T
132	33.62±3.73	18.50±4.23	18.82±1.15	69.69±22.18	Yok	OV	Var	11.50±0.71	T
134	34.32±1.10	22.32±0.38	17.70±2.89		Yok	OV	Var	11.67±2.89	T
135	32.35±3.89	24.56±2.19	19.41±1.78	84.39±16.51	Yok	OV	Var	10.67±1.15	T
136	29.94±2.04	40.17±4.52	17.27±2.29	41.65±11.18	Yok	AR	Var	5.67±1.15	T
137	29.28±4.20	21.92±3.94	15.93±2.05	41.34±8.34	Yok	AR	Var	9.60±1.14	T
138	17.99±1.98	63.91±0.48	18.18±1.25	39.28±6.59	Yok	GS	Var	5.00±0.00	T
139	23.35±4.04	33.27±3.56	19.10±2.29	54.37±9.53	Yok	AR	Var	8.00±3.00	T
140	26.62±2.30	16.70±1.85	19.21±1.42	40.80±12.86	Yok	OV	Var	10.67±1.15	T
141	22.69±2.63	55.18±6.44	16.19±1.08	38.53±14.24	Yok	GS	Var	5.33±0.58	S
142	22.26±3.73	13.38±4.15	14.82±0.46	26.67±4.29	Yok	OV	Var	10.00±1.41	S
161	32.09±4.38	15.80±2.78	17.53±0.99	38.11±20.15	Yok	OV	Var	10.00±1.73	T
163	34.57±0	16.73±0	21.16±0		Yok	OV	Var		T
168	27.29±2.35	12.71±2.10	15.96±0.62	53.68±26.28	Yok	OV	Var	11.00±1.41	T
<b>s</b>	<b>25.74</b>	<b>29.38</b>	<b>16.71</b>	<b>64.21</b>				<b>9.38</b>	

Çizelge 2. Derlenmiş *Cucurbita moschata* Duchesne genotiplerinin meyve özellikleri (Çizelge 1. devamı)

a	K	L	M	N	O	P	R	V	Y
8	Yok	-	Parlak	3.66±1.62	33.66±7.57	KYT	7.67±2.93	259.20±37.65	1.44±0.17
9	Yok	-	Parlak	4.01±1.09	36.54±3.15	KYT	9.00±1.73	305.52±60.85	2.26±1.44
19	Yok	-	Orta	3.88±1.63	28.89±7.93	KYT	6.00±0.00	139.22±7.34	2.08±0.23
23	Yok	-	Orta	2.62±0.78	45.21±7.82	T	6.70±1.30	179.13±31.35	1.79±0.59
24	Yok	-	Orta	1.83±0.99	34.85±4.66	T	6.50±3.04	280.45±19.20	1.65±0.48
29	Yok	-	Mat	2.11±0.60	32.63±4.82	KYT	7.67±0.76	195.62±72.21	2.58±1.08
30	Yok	-	Parlak	1.79±0.41	20.04±1.01	T	9.00±3.04	47.26±3.18	3.75±1.40
31	Yok	-	Parlak	2.56±0.87	14.52±9.53	T	8.30±1.10	45.95±11.86	6.73±0.94
32	Yok	-	Mat	1.99±0.54	58.79±23.52	T	6.00±1.41	199.71±5.02	2.93±0
40	Yok	-	Mat	3.51±0.88	42.99±7.07	KYT	8.83±1.04	68.90±6.24	2.17±1.01
44	Yok	-	Parlak	2.88±0.09	26.47±10.24	T	6.17±1.44	104.53±12.76	2.68±0.68
50	Yok	-	Mat	3.53±0.60	39.78±1.63	T	6.30±1.20	177.09±39.36	2.90±0.41
57	Yok	-	Parlak	3.72±0.48	32.33±2.94	T	4.75±0.96	158.92±22.03	1.13±0.13
70	Yok	-	Orta	2.76±0.38	45.29±8.70	KYT	6.83±0.76	131.87±47.48	2.22±1.53
71	Yok	-	Orta	1.54±0.21	13.35±0.23	KYT	13.00±0.00	70.28±4.10	
73	Yok	-	Mat	3.06±0.46	19.40±4.97	KYT	5.20±1.79	75.97±7.66	8.40±2.79
76	Yok	-	Orta	3.44±0.86	42.24±7.64	T	8.40±1.85	106.23±11.64	2.61±0.62
85	Yeşil	Kırçillı	Parlak	4.22±1.48	26.02±3.30	T	6.00±1.00	187.64±57.32	7.62±1.67
86	Yok	-	Parlak	2.22±0.70	33.11±9.27	T	5.00±0.00	111.83±24.77	7.76±2.54
88	Yeşil	Kırçillı	Orta	3.12±0.98	36.45±3.13	KYT	6.50±0.58	137.21±13.75	5.95±1.13
90	Yeşil	Kırçillı	Orta	3.53±1.26	38.28±12.27	T	4.17±0.76	138.87±20.35	5.05±1.28
95	Yeşil	Kırçillı	Parlak	4.21±2.14	47.34±4.89	T	5.00±1.41	120.21±23.47	2.56±0.32
96	Yok	-	Mat	2.89±1.15	37.01±19.19	KYT	6.33±1.15	58.64±7.51	7.15±2.94
97	Yok	-	Parlak	4.46±1.63	35.03±5.95	T	5.13±1.65	256.45±5.90	6.46±3.60
98	Yeşil	Hafif kırçillı	Mat	3.45±0.47	41.57±18.18	T	7.33±1.53	108.42±13.30	2.81±2.30
99	Yok	-	Mat	4.41±1.74	30.27±1.50	T	6.33±0.58	128.91±41.79	5.19±0.26
100	Yeşil	Hafif kırçillı	Mat	3.92±0.74	23.82±0.81	T	4.00±0.00	142.80±15.51	4.07±0
125	Yok	-	Orta	3.17±0.10	41.64±10.49	KYT	6.38±0.95	139.66±10.93	6.74±1.04
126	Yok	-	Orta	3.40±0.62	49.21±6.41	KYT	5.50±1.32	232.46±98.81	3.13±0.79
128	Yok	-	Mat	3.43±0.68	41.11±5.04	KYT	6.83±2.75	115.83±18.54	3.39±1.19
130	Yok	-	Parlak	2.77±0.66	46.59±10.36	KYT	5.83±0.76	269.18±56.67	4.04±0.25
131	Yeşil	Kırçillı	Parlak						
132	Yok	-	Mat	3.38±0.11	39.81±0.96	KYT	7.75±0.35	99.74±18.66	2.92±0.47
134	Yok	-	Mat	2.70±0.18	35.60±5.37	KYT	6.17±1.89	116.27±0.47	2.66±0.35
135	Yok	-	Mat	2.92±0.15	41.82±6.53	KYT	7.50±0.50	96.55±45.95	2.59±1.42
136	Yok	-	Parlak	3.08±0.68	40.20±5.34	T	5.67±0.76	284.93±61.96	2.50±1.03
137	Yok	-	Orta	3.30±0.72	40.34±12.98	T	6.70±0.67	118.95±25.86	2.21±0.63
138	Yeşil	Kırçillı	Parlak	3.15±0.30	35.84±6.24	T	6.50±0.71	266.46±24.08	1.50±0.07
139	Yok	-	Orta	2.46±0.72	30.20±5.64	T	7.25±0.35	199.04±10.04	5.43±1.51
140	Yok	-	Mat	2.10±0.60	46.08±6.80	KYT	7.83±1.44	77.09±11.15	3.72±1.14
141	Yeşil	Kırçillı	Parlak	2.57±0.34	32.08±3.67	T	5.33±0.58	192.99±75.10	2.49±0.28
142	Yeşil	Yoğun kırçillı	Mat	2.73±0.49	35.30±3.81	T	4.50±0.71	67.32±19.72	5.06±3.90
161	Yok	-	Orta	2.26±0.81	44.30±6.65	KYT	5.83±0.29	68.12±8.32	3.01±1.58
163	Yok	-	Mat						
168	Yeşil	Kırçillı	Orta	3.17±0	39.17±0	KYT	6.00±0	59.21±0	3.68±0
s				<b>3.07</b>	<b>36.17</b>		<b>6.6</b>	<b>147.46</b>	<b>3.74</b>

Çizelge 1- 2 de kullanılan meyve özelliklerine ait kısaltmalar: a: Genotip numarası, A: Meyve Eni (cm), B: Meyve Boyu (cm), C: Meyve Sap Çapı (mm), D: Meyve Sap Uzunluğu (mm), E: Meyve Boyun Kısmında Eğrilik, F: Meyve şekli, G: Dilimlilik, I: Dilim Sayısı, J: Kabuk rengi, K: Kabuk ikinci rengi, L: İkinci renk dağılım durumu, M: Meyvede parlaklık, N: Kabuk kalınlığı (mm), O: Meyve Eti Kalınlığı (mm), P: Et rengi, R: SÇKM (briks), V: Çekirdek evi uzunluğu (mm), Y: Lif Oranı (%).s: ortalama, T: Turuncu, S: Sarı, KYT: Kırmızıya yakın turuncu, GS: Golf sopası, AR: Armudi, BZ: Beyzi, OV: Oval, KR: Küre (Tabloda görülen eksik veriler taşıma esnasında ya da kesime kadar geçen süre içerisinde meydana gelen zararlanmalar nedeniyle dikkate alınmamış verilerdir)

*Cucurbita moschata* Duchesne genotipleri meyvenin parlaklığı açısından incelendiğinde genotiplerin %31.11'i (14 adet genotip) orta, %35.56'sı (16 adet genotip) mat ve %33.33'ü (15 adet genotip) parlak olarak bulunmuştur. Yine meyveler et rengi açısından incelenmiş genotiplerin %46.51'inde (20 adet genotip) meyve et rengi kırmızıya yakın turuncu, %53.49'unda (23 adet genotip) turuncu olarak tespit edilmiştir (Çizelge 1.-2.)

## SONUÇ

Çalışma «Batı Anadolu Kışlık Kabak Türlerine (Bal Kabağı (*Cucurbita moschata* Duchesne) ve

Kestane Kabağı (*Cucurbita maxima* Duchesne)) Ait Gen Kaynaklarının Derlenmesi, Tanımlanması ve Çeşit Adaylarının Belirlenmesi” isimli bir projenin verilerinin bir kısmını içermektedir. Çalışma devam etmekte olup hedeflendiği gibi tamamlandığında üretici ve tüketici taleplerine cevap verebilecek adına doğru, verimli ve kaliteli çeşitler sunulabilecektir.

## TEŞEKKÜR

T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na ve Biotek Tohumcuk'a 1208-STZ.2012-1 numaralı SANTEZ projesine destekleri için teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Baklaya A, Kurtar ES, Yanmaz R, Özbakır M, 2008. Karadeniz Bölgesi'nde kışlık kabak türlerinde (Kestane kabağı *Cucurbita maxima* Duchesne ve Bal kabağı *Cucurbita moschata* Duchesne) gen kaynaklarının toplanması, karakterizasyonu ve değerlendirilmesi. 104 O 144 Nolu TUBİTAK Projesi Kesin Sonuç Raporu.178s. Ankara.
- Balkaya A, Özbakır M, Karaağaç O, 2010. Karadeniz Bölgesinden toplanan bal kabağı (*Cucurbita moschata* Duch.) populasyonlarındaki meyve özelliklerinin karakterizasyonu ve varyasyonun değerlendirilmesi. Tarım Bilimleri Dergisi 16 (1) 17-25.
- Eser B, Saygılı H, Göçöl A, İlker E, 2005. Tohum Bilimi Ve Teknolojisi Cilt 1. Ege Üniversitesi Tohum Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi (TOTEM) Yayın No: 3, Bornova, İzmir. 514s.
- Gross T, Johnston S, Barber CV, 2006. The convention on biological diversity: Understanding and influencing the process. United Nations University Institute of Advanced studies The Equator Initiative (UNU-IAS). March 2006.
- İnal A, 2002. Yerel çeşitlerin önemi ve korunması. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Teknik Broşür No:3 Menemen, İzmir.
- Karagöz A, Zencirci N, Tan A, Taşkın T, Köksel H, Sürek M, Tokar C, Özbek K, 2010. Bitki genetik kaynaklarının korunması ve kullanımı. Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi. 11-15 Ocak 2010, Ankara
- Karagöz A, 2003. Plant genetic resources conservation in Turkey. International symposium on sustainable use of plant biodiversity to promote new opportunities for horticultural production development. ISHS Acta Horticulturæ 598:17-25
- Küçük A, Abak K, Sarı N, 2002. Cucurbit genetic resources collections in Turkey. Cucurbit Genetic Resources in Europe. Report of meeting. 19 January 2002, Adana, Turkey.
- Miladinović D, Dimitrijević A, Brdar-Jokanović M, Imerovski I, Sikora V, Marjanović Jeromela A, Jocić S, 2016. Molecular analysis of NS *Cucurbita moschata* collection. Proceedings of the III International Congress “Food Technology, Quality and Safety”, Novi Sad, 25-27th October 2016, p. 6-9.
- Muralidhara MS, Narasegowda NC, Narayanaswamy P. 2014. Genetic divergence in pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch ex. Poir). Indian Horticulture Journal, 4(3and4), 144-147.
- Pessaraki M. (Ed.). 2016. Handbook of Cucurbits: Growth, Cultural Practices, and Physiology. CRC Press. 560 p.
- Sultana S, Kawochar MA, Naznin S, Raihan H, Mahmud F, 2015. Genetic divergence in pumpkin (*Cucurbita moschata* L.) genotypes. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 40(4), 683-692.
- TUİK, 2017. 2016 yılı bitkisel üretim istatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2017)



## Determination of Antifungal and Antioxidant Activities of *Salvia tomentosa* Mill

Yusuf BAYAN<sup>1</sup>, Nusret GENÇ<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** In this study, was determined antifungal and antioxidant activity of *Salvia tomentosa*. The essential oil of *Salvia tomentosa* was determined of the percentages of mycelium inhibition against plant pathogenic fungi *Rhizoctonia solani* and *Alternaria solani* 40.63% and 60.13% respectively. To determine the antioxidant capacity, Free radical reduction (scavenging), iron reduction power (FRAP), copper reduction power (CUPRAC) and free radical cations reduction (TEAC), total phenolic (TP) and total flavonoids (TF) tests were performed. The results of the tests, scavenging activity DPPH  $IC_{50}$  15.08±1.28 ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ ), FRAP 1.81±0.27 mmol TE  $\text{g}^{-1}$  extract, CUPRAC 5.57±0.20 mmol TE  $\text{g}^{-1}$  extract and TEAC ise 3.30±0.33  $IC_{50}$  ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) was determined. Total phenolic and total flavonoid was determined to be extracted content 131.34±8.39 mg GAE  $\text{g}^{-1}$  of extract and 35.05±2.82 QA  $\text{g}^{-1}$  respectively.

**Keyword;** Antifungal, antioxidant, *Salvia tomentosa*, total phenolic, essential oil

## *Salvia tomentosa* Mill'in Antifungal ve Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi

**ÖZET:** Bu çalışma, *Salvia tomentosa*'nın antifungal ve antioksidan aktivitesi belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. *Salvia tomentosa*'nın uçucu yağı bitki patojeni fungus olan, *Rhizoctonia solani* ve *Alternaria solani* 'nin miselyum gelişim sırasıyla % 40.63 ve % 60.13 engellemiştir. Antioksidan kapasitesini belirlemek için, Serbest Radikal Giderme (DPPH), Demir İndirgeme Gücü (FRAP), Bakır İndirgeme Gücü (CUPRAC) ve Serbest Katyon Radikali Giderme (TEAC) antioksidan aktivite testleri ile Toplam Fenolik (TP) ve Toplam Flavonoid (TF) miktarı analizleri yapılmıştır. Yapılan antioksidan testleri sonucunda, DPPH  $IC_{50}$  15.08±1.28 ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ ), FRAP 1.81±0.27 mmol TE  $\text{g}^{-1}$  ekstrakt, CUPRAC 5.57±0.20 mmol TE  $\text{g}^{-1}$  ekstrakt ve TEAC ise 3.30±0.33  $IC_{50}$  ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) olarak belirlenmiştir. Toplam fenolik ve toplam flavanoid içeriği sırasıyla 131.34±8.39 mg GAE  $\text{g}^{-1}$  ekstrakt ve 35.05±2.82 mg QE  $\text{g}^{-1}$  ekstrakt olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler;** Antifungal, antioksidan, *Salvia tomentosa*, toplam fenolik, uçucu yağ

<sup>1</sup> Yusuf BAYAN (0000-0001-8393-7218), Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kırşehir, Türkiye

<sup>2</sup> Nusret GENÇ (0000-0003-3685-1344), Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Tokat, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Yusuf BAYAN, yusufbayan@gmail.com

## INTRODUCTION

Numerous plants have been used for various purposes, like perfumery, drugs and food. *Salvia* species, a member of Lamiaceae family, one of the most significant species of this group. *Salvia* species, usually used as sage, have been used since old times for more primarily to treat colds, bronchitis, tuberculosis, cancer, diabetes, bleeding and menstuous diseases. In addition, this species are used as traditional medicines all around the world, in possession of antitumor, antidiabetic, antioxidant, and antibacterial features. (Heath, 1981; Topcu, 2006; Celep et al., 2009). *Salvia* species incorporate differend secondary metabolites like diterpenoids, essential oils, sterols, flavonoids, sesquiterpenoids, sesterpenoids, and flavonoids (Ulubelen et al., 1997; Esquivel et al., 2000). The some of phenolic compounds of plants member of this genus have shown perfect antimicrobial activity. Besides, *Salvia* species have scavenging activity of active oxygen, as in superoxide anion radicals, singlet oxygen and hydroxyl radicals (Masaki, et al., 1995; Tepe, et al., 2005)

*Salvia tomentosa* is a species common in Turkey. This plant is a perennial flowering plants in April-August. Body upright and 1 m long, four-cornered, and often It is branched. Flower stalks 5-10 mm, calyx is 12-16 mm (Davis, 1982). Considering have a significant medical potential of plants in Turkey, information of the this issue and works on plants are limited (Tepe, et al., 2005).

In this study, was aimed to determine of the antioxidant and antifungal activity of the constituents of *S. tomentosa* grown naturally in Kahramanmaras, Turkey.

## MATERIALS AND METHODS

### Plant Material

The flowered branches of *S. tomentosa* were collected from Turkoglu /Kahramanmaras, Turkey, flowering stage in Jun 2016. Plant materials were dried under shadow and room temperature. The plant specimens were identified by Dr. Melih Yılar.

### Extraction of Essential Oils

The wet plant material was exposed to hydro distillation for 2 h using a Neos essential oils system.

The essential oil from dried parts samples were preserved in a sealed vial at 4 °C until analysis.

### Total Phenolic Contents

The total phenolic compound was determination by Folin-Ciocalteus reagent with small modification (Slinkard and Singleton, 1977). For this purpose, plant extract 0.1 ml was mixed with distille water 4.6 ml. On 0.3 ml of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> solution (2%) and 0.1 ml of Folin-Ciocalteus reagent was added to the mixed. It was incubated for 2 hours at room conditions. Absorbance was measured at 760 nm. As result of gallic acid equivalents (GAE) g<sup>-1</sup> of extract was calculated.

### Determinations of Total Flavonoid Assay

The plant sample total flavonoid contents were determined by (Chang, at al., 2002). Plant extract 0.1 ml was mixed with methanol 4.8 ml. 0.1 ml Al (NO<sub>3</sub>) (10%) and 0.1 ml NH<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>COO solution (1M) was added to the mixed. It was incubated for 45 munite at room conditions. After the absorbance were measured at 415 nm. As result of quarcitin equivalents (QE) g<sup>-1</sup> of extract was calculated.

### DPPH· Free Radical-Scavenging Activity

The free radical scavenging activity were determined by Liana-Pathirana made a few changes in the method (Liyana-Pathirana and Shahidi, 2005). Plant methanol ekstracts was differend amounts stock solutions by placing of test tube and volume was completed to 3 ml with ethyl alcohol. Over them 1 ml of DPPH· solution (0.26 mM) was added and stirred with the help of vortex. After standing for 30 minutes in a dark ambient, the absorbance was read at 517 nm. The data obtained were expressed as IC<sub>50</sub>. The radical scavenging activity was calculated from the equations.

$$I_{DPPH\cdot} = 100 \cdot [A_{control} - (A_{sample} - A_{blank})] / A_{control}$$

### Iron Ion Reducing Antioxidant Power (FRAP)

The FRAP analysis method applied by Oyaiz (1986) was performed through amendments. 0.25 ml plant extract of 0.2 M phosphate buffer (pH 6.6) with 1.25 mL complete. On 1.25 ml of potassium ferricyanide [K<sub>3</sub> Fe (CN)<sub>6</sub>] solution (1%) was added. The mixture was incubated at 50 ° C for 20 minutes. The mixture cooling to room temperature TCA (1.25 mL, 10%) and FeCl<sub>3</sub> (0.25 mL, 0.1%) solution were added. After stirring vortex was measured absorbance

at 70 nm. The results obtained was Trolox equivalent (TE), calculated.

### Cupric Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC)

The cupric antioxidant capacity was determined by Chang (2002), with slight modifications. Results were compared with used in standard antioxidants BHA and BHT absorbance.

### Fungal Cultures

The plant pathogenic fungi used were obtained from the stock cultures of the Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Ahi Evran, Turkey.

### In Vitro Antifungal Effect of the Essential Oils

The antifungal activities of essential oil were determined by the agar well diffusion method (Tepe, et al., 2005). The PDA were autoclaved and cooled to 40°. Later were transferred to 60 mm petri dishes (10 ml petri<sup>-1</sup>). 5 mm diameter wells were opened on

the PDA inside the petri dishes. The plant essential oils were transferred 1, 5 and 10 µl petri<sup>-1</sup> inside the wells. Mycelium disks of 5 mm were later placed at equal distances to these wells. The fungi transferred petri dishes were incubated at 22±2°C. According to mycelium inhibitions was calculated the formulated.

$$I=100 \times (DC - DT) / DC$$

I: Inhibition percentage compared to the control (mycelium development)

DC: Mycelium development in the control

DT: Mycelium development in essential oils applications

## RESULT AND DISCUSSION

### In Vitro Antifungal Results

Essential oils of the *S. tomentosa*, were found to be significantly effective mycelium grow on *R. solani* and *A. solani*. The antifungal activity properties of essential oil of the *S. tomentosa in-vitro* are shown in table 1.

**Table 1.** Antifungal activity values (Inhibition (%) and Inhibition zone) for *S. tomentosa* Mill. essential oil.

Doses (µl petri <sup>-1</sup> )	Plant Pathogens			
	**R.s		A.s	
	I(%)	Iz (mm)	I(%)	Iz(mm)
NC	0.00 <sup>c*</sup> ±0.0	60	0.00 <sup>d</sup> ±0.0	60
1	0.00 <sup>c</sup> ±0.0	60	16.46 <sup>e</sup> ±1.16	50.12
5	20.06 <sup>b</sup> ±0.17	47.96	29.50 <sup>b</sup> ±1.21	42.3
10	40.63 <sup>a</sup> ±2.71	35.61	60.12 <sup>a</sup> ±1.43	23.92

\* According to DUNCAN, the averages with different letters in the same column are different at the significance level of p<0.05

\*\*A. *solani* (A.s), R. *solani* (R.s) Negative control (NC)

The essential oil had antifungal activity against plant pathogenic fungi *R. solani* and *A. solani* 40.63% and 60.13% respectively. The essential oil a great had antifungal activity of against *A. solani* and the least against *R. solani*. Previous different studies of the *S. tomentosa*, was reported antifungal activity. Yılar and Kadioglu (2016) *S. tomentosa* essential oil, methanol

and aquatic extract, have reported antifungal activity of *F. oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*. Haznedaroglu et al (2001) essential oil of the *S. tomentosa* have reported antibactericidal effects. This study and similar previous studies showed that essential oil of the *S. tomentosa* are effective mycelium development on *R. solani* and *A. solani*.

## Antioxidant Activity Results

**Table 2.** Antioxidant activity of *S. tomentosa* of the methanol extract by TP, TF, DPPH, TEAC, Reducing power and CUPRAC<sup>a</sup>.

Sample	TP mg GAE g <sup>-1</sup> extract	TF mg QE g <sup>-1</sup> Extract	DPPH IC <sub>50</sub> (µg mL <sup>-1</sup> )	TEAC IC <sub>50</sub> (µg mL <sup>-1</sup> )	Reducing power mmol TE g <sup>-1</sup> extract	CUPRAC mmol TE g <sup>-1</sup> extract
Methanol extract	131.34±8.39	35.05±2.82	15.08±1.28	3.30±0.33	1.81±0.27	5.57±0.20
BHA <sup>b</sup>			4.52±0.67	3.30±0.05	6.60±0.16	15.99±1.07
BHT <sup>b</sup>			8.45±0.67	9.40±0.55	2.74±0.35	15.25±0.61
Trolox <sup>b</sup>			3.50±0.03	4.80±0.06		

<sup>a</sup> IC50 values represent the means the standard deviation of three parallel measurements (p < 0.05).

<sup>b</sup> Standart compounds

The total flavonoid and total phenolic, antioxidant activity of *S. tomentosa* methanol extract are shown in Table 2. The results of total phenolics content of the sample analysed was 131.34±8.39 gallic acid equivalents mg (GAE) g<sup>-1</sup> of extract. Total phenolic content of *S. tomentosa* extracted with various solvents ranged widely, among 10 and 275 µg GAE mg<sup>-1</sup> (Tepe et al., 2005; Erdogan-Orhan, et al., 2010). In our studies result, was 131.34 mg (GAE) g<sup>-1</sup>, which is support to with our results.

The total flavonoid content of *S. tomentosa* methanolic extract was 35.05±2.82 quercetin equivalents mg (QE) g<sup>-1</sup> of extract table 3. Previous studies, Dincer et al (2013) reported that the total flavonoid content of *S. tomentosa* 40.83 mg of CE g<sup>-1</sup> dw, which is support to with our results. Also total phenolic and flavonoid content, results maybe effected of the geographical positions of the plants, ecological conditions, and climate (Papageorgiou et al., 2008).

The plant seconder metabolites, such as phenolics and flavonoids, have antioxidant activity because thire redox feature (Baba et al., 2015). The methanol extract IC<sub>50</sub> values of *S. tomentosa* 15.08 mg/ml DPPH table. Dincer et al (2013) have reported that IC<sub>50</sub> values of *S. tomentosa* methanol extract 2.29 mg dw mg<sup>-1</sup>. ABTS scavining ativity of *S. tomentosa* methanol extract

are presented table 3. The ABTS activity of methanol extract were found to be beter than standart BHT and Trolox, but with same BHA. The table.. showed the reducin power of the methanol extract and standart, such as BHA and BHT. The excellnt reducing power methanol crude extract 1.81±0.27mmol TE g<sup>-1</sup> extract, compare with standart BHA and BHT. CUPRAC reducin power of methanol extract sample 5.57±0.20 mmol TE g<sup>-1</sup> extract was determined. The CUPRAC reducin power activity of methanol extract were found to be better than standart BHA and BHT table 2. *S. tomentosa* methanol extract was exhibited strong of the antioxidant activity, fonolics compoud or flavonoids may be also play important roles in the activity.

## CONCLUSION

In this study, was determined antifungal and antioxidant activities *S. tomentosa* The results of this work have shown essentail oil significant antifungal activity against *R. solani* and *A. solani*. As a result of, methanol extract from *S. tomentosa* was showed considerable antioxidant activity. Also, methanol extract was determined content total phenolic and flavonoid. These studies, can be used in management of plant pathogenic fungi diseases control.

## REFERENCES

- Chang C.-C., Yang MH, Wen HM, Chern JC 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods; *J. FoodDrug Analysis*, 10: 178-182.
- Erdogan-Orhan I, Baki E, Senol S, Yilmaz G 2010. Sage-called plant species sold in Turkey and their antioxidant activities. *J Serb Chem Soc* 75: 1491-1501.
- Esquivel B, Sanchez AA, Aranda E. 2000. Natural Products of Agricultural Interest from Mexican Labiatae. In: Shahidi F. and Ho CH. eds. *Phytochemicals and Phytopharmaceuticals*. AOCS Press: 371-385.
- Haznedaroğlu MZ, Karabay NU, Zeybek U 2001. Antibacterial activity of *Salvia tomentosa* essential oil. *Fitoterapia*. 72: 829-831.

- Liyana-Pathirana CM, F Shahidi 2005. Antioxidant activity of commercial soft and hard wheat (*Triticum aestivum* L.) as affected by gastric pH conditions. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 2433-2440.
- Masaki H, Sakaki S, Atsumi T, Sakurai H 1995. Activeoxygen scavenging activity of plant extracts. *Biological and Pharmacological Bulletin*, 18(1): 162-166.
- Oyazu M, 1986. Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Japan Journal of Nutrition*, 44: 307-315.
- Papageorgiou V, Gardeli C, Mallouchos A, Papaioannou M, Komaitis M 2008. Variation of the chemical profile and antioxidant behavior of *Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia fruticosa* Miller grown in Greece. *J Agr Food Chem* 56: 7254-7264.
- Re R, Pellegrini N, Protrggente A, Pannala A, Yang, M, Rice-Evans C 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26: 1231-1237.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folinocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299: 152-178.
- Tepe B, Daferera D, Sokmen A, Sokmen M, Polissiou M 2005. Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae). *Food Chemistry* 90: 333-340.
- Ulubelen A 2003. Cardioactive and antibacterial terpenoids from some *Salvia* species. *Phytochemistry*, 64: 395-399.
- Ulubelen A, Topcu G, Bozok-Johansson C 1997. Norditerpenoids and diterpenoids from *Salvia multicaulis* with antituberculous activity. *J Nat Prod* 60: 1275-1280.
- Yılar, M, Kadioglu I 2016. Antifungal Activities of some *Salvia* Species Extracts on *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (Forl) Mycelium Growth *In-vitro*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(1): 115-118



## Bitkilerde Allokasyonu Etkileyen Faktörler

Hasan KORKMAZ<sup>1</sup>, Safnaz ALKAN<sup>2</sup>

**ÖZET:** Allokasyon organizmaların büyüme, hayatta kalma ve üreme fonksiyonlarını yerine getirmek üzere, kaynakları (enerji, biyomas, besin elementleri, vs.) organları arasında paylaşmasıdır. Bitkiler oldukça değişkenlik gösteren ekolojik faktörler ve bitkiye bağlı içsel faktörlerin (genetik, ontogenik, yaş, yaşam formu, vs.) etkisiyle, optimal bir kaynak paylaşım (allokasyon) modeli geliştirerek başarılı olmaya çalışırlar. Bu nedenle bitkiler evolüsyonel süreçler içinde, hayatta kalmalarını sağlayan birbirinden oldukça farklı allokasyon modelleri oluşturmuşlardır.

**Anahtar Kelimeler:** Allokasyon modeli, ekofizyoloji, ekolojik faktörler

## Factors Affecting to Allocation in Plants

**ABSTRACT:** Allocation is the sharing of resources (energy, biomass, nutrients, etc.) between organs in order to fulfill the growth, survival and reproductive functions of organisms. Plants try to be successful by developing an optimal pattern of resource sharing (allocation) with the influence of highly variable ecological factors and plant-related internal factors (genetic, ontogenic, age, lifeform, etc.). For this reason, plants have formed very different allocation patterns that allow them to survive in evolutionary processes.

**Keywords:** Allocation pattern, ecological factors, ecophysiology

<sup>1</sup> Hasan KORKMAZ (0000-0002-0011-1590), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye

<sup>2</sup> Safnaz ALKAN (0000-0003-0542-186X), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Samsun, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Hasan KORKMAZ, hasank@omu.edu.tr

## GİRİŞ

Bitkiler, yaşamları boyunca makro ve mikro besin maddelerini biriktirir ve yeniden dağıtırlar ve besinlerin ve asimilatların farklı organ ve dokularındaki dağılımı, bitkinin büyümesi ve gelişimi boyunca sürekli bir akış halindedir. (Bennett et al., 2012; Ludewig and Flügge, 2013). Sınırlı olması nedeniyle bitkilerde, bir fonksiyon için gerekli kaynağın taşınması, diğer bir fonksiyon için kaynak aktarımının azalmasına yol açar. Bu nedenle bitki, yaşam kaynaklarını “minimum enerjiden maksimum fayda sağlama” prensibine göre, en ekonomik biçimde kullanmak zorundadır. Ekofizyolojinin önemli bir konusu olan allokasyon, organizmaların büyüme, hayatta kalma, savunma ve üreme faaliyetleri için, sınırlı kaynakları (enerji, biyomas, besin elementleri, vs.) taşıması ve bu fonksiyonları yerine getirmek üzere paylaşırması olarak tanımlanmaktadır (Bazzaz et al., 2005; Schultz et al., 2013). Bu nedenle bitkiler hayatta kalabilmek için, gerek ekolojik faktörler ve gerekse bitkiye bağlı içsel faktörlerin (genetik, ontogenik, yaş, yaşam formu, vs.) oldukça değişkenlik göstermesi nedeniyle, optimal bir kaynak taşıma (allokasyon) modeli geliştirerek başarılı olmaya çalışırlar. Uzun geçmişten bu yana üzerinde oldukça fazla araştırmalar sürdürülmüş olan allokasyon, modern ekolojinin en başarılı teorilerinden biri olan bitkilerin yaşam öyküsü özellikleri teorisinin temel kavramıdır (Weiner, 2004).

## BİTKİLERDE GÖRÜLEN ALLOKASYON MODELLERİ

Bitkilerdeki allokasyon modelleri farklı kaynak materyalleri üzerinden araştırılmıştır. Bunlar: 1-Biyomas allokasyonu, 2-Besin allokasyonu (N, P, K, mineraller, vs.) 3-Enerji allokasyonu ve 4-Üreme (reproduktif) allokasyonu araştırmalarıdır.

**Biyomas Allokasyon Modeli:** Bitkinin farklı organları arasındaki (kök, gövde, yaprak, çiçek, meyve, tohum, vs.) kuru kütle paylaşımının oransal (toprak altı biyomas/toplam biyomas, toprak üstü biyomas/toplam biyomas, kök biyoması/gövde biyoması, yaprak biyoması/gövde biyoması, generatif organ biyoması/vegetatif organ biyoması) olarak ifade edilmesidir (Cheng et al., 2007). Bu oranlar türe, bireyin ontojenisine ve çevresel parametrelere göre değişkenlik gösterir. Bu nedenle biyomas allokasyon modeli, bitkinin değişik organları arasındaki organografik ilişkilerinin değerlendirilmesinde de önemli olduğundan, çeşitli türlerin taksonomik ve ekolojik özellikleri bakımından da önemlidir. Ayrıca biyomas allokasyon modeli büyüme, üreme, rekabet yeteneği ve sürgün boyutu gibi gelişmelerde bitkinin performansını etkiler.

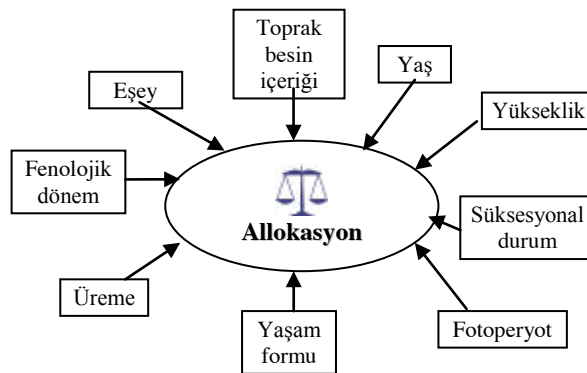
**Besin Allokasyonu:** Gerek kökler vasıtasıyla topraktan alınan mineral maddelerin (N, P, K, Mg, Ca, vs.) gerekse, sentezlenen karbonlu bileşiklerin bitkinin farklı organları arasındaki paylaşımıdır.

**Enerji Allokasyonu:** Bitkinin fotosentez için kullandığı güneş radyasyonunun değişik doku ve organlara (kök, gövde, yaprak ve meyve) dağılım modelidir.

**Üreme (Reproduktif) Allokasyonu:** Bitkilerin üreme özelliklerine bağlı olarak, kaynaklarını generatif ve vegetatif organları arasındaki oransal paylaşımıdır.

## ALLOKASYON MODELİNİ DÜZENLEYEN BAŞLICA FAKTÖRLER

Bitkilerin allokasyon modellerini oluşturmasını etkileyen başlıca dışsal faktörler toprak besin içeriği, süksesyonel durum, yükseklik, fotoperiyot; içsel faktörler ise yaşam formu, yaş, üreme, fenolojik dönem ve eşey durumu olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Bitki allokasyon modelini oluşturan faktörler





Tateno et al., (2004) *Fagus crenata* ve *Quercus crispula* orman ekosisteminde, topoğrafyaya bağlı değişen toprak azot gradienti ile (net azot mineralizasyon oranı ve nitrifikasyon oranı), bitkilerin toprak altı ve toprak üstü biyomas allokasyon modelleri arasındaki ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında, toplam biyomasın yamaçların aşağı kısımlarında yukarı kısımlarına göre daha yüksek olduğunu, yukarı kesimlere doğru çıktıkça gövde, dal ve yaprak gibi toprak üstü biyomasın azalırken, özellikle de ince köklerin biyomasının arttığını tespit etmişlerdir. Bir başka ifadeyle yamacın aşağısından yukarı doğru gidildikçe toplam NPP (net primer produktivite) de çok fazla bir değişiklik gözlenmezken, yüksek kesimlerde toprak altı organlarının NPP'sinin, (toplam NPP'ye oranı) artışı gözlenmiştir. Yani yukarı doğru çıkıldıkça toprak üstü NPP azalırken toprak altı NPP'nin anlamlı bir şekilde arttığı tespit edilmiştir.

Burada, aşağı kesimlerde toprak üstü kısımlara yapılan allokasyon, ormanın dikey tabakalaşmasının belirlenmesinde de önemlidir. İnce kök üretimi azot düşük topraklarda, azotun alınabilmesi için önemli bir adaptasyondur. Sonuç olarak toprak üstü ve toprak altı organlar arasında allokasyon ilişkisi, ormanların strüktüründe ve azot döngülerinde yeni varyasyonların oluşumunda, yönlendirici bir güç olarak işlev görür. Szabó and Czeller (2012) yaptıkları çalışmada *Daucus carota* (Apiaceae) ve

*Cucurbita pepo* var. *giromontia* (Cucurbitaceae) türlerinin, topraktaki ağır metal (Co, Cu, Fe, Mn, Ni and Zn) birikimine maruz kalmaları durumunda, ağır metal içerikli bileşikler depo kök ve meyve gibi organlarından çok yapraklarına alloke ettiklerini belirlemişlerdir.

### Fotoperiyodun Allokasyon Modeli Üzerine Etkisi

Işıklanma süresi ve şiddetindeki değişimler, bitkinin fotosentez metabolizmasını doğrudan etkilediği için, oluşan karbonhidratların bitkideki taşınma modelini ve fidelerinin gelişmesini de etkilenmektedir (Poorter and Nagel, 2000; Gignoux et al., 2016). Çünkü düşük ışık şiddetinde gelişen bitkiler, yüksek ışık isteğindeki bitkilere göre daha az besine ihtiyaç duyarlar ve fotosentezde daha az miktarda C tutulurken, yavaş büyüme ve stoma iletkenliğin az olması nedeniyle daha az su kullanırlar (Poorter et al., 2012).

Konuyla ilgili yapılan bir çalışmada Mehrotra et al. (1998), *Artemisia vulgaris* (Asteraceae) ve *Arisaema concinnum* (Araceae) türlerinin her ikisinin de açık kanopi populasyonlarında, biyomasın çoğunu tohum ve meyve gibi reproduktif organlara; kapalı kanopi habitatlarında ise gövde ve toprak altı organlarına alloke ettiklerini bildirmişlerdir. Yapraklara yapılan kaynak allokasyonu ise kapalı kanopilerde, açık alanlara göre daha az olmuştur (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Açık ve kapalı kanopide toprak altı, gövde, yaprak ve üreme organları arasındaki % biyomas dağılımı (Mehrotra et al., 1998)

Türler	Toprak altı:sürgün	Toprak altı	Gövde	Yaprak	Üreme Organları	Tohum sayısı:toplam biyomas (g)	Tek tohum (mg)
Açık kanopi							
<i>A.concinnum</i>	0.34±0.003	25.13±0.2	7.04±0.21	3.32±0.1	67.52±1.7	318.60±2.13	0.64±0.004
<i>A. vulgaris</i>	0.37±0.01	27.85±0.51	40.85±0.7	20.93±1.6	7.18±0.2	49.19±2.09	0.05±0.002
Kapalı kanopi							
<i>A.concinnum</i>	0.67±0.01	40.09±0.27	9.45±0.5	5.0±0.1	46.50±1.4	148.40±2.09	0.05±0.006
<i>A. vulgaris</i>	0.60±0,01	37.69±0.28	44.54±0.4	15.11±0.38	2.65±0.05	11.76±0.24	0.02±0.003

Aynı çalışmada kök/sürgün oranı açık kanopide  $0.36\pm 0.01$ , kapalı kanopide  $0.65\pm 0.02$  olup, fotoperyot bitkilerin toprak altı ve toprak üstü biyomas

allokasyonunu yaklaşık 2 katı bir farkla etkilediği belirlenmiştir (Çizelge 2) (Mehrotra et al., 1998).

**Çizelge 2.** Açık ve kapalı kanopi sitelerinde ölçülen biyomas değerleri (Mehrotra et al., 1998)

Site*	Toprak altı	Gövde	Yaprak	Üreme Organları	Sürgün	Toplam	Kök:Sürgün
Açık Kanopi	6.89±1.53	3.93±0.49	2.15±0.33	13.76±5.73	19.83±0.31	26.99±0.31	0.36±0.01
Kapalı Kanopi	11.89±2.15	6.22±0.90	2.44±0.19	9.68±4.10	18.09±2.18	29.99±3.79	0.65±0.02

\*P<0.01

Açık kanopi ve kapalı kanopide gelişen bitkilerin tohum sayısı/bitki, tohum sayısı/toplam biyomas, tohum kütlesi/toplam kütle oranları Çizelge 3 de verilmiştir. Burada üremeye katılan tohum

karakterlerinin fotoperyodun yüksek olduğu açık kanopide, fotoperyodun düşük olduğu kapalı kanopiye göre oldukça yüksek değerlerde olduğunu görmekteyiz (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** İki farklı sitedeki tohum karakterlerindeki değişim (Mehrotra et al., 1998)

Site*	Tohum sayısı: bitki	Tohum sayısı: Toplam biyomas	Tohum kütlesi: toplam kütle
Açık kanopi	6863±2783	184.03±59.87	0.347±0.130
Kapalı kanopi	3227±997	81.83±31.06	0.236±0.097

\*P<0.001

Benzer şekilde lian yaşam formundaki *Smilax excelsa* (Smilacaceae) üzerinde yapılan bir çalışmada, kapalı orman örtüsü altında bulunan *S. excelsa* bireylerinin besinlerini (% N, P, K), daha çok vejetatif organlarına (rizom, gövde, yaprak), açık kanopide bulunan bireylerin ise kaynaklarını generatif organlarına (çiçek ve meyve) aktardıkları belirlenmiştir (Korkmaz et al., 2012). Çünkü bitki reproduktif organlarının optimal performansını gerçekleştirebilmesi, vejetatif organlara göre daha fazla ışığa ihtiyaç gösterir (Kılınç ve Kutbay, 2008). Bu nedenle, açık kanopiler altındaki lian formundaki bitkiler, destek dokularına (ör. gövdelerine) minimum yatırım yaparken, makro besin maddelerini yapraklara veya üreme organlarına tahsis ederler (Kaneko and Homma, 2006; Hermans et al., 2006).

### Süksesyon ve Allokasyon

Yapılan allokasyon araştırmalarına göre, vejetasyonun erken süksesyonal döneminde tohumdan üreme, geç dönemlerinde ise vejetatif çoğalmanın baskın hale geçtiği belirlenmiştir. Nitekim Gleeson and Tilman (1990) yaptıkları bir çalışmada, 20 yıldan yaşlı çayırda üreme organlarına olan biyomas

aktarımının, %8 den %1 e düştüğünü belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada ise Silvertown and Dodd (1996) süksesyona başındaki türlerin tek yıllık ve generatif allokasyon, son aşamasındaki türlerin ise çok yıllık ve vejetatif allokasyon gösterdiklerini bildirmişlerdir. Çünkü süksesyona erken dönemindeki vejetasyonlarda yayılış gösteren türlerin, adaptasyon sağlayabilmeleri için morfolojik ve fizyolojik bakımdan değişkenlik gösteren değerlere sahip olmaları gerekir. Buna karşın nisbeten daha istikrarlı çevresel değerlere sahip klimaks vejetasyonlardaki türlerin ise plastisite değerleri ve allokasyon modellerindeki değişimler daha düşüktür.

Konuyla ilgili olarak Gonçaves et al., (2005), Amazon ormanlarında yayılış gösteren ağaç formundaki *Swietenia macrophylla* (Meliaceae) ve *Dipteryx odorata* (Fabaceae) türlerinde, süksesyonal süreç ile kaynak allokasyon modelleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bunun için iki türün fideleri gölgede ( $260 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) ve tam ışıkta ( $2000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) yetiştirilmiş ve yaprak alanı (LA) yaprak kuru kütlesi (LDM), spesifik yaprak alanı (SLA) ve yapraklardaki makro ve mikro besin ölçümleri yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre *S. macrophylla* orta

süksesyonal basamaklara uygun bir tür olup, çok daha fazla morfolojik ve fizyolojik plastisiteye sahipken, diğerine göre daha az plastisiteye sahip *D. odorata* ise geç süksesyonal basamaklara uygun bir türdür. Çünkü orta süksesyonal basamaktaki bir vejetasyonun çevresel parametreleri, geç süksesyonal dönemdeki bir vejetasyona göre çok daha fazla değişkenlik gösterir (Bazzaz, 1979).

### **Yüksekliğin Allokasyon Modeli Üzerine Etkisi**

Yükseklik diğer çevresel faktörlerin (sıcaklık, ışık, nem oranı ve gazların basıncı) etkisini de değiştiren önemli bir çevresel parametre olup, farklı yüksekliklerde yayılmış gösteren bitkilerin allokasyon modeli üzerinde de etkisini gösterir.

Konuyla ilgili yapılan bir çalışmada Fabbro and Körner (2004), alpin habitatlarda (2700 m) yaşayan bitkilerin toprak üstü toplam biyomasının, aşağı kesimlerde (600 m) yaşayanlar göre üç kat daha az olduğunu belirlemiştir. Buna karşın her iki yükseklikteki çiçek boyutları hemen aynı olmasına rağmen, çiçekte toplanan biyomas miktarından alpin yüksekliktekilerin üç kat daha fazla olduğunu ve her iki yükseklikte de yaprak için ayrılan biyomas miktarının birbirine yakın olduğunu bildirmiştir. Bu sonuçlar alpin bitkilerin kaynaklarını, toprak üstü kısımlarından özellikle üreme organlarına ve toprak altı organlarına alloke ettiklerini (taşıdıklarını) gösterir.

Yükseklik gradienti boyunca bitki boyutlarındaki azalma, bitkide gözlemlenen ilginç yapısal değişimlerdenidir. Örneğin çiçek boyutu büyüklük bakımından yüksekliğe bağlı olarak değişmediği halde, gövdeye olan oranı yüksekliğe bağlı olarak arttığı için, alpin bitkilerin daha çok reproduktif organlarına yatırım yaptığına inanılır. Bu durum alpin kesimlerde az sayıda bulunan böcekleri cezbetmek için artırılmış bir çabaya ihtiyaç duyduğunu gösterir. Çünkü düşük yüksekliklerde, orta boylu çiçekler bile reproduktif sürece katılma şansına sahip iken, alpin yüksekliklerde yalnızca en büyük ve en parlak çiçeklerin döllenme ve tohum üretme şansı vardır (Fabbro and Körner, 2004). Çünkü, yükseklik artışından kaynaklanan olumsuz etmenler (sıcaklık vs.) nedeniyle ortaya çıkan, polinatör ziyaretindeki düşüş, diğer çeşitli mekanizmalar ile dengelenmelidir. Nitekim, *Campanula rotundifolia* (Campanulaceae) nın alpin ve alçak alan popülasyonları karşılaştırılmış ve yükseklerde az sayıdaki polinatör aktivitesinin,

daha uzun stigmaya sahip olma eğilimi ile telafi edildiği belirlenmiştir (Bingham and Orthner, 1998).

Alpin türlerle ilgili birçok çalışma, dış çaprazlama (outcrossing) sonucu genetik çeşitliliğin arttığını göstermiştir (Körner, 1999). Yine alpin bitkilerde çiçek alanının bitkinin toplam boyutuna oranının fazla oluşu, böcekleri çekme amacıyla çiçek ömrünün uzatılması, yine bazı alpin bitkilerin kendini gölgeleyerek fotosentezi azaltması gibi özellikler, çiçeğe yapılan yatırımın alpin bitkiler için önemli avantajlar sağladığını ortaya koyar (Fabbro and Körner, 2004).

### **Yaşa Bağlı Allokasyon Modeli**

Gerek çok yıllık gerekse tek yıllık bitkilerin, yaşam dönemlerine bağlı bir çok metabolik özelliklerinde bazı önemli değişimler ortaya çıkar. Nitekim çok yıllık türlerde yıl olarak yaşa bağlı, tek yıllıklarda ise aylar ve özellikle mevsimlere bağlı önemli allokasyon farklılaşmaları gözlenir. Örneğin tek yıllık bir çok türde, çimlenmeden çiçeklenme dönemine kadar olan süreçte (vejetatif dönem) yaprak, gövde ve sürgünlere biyomas allokasyonu daha fazla oranlarda sağlanırken, generatif dönemde çiçek, meyve ve tohum gibi organlara madde taşınması daha fazla oranlarda gerçekleştirilmektedir (Hunt, 1990). Bu genel durum optimal şartlar için geçerli olup, stresli çevrelerde bitki köklerine allokasyonu artırmakta, bu durum ise bitkinin yavaş gelişmesine neden olmaktadır (Geng et al., 2007).

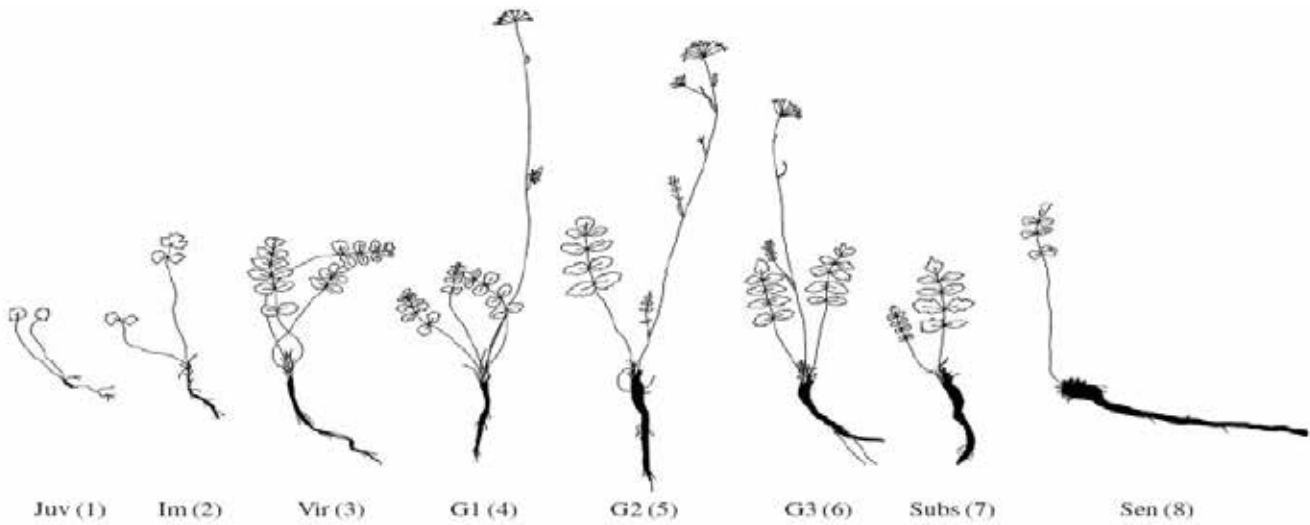
Çok yıllık bitkilerdeki allokasyon modeli, yaşam süresine bağlı olarak, tek yıllıklara göre daha farklıdır. Genel olarak bitkinin dayanıklılığı ve rekabet gücü belli bir yaş döneminden sonra azalır (Falinska, 1985; Carlsson and Callaghan, 1991). Nitekim genç ve olgun dönemdeki ağaçlarda, boy ve birim yaprak alanı başına düşen kuru kütle oranı artarken, yaş artışı ile birlikte boy artışı nedeniyle su alınabilirliği de azalır (Greenwood, 1995). Çok yıllık *Leontodon hispidus* (Asteraceae) da yaşa bağlı olarak yaprak kuru kütle oranı artarken, toplam bitki kütlesi başına düşen yaprak alanı azaldığı tespit edilmiştir (Niinemets, 2004).

Bitkilerde yaşa bağlı değişikliklerin başında, bitki boyutundaki artışa bağlı olarak yaprak boyutunun artışı gelir (Gatsuk et al., 1980; Zhukova, 1987). Bu durum daha geniş yaprakların oluşması yani, biyomasın büyük bir kısmının petiyol ve gövdede toplanmasına neden olur. Böylece laminada dengeyi sağlayabilmek için destek yapıda (yaprak eksenini) daha fazla biyomasa

ihtiyaç ortaya çıkar. Bu nedenle çok yıllık bitkiler yaş artışıyla birlikte, toplam biyomas dağılımı bakımından, fotosentez gerçekleştiren yapıları ve ışık tutma yüzeylerini azaltırken, destek doku (petiol, gövde, dal) için ayrılan biyomaslarını artırır.

Bitkilerin kök, gövde, çiçek gibi organlarının özellikleri, mutlak yaştan çok ontogenetik (yaş dönemi safhası) durumuna bağlıdır. Çünkü bitkideki

ontogenetik değişiklikler allokasyonda da önemli farklılaşmalara neden olur (Niinemets, 2004). Nitekim, Gatsuk et al., (1980) çok yıllık otsu bir tür olan *Pimpinella saxifraga* (Apiaceae) üzerine yaptığı bir çalışmada, erken ve genç dönemlerde bitkinin toprak üstü organlarına (yaprak), geç ve yaşlılık dönemlerinde ise toprak altı organlarına (kök) daha fazla biyomas allokasyonu sağladığını tespit etmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. *Pimpinella saxifraga* nın ontogenetik yaş skalasına bağlı biyomas allokasyonu (Gatsuk ve ark. 1980).

1: fidan (Juv.), 2: gençlik öncesi (Im.), 3: erken genç (Vir.), 4: genç (G1); 5: olgun (G2); 6: olgunluk sonu (G3), 7: yaşlılık öncesi (Subs.) 8: yaşlı (Sen.)

Çünkü genç dönemlerde fotosentetik aktiviteyi sağlamak için, özellikle yapraklara biyomas allokasyonu yüksek oranlardadır. Çimlenmeden yaşlılık dönemine kadar gerek yaprakçık alanı, gerek orta damar çapı ve gerekse yaprakçık sayısı artar. Yaşlılık döneminde ise bitki, topraktan su ve besinlerini sağlayabilmek için kök büyümesini artırır (Niinemets, 2005).

Başka bir çalışmada ise Asaeda et al., (2006) *Phragmites australis* (Poaceae) in yaşlı rizom segmentlerinde yapısal olmayan karbonhidrat miktarının, genç segmentlere göre daha düşük oranda bulunduğunu ve buna bağlı olarak, yaşlı segmentlerdeki ölüm oranının daha yüksek olduğu belirlemiştir.

#### Yaşam Formunun Allokasyon Üzerine Etkisi

Bitkilerin allokasyon modellerinin yaşam formuna bağlı olarak da değiştiği belirlenmiştir.

Örneğin *Hydrangea* (Hydrangeaceae) cinsine ait lian formundaki türlerin, çalı formunda olanlara oranla, biyomaslarını daha çok yaprak ve üreme organlarına alloke ettikleri belirlenmiştir (Kaneko and Homma, 2006). Çünkü lian formundaki bitkiler diğer bitkilere sarılarak yükselmeye ve ışık almaya çalıştıkları için, ince bir gövdeye sahip olup, topraktan besin alımı için ince kökler üretmeleri yeterlidir. Bu nedenle lian formundaki *Hydrangea petiolaris* (Hydrangeaceae), yaprak ve reproduktif organlarına maksimum, kök ve gövdelerine minimum allokasyon yapar. Bu nedenle lian yaşam formuna sahip *H. petiolaris* türü ile çalı formundaki diğer türlerin reproduktif organlarının özellikleri de farklıdır (Çizelge 4). Bu durum lianların evrimsel süreçleri bakımından da önemlidir (Kaneko and Homma, 2006).

**Çizelge 4.** Dört *Hydrangea* türünün üreme organlarının özellikleri (Kaneko and Homma, 2006).

Türler	Çiçek Sayısı	Çiçek başına düşen tohumların sayısı	Tohum kütleli (mg:1000 tohum)	Çiçeklerin boyu (mm)
<i>H. petiolaris</i> (lian)	142	1.2 x 104	62	14.0
<i>H. paniculata</i> (çalı)	14	0.8 x 104	80	2.1
<i>H. macrophylla</i> var. <i>megacarpa</i> (çalı)	14	1.2 x 104	17	1.6
<i>H. hirta</i> (çalı)	5	1.0 x 104	30	1.4

### Eşey Durumu ve Allokasyon

Eşey dağılımı bakımından hermafrodit türler ile monoik ve dioik türler arasında, allokasyon modelleri bakımından farklılaşmalar mevcuttur. Burada amaç garantili generatif üremeyi destekleyen bir kaynak taşıma modeli oluşturmaktır. Çoğu angiosperm hermafrodit tür, erkek ve dişi fonksiyonlarına eşit kaynak dağılımı yaparak başarılı olurlar (Lylod and Bawa, 1984). Angiospermlerin küçük bir kısmı ginodioiktir ve aynı populasyonda ortaya çıkan dişi ve hermafrodit bireyler farklı büyüklükte olup, eşeyler arasında çiçek morfolojisi bakımından farklılıklar mevcuttur (Eckhart, 1992; Williams and Fenster, 1998). Nitekim, ginodioik *Sidelcea oregana* subsp. *spicata* (Malvaceae) türünde dişiler, hermafroditlere göre daha küçük korolla ve daha az nektara sahip çiçekler üretirler. *Aralia*, *Fragaria* ve *Salix* cinslerine ait bir çok dioik türde ise, dişi çiçekler erkek çiçeklerden daha küçük korollaya sahiptir. Bunun yanında dioik *Chenopodium* türlerinde, erkek bireylerin tozlaşma döneminde, dişi bireylerin ise döllenmeden sonraki tohum ve meyve oluşumu dönemlerinde, generatif organlarına besin taşınmasını aktive ettikleri belirlenmiştir. Dioik türlerden *Rubus chamaemorus* (Rosaceae) un dişi çiçeklerinin erkek çiçeklerden daha az nektar ürettikleri belirlenmiştir. Dişi çiçeklerin erkek çiçeklerden daha küçük cezbedici yapılaraya sahip olmasına neden olarak, ovüllerin döllenmesi için az sayıda polinatör tarafından ziyaret edilmesinin yeterli olduğu görüşü öne sürülmüştür. Bunun yanında döllenmeyi ve tohum oluşumunu garantilemek için dişi çiçeklerde, ovül oluşumu daha önceliklidir. Ayrıca *Geranium sylvaticum* (Geraniaceae) un dişi bireylerinin, hermafroditlerden daha fazla tohum ürettikleri belirlenmiştir (Ramula and Mutikainen, 2003).

### Fenolojik Döneme Bağlı Allokasyon

Bitkilerde çimlenmeden itibaren tekrar tohum olgunlaştırmaya kadar geçen süreç, fenolojik fazlar olarak adlandırılan değişik aşamalardan oluşur. Vejetatif ve generatif dönemler olarak ayırt edilen fenolojik fazlara bağlı olarak da bitkilerde, kaynak taşınma oranları değişiklikler göstermektedir. Konuyla ilgili bir çok çalışmada bitkilerin, vejetatif dönemlerinde toprak üstü, generatif dönemlerinde ise toprak altı organlarına allokasyon yaptıkları gözlenmiştir (Pirdal, 1989; Kılınç ve Yüksel, 1995; Kutbay ve Kılınç, 1995). Örneğin Korkmaz et al. (2006) *Trachystemon orientalis* (Boraginaceae) in vejetatif dönemde daha çok toprak üstü, generatif dönemde ise toprak altı organlarına organik madde taşınmasını gerçekleştirdiğini belirlemişlerdir. Burada sözü edilen çalışmalardaki türler vejetatif çoğalan türler olup, gelecek yıl oluşturacakları sürgünleri için, toprak altı organları olan rizom, yumru ve soğan gibi organlarına madde taşınmasını gerçekleştirmektedirler.

### Reproduktif Allokasyon

Bitkiler vejetatif çoğalmalarını rizom, soğan, yumru, vs. gibi vejetatif organlarıyla gerçekleştirirken, generatif çoğalmalarını tohumlarıyla sağlarlar. Türün çoğalmada kullandığı yöntemine göre allokasyon modeli de değişmektedir. Çünkü reproduktif allokasyon stratejisi özellikle istilacı türlerin, değişen çevreye uyum sağlamasında anahtar rol oynar (Wang et al., 2017). Uygun allokasyon modeli sayesinde bitki, genetik olarak belirlenmiş yetenekleriyle çevreye verdiği cevabı en uygun duruma getirmeye çalışır ve üreme potansiyelini en üst düzeye çıkararak, gelecek neslin üremesi ve hayatta kalmasını da garantiye alır (Bennett et al., 2012).

Bitkiler, üreme stratejileri bakımından diğer canlı organizmalar gibi, r ya da k üreme stratejisine sahip olanlar olarak, iki farklı gruba ayrılırlar. Örneğin çoğu otsu bitki türü, reproduktif üreme için “r-stratejisi” benimser ve her bir tohum için minimum yatırım kaynağı kullanarak binlerce küçük tohum üretir. Buna karşın, birçok ağaç türü birey başına daha az sayıda üreme organına yatırım yaparken, her bir reproduktif üreme organını bir sonraki nesli korumak ve beslemek için önemli miktarda kaynak ile desteklenmektedir. Örneğin, tek yıllık otsu bir tür olan *Arabis* in üreme propagülü, <1 mg ağırlığında bir tohum; oysa bir hindistancevizi meyvesi tipik olarak >1 kg ağırlığındadır. Bu nedenle bitkiler reproduktif üreme potansiyellerini en iyi duruma getirmek için, besin maddelerini, kaynaklardan ihtiyaç duyulan organlarına, oldukça iyi düzenlenmiş bir allokasyon modeliyle mobilize etmelidirler (Bennett et al., 2012).

*Styrax obassia* (Styracaceae) türü ile yapılan bir çalışmada, reproduktif sürgünlerdeki nişasta miktarının meyve üretiminde kullanıldığı için, reproduktif olmayanlara göre daha düşük olduğu, ayrıca meyve üreten sürgünlerin dönem sonunda hemen hepsinin

öldüğü belirlenmiştir. Bunun yanında, yaprak sayıları aynı olmasına karşın, meyveli sürgünlerin yaprak alanı, yaprak nitrojen miktarı ve kütlesi, meyvesiz sürgünlerin yapraklarından daha azdır (Miyazaki et al., 2002). Çünkü gelişen meyvelere, komşu yapraklardan sürekli bir karbon taşınması olmaktadır (de Jonk, 1986; Reekie and Bazzaz; 1987). Başka bir çalışmada ise Hiura et al., (1996) *Fagus crenata* (Fagaceae) tohum büyüklüğü ile yaprak büyüklüğünün negatif ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Çünkü bitki, meyve ve tohum üretimi sırasında generatif ve vejetatif organları arasında bir allokasyon tercihi yapmaktadır.

## SONUÇ

Sonuç olarak allokasyon yani kaynakların taşınması ve kullanımı, bitkiler için rekabette hayatta kalma, adaptasyon ve üremede başarılı olma bakımından oldukça önemli bir strateji olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle bitkiler uzun evolüsyonel gelişme süreçleri içinde, kendileri için en uygun allokasyon modellerini oluşturarak başarılı olmaya çalışmaktadırlar.

## KAYNAKLAR

- Asaeda T, Manatunge J, Roberts J, Hai DN, 2006. Seasonal dynamics of resource translocation between the aboveground organs and age-specific rhizome segments of *Phragmites australis*. *Environmental and Experimental Botany*, 57: 9-18.
- Bazzaz FA, 1979. The physiological ecology of plant succession. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 10: 351-71.
- Bazzaz FA, Reekie EG, 2005. Reproductive allocation in plants. Elsevier Academic Press, California. 247 p.
- Bennett, E, Roberts, JA, Wagstaff, C, 2012. Manipulating resource allocation in plants. *Journal of Experimental Botany*, 63: 3391-3400.
- Bingham RA, Orthner AR, 1998. Efficient pollination of alpine plants. *Nature*, 391: 238-239.
- Carlsson BA, Callaghan TV, 1991. Simulation of fluctuating populations of *Carex bigelowii* tillers classified by type, age and size. *Oikos*, 60: 231-240.
- Cheng DL, Wang GX, Li T, Tang QL, Gong CM, 2007. Relationships among the stem, aboveground and total biomass across Chinese Forests. *Journal of Interactive Plant Biology*, 49: 1573-1579.
- de Jong TM, 1986. Fruit effects on photosynthesis in *Prunus persica*. *Physiologia Plantarum*, 66: 149-153.
- Eckhart VM, 1992. Resource compensation and the evolution of gynodioecy in *Phacelia linearis* (Hydrophyllaceae). *Evolution*, 46: 1313-1328.
- Fabbro T, Körner C, 2004. Altitudinal differences in flower traits and reproductive allocation. *Flora*, 199: 70-81.
- Falinska K, 1985. 1985. The demography of coenopopulations of forest herbs. In: White J, (ed.) The population structure of vegetation. *Handbook of vegetation science*, Vol. III. Dordrecht/Boston/Lancaster: Dr W. Junk Publishers. 241-264 pp.
- Gatsuk LE, Smirnova OV, Vorontzova LI, Zaugolnova LB, Zhukova LA, 1980. Age states of plants of various growth forms: a review. *Journal of Ecology*, 68: 675-696.
- Geng YP, Pan XY, Xu CY, Zhang WJ, Li B, Chen JK, 2007. Plasticity and ontogenetic drift of biomass allocation in response to above- and below-ground resource availabilities in perennial herbs: a case study of *Alternanthera philoxeroides*. *Ecological Research*, 22: 255-260.
- Gignoux J, Konaté S, Lahoreau G, Le Roux X, Simioni G, 2016. Allocation strategies of savanna and forest tree seedlings in response to fire and shading: outcomes of a field experiment. *Scientific Reports*, 6:38838 | DOI: 10.1038/srep38838.
- Gleeson SK, Tilman D, 1990. Allocation and the transient dynamics and succession on poor soils. *Ecology*, 71:1144-1155.
- Gonçalves JFC, Vieira G, Marengo RA, Ferraz JPS, Junior UMS, Barros FCF, 2005. Nutritional status and specific leaf area of mahogany and tonka bean under two light environments. *Acta Amazonica*, 35: 23-27.
- Greenwood MS, 1995. Juvenility and maturation in conifers: current concepts. *Tree Physiology*, 15: 433-438.
- Hermans C, Hammond JP, White PJ, Verbruggen N, 2006. How do plants respond to nutrient shortage by biomass allocation? *Trends in Plant Science*, 11 (12), 610-617.

- Hiura T, Koyama H, Igarashi T, 1996. Negative trend between seed size and adult leaf size through the geographical range of *Fagus crenata*. *Ecosciense* 3: 226-228.
- Hunt R, 1990. Basic growth analysis. Unwin Hyman, London. 112 p.
- Kaneko Y, Homma K, 2006. Differences in the allocation patterns between liana and shrub *Hydrangea* species. *Plant Species Biology*, 21: 147-153.
- Kılınç M, Yüksel Ş, 1995. A morphological, anatomical and ecological study on *Pancretium maritimum* L. (Amaryllidaceae). *Tr. J. Bot.*, 19: 309-320.
- Kılınç M, Kutbay H G, 2008. Bitki Ekolojisi. Palme Yay., Ankara. 362 s.
- Korkmaz H, Alkan S, Mumcu Ü, 2012. Spatio-temporal variations in allocation of macronutrients in *Smilax excelsa* L. (Liliaceae). *Revue D'écologie (Terre & Vie)*, 67 (2): 149-156.
- Kutbay HG, Kılınç M, 1995. An autoecological study on *Galanthus rizehensis* Stern (Amaryllidaceae). *Tr. J. Bot.*, 19: 235-240.
- Korkmaz H, Yıldız M, Kutbay HG, Yalçın E, Bilgin A, 2006. Macroelement changes of *Trachystemon orientalis* (L.) G. Don (Boraginaceae) under different forest communities. *Ekológia (Bratislava)*, 25: 113-125.
- Körner C, 1999. Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems. Springer, Berlin. 345 p.
- Ludewig F, Flügge U-I, 2013. Role of metabolite transporters in source-sink carbon allocation. *Frontiers in Plant Science*, 4: 1-16.
- Lylod DG, Bawa KS, 1984. Modification of gender of seed plants in varying conditions. *Evolutionary Biology*, 17: 255-338.
- Mehrotra P, Mehrotra P, Rawat YS, 1998. Canopy effect on the dry matter allocation in different components of evergreen and non-evergreen forb species of Kumaun Himalaya. *Current Science of Bangalore*, 75: 1399-1402.
- Miyazaki Y, Hiura T, Kato E, Funada R, 2002. Allocation of resources to reproduction in *Styrax obassia* in a masting year. *Annals of Botany*, 89: 767-772.
- Niinemets Ü, 2004. Adaptive adjustments to light in foliage and whole-plant characteristics depend on relative age in the perennial herb *Leontodon hispidus*. *New Phytologist*, 162: 683-696.
- Niinemets Ü, 2005. Key plant structural and allocation traits depend on relative age in the perennial herb *Pimpinella saxifraga*. *Annals of Botany*, 96: 323-330.
- Pirdal M, 1989. Studies on the autoecology of *Asphodelus aestivus* Brot. *Doga TU Botanik D.*, 13: 89-101.
- Poorter, H, Nagel, O, 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO<sub>2</sub>, nutrients and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27: 595-607.
- Poorter, H, Niklas KJ, Reich, PB, Oleksyn, J, Poot, P, Mommer, L, 2012. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. *New Phytologist*, 193: 30-50.
- Ramula S, Mutikainen P, 2003. Sex allocation of females and hermaphrodites in the gynodioecious *Geranium sylvaticum*. *Annals of Botany*, 92: 207-213.
- Reekie EG., Bazzaz, FA. 1987. Reproductive effort in plants. 1. Carbon allocation to reproduction. *American Naturalist*, 129: 876-896.
- Silvertown JW, Dodd M, 1996. Comparing plants and connecting traits. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, Biological Sciences*, 351: 1233-1239.
- Schultz JC., Appel HM, Ferrieri AP., Arnold TM, 2013. Flexible resource allocation during plant defense responses. *Frontiers in Plant Science*, 4: 1-11.
- Szabó Gy., Czeller K, 2012. Similarities in the Allocation of Metallic Elements in Dietary Plants. *Geografijos metraštis*, 45: 98-107.
- Tateno R, Hishi T, Takeda H, 2004. Above- and belowground biomass and net primary production in cool-temperate deciduous forest in relation to topographical changes in soil nitrogen. *Forest Ecology and Management*, 193: 297-306.
- Wang C, Zhou J, Liu J, Wang L, Xiao H, 2017. Reproductive Allocation Strategy of Two Herbaceous Invasive Plants Across Different Cover Classes. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26: 355-364.
- Tilman, D., 1988. Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities. Princeton University Press, Princeton. 376 p.
- Weiner J., 2004. Allocation, plasticity and allometry in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6: 207-215.
- Williams CF, Fenster CB, 1998. Ecological and genetic factors contributing to the low frequency of male sterility in *Chamaecrista fasciculata* (Fabaceae). *American Journal of Botany* 85: 1243-1250.
- Zhukova LA, 1987. Dinamika tsenopopulyatsii lugovyh rastenii [Coenopopulation dynamics of meadow plants]. Moskovskii Gosudarstvennyi Pedagogicheskii Institut Imeni V. I. Lenina. Doctor of Biology Dissertation.



## *Licea pescadorensis*, A New Myxomycetes Record for Turkey

Hayri BABA<sup>1</sup>, Çiğdem ARSLAN<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** In this study, *Licea pescadorensis* Chao H. Chung & C.H. Liu was recorded for the first time from Turkey and added to the myxobiota of Turkey. As a result of laboratory studies we identified this species with moist chamber culture method in laboratory. Fruiting bodies and microscopic structures photographs belonging to new record was taken with light microscopy.

**Keywords:** *Licea pescadorensis*, Myxomycetes, new record, Turkey

## *Licea pescadorensis*, Türkiye İçin Yeni Bir Miksomiset Kaydı

**ÖZET:** Bu çalışmada *Licea pescadorensis* Chao H. Chung & C.H. Liu, Türkiye’de ilk defa rapor edilmiş, Türkiye mikrobiotasına ilave edilmiştir. Bu tür laboratuvar çalışmaları sonucunda nem odası tekniği ile laboratuvarda elde edilmiştir. Yeni kayıt örneğe ait fruktifikasyonu ve mikroskobik yapısına ait özellikleri ışık mikroskobu yardımıyla verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Licea pescadorensis*, Miksomiset, Türkiye, yeni kayıt

<sup>1</sup> Hayri BABA (0000-0002-1837-4321), Çiğdem ARSLAN(0000-0002-6937- 1948), Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Hatay, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Hayri BABA, hayribaba\_68@hotmail.com

## INTRODUCTION

The myxomycetes (plasmodial slime molds) are eukaryotic microorganisms that occur wherever conditions on the earth's surface permit the growth of vegetation but are especially common in forest areas. They can be found, sometimes abundantly, in most terrestrial ecosystems, associated with plants and plant debris (Martin and Alexopoulos, 1969). The fruiting bodies produced by myxomycetes are usually small, with a height of no more than 2 mm (0.1–2 mm) (Lado and Pando, 1997). Because of their small size and the types of situations in which most species occur, myxomycetes tend to be overlooked in nature. However, careful searching of suitable substrates almost invariably reveals several fruiting bodies of myxomycetes in the various microhabitats of a particular ecosystem (Stephenson, 2003).

The family Liceaceae (order Liceales, Myxomycetes) has a single genus *Licea*. The genus *Licea* currently encompasses more than 72 species of worldwide distribution (Lado, 2017) and in Turkey

*Licea* has got 21 species (Sesli et al., 2016). *Licea* genera includes species with plasmodiocarpic to sporocarpic sessile or stipitate sporophores. Peridium membranous or coriaceous, consisting of one or two layers. The external layer gelatinous when wet, drying horny, the inner always membranous. The external surface frequently with deposits of granular material, the peridium dehiscence can be irregular. Columella, capillitium and the pseudocapillitium are mostly absent. Spores are free, globose, subglobose or ovoid, of variable colour but usually pale, decorated or smooth, and with spore wall of uniform thickness or with a thinner area. The spores are often paler on one side, and smooth or minutely warted (Martin et al., 1983; Liu et al., 2002; Baba and Tamer, 2008).

## MATERIAL AND METHOD

In this study natural substrates; barks and debris material, bark of living trees, as well as decaying bark, wood, leaves and litters were collected (Table 1) from Payas-Hatay (Figure 1).

**Table 1.** Dates and information about localities

Location	Dates	Altitude (m)	Coordinates
Payas	14.04.2014-01.07.2014	39	36°45'50N:36°12'58E

Natural fructifications were gently and directly collected from the substratum and placed in cardboard herbarium boxes. In addition, the fructifications of myxomycetes were grown from the moist chamber culture in the laboratory. The collected substrates were

moistened with distilled water 24 or 48 hours (In winter 24 hours, summer 48 hours). When developing myxomycetes were found, the moist chamber was allowed to dry slowly and the myxomycetes were then dried for one week. (Stephenson and Stempen, 2000; Baba, 2012).



**Figure 1.** Research area

Microscopic and macroscopic features of the sample was determined in the laboratory. The morphological characters of myxomycetes; fruiting bodies, shape, size and colour, spore size and ornamentation, capillitium colour and branching, lime crystal size and morphology, and stalk colour and proportion. Myxomycetes was identified with the aid of Martin and Alexopoulos (1969), Neubert et al. (1993). The sample was prepared as fungarium material and stored in the laboratory of Department of Biology, Faculty of Science and Arts, Mustafa Kemal University in Hatay.

## RESULTS AND DISCUSSION

**Superior:** Eukarya

**Kingdom:** Protista

**Subkingdom:** Amoebozoa

**Division:** Mycetozoa

**Subdivision:** Eumycetozoa

**Class:** Myxogastria

**Order:** Liceida

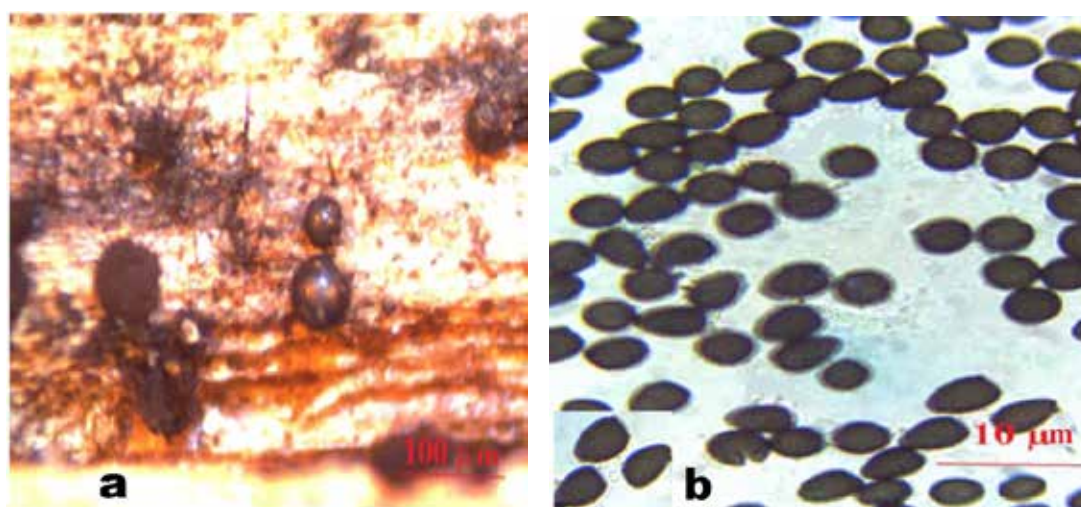
**Family:** Liceaceae

**Genera:** *Licea*

**Species:** *Licea pescadorensis* Chao H. Chung & C.H. Liu, Taiwania 41(4):259 (1996)

Sporocarps: densely gregarious or clustered, sessile, 0.06-0.15 mm diam., subglobose, hemispherical or somewhat depressed, deep reddish brown when young, darkening to almost black when mature (Figure 2a). Peridium: composed of two closely adherent layers, the outer layer gelatinous when wet, containing abundant granular refuse material absorbed from the substrate, the inner layer cartilaginous, brownish. Dehiscence: not observed. Columella and Capillitium not seen. Spores: globose to ovoid, pale, almost smooth with evenly thickened walls, either globose and (5-)7-8  $\mu\text{m}$  diam. or ovoid and (7-)8-10 x (6-) 7-8  $\mu\text{m}$  diam., (Figure 2b). Plasmodium: unknown. Hypothallus: inconspicuous or lacking.

**Distribution:** Payas (Seashore), Isolated from the bark of *Pinus brutia* Ten., Arslan 22.



**Figure 2.** *Licea pescadorensis* Chao H. Chung and C.H. Liu a) Sporocarps b) Spores

Shiny reddish brown to black sporangia of *Licea pescadorensis* are easily distinguished from other fungi or refuse materials. Most of the mature sporangia are dark but rather inconspicuous. Morphological variance among different clusters of sporangia is noticeable. Some sporangia seem to be wrinkled and become angular or with a ridged peridium; others are not wrinkled and smooth in appearance. Most sporangia are almost black when mature, but some sporangia retain their reddish brown pigmentation.

Most species of *Licea* were found on bark of living or dead trees, less commonly on dead wood, hepatics, bryophytes. Some members of this genus have been reported from fimicolous or corticolous habitat (Chung and Liu, 1996; Everhart and Keller, 2008; Barbosa et al., 2016). *Licea tenera*, originally described as corticolous on *Acer*, was emended by Martin and Alexopoulos (1969) to include coprophilous population. Angel and Wicklow (1975) reported *L. fimicola* and *L. tenera* from rabbit, pronghorn and cow dung. Martin & Alexopoulos'

(1969) reported *L. punctiformis* (originally described as corticolous) and *L. tenera* from cow and horse dung. Eliasson and Lundqvist (1979) reported *L. alexopouli*, *L. belmontiana*, *L. fimicola*, and *L. pusilla* from various kinds of animal excrements. Lakhanpal and Mukerji (1981) recorded three fimicolous *Licea*, *L. punctiformis*, *L. tenera* and *L. variabilis* from India (all on horse dung) (Martin and Alexopoulos, 1969; Farr, 1981).

## CONCLUSION

As described by Martin and Alexopoulos (1969) and Martin et al. (1983) the family Liceaceae, has a single genus, *Licea*. Previously, 21 species of *Licea* were recorded in Turkey (Sesli et al., 2016). In this paper, we reported a new record *L. pescadorensis*. Description and illustration of *Licea pescadorensis* was made by Chung and Liu (1996), at Taiwan. Specimen examined open dry farmland, on cow dung with moist chamber culture.

This genus includes species with plasmodiocarpic to sporocarpic, sessile or stipitate sporophores, *Licea*

*pescadorensis* sporocarps are densely gregarious or clustered, sessile. Peridium composed of two layers, the outer layer gelatinous, the inner layer cartilaginous, brownish. The spores of *Licea* are free, globose, subglobose or ovoid, of variable colour but usually pale, decorated or smooth, and with spore wall of uniform thickness or with a thinner area.

Most *Licea* species were harvested from corticolous or fimicolous habitats by moist chamber cultures. *Licea pescadorensis* is characterized by a fimicolous habitats but in our study we collected from corticolous habitat.

This species can be distinguishable from other *Licea* by a densely gregarious, shiny reddish brown to black sporangia, cartilaginous peridium and by smaller sized spores, mostly 7 – 8 µm diameter with evenly thickened walls.

## ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by Mustafa Kemal University Scientific Research Projects (BAP) (Project No: 12028).

## REFERENCES

- Angel SK, Wicklow DT, 1975. Relationships between coprophilous fungi and fecal substrates in a Colorado grassland. *Mycologia*, 67: 63-74.
- Baba H, 2012. Myxomycetes of Mustafa Kemal University campus and environs. *Turkish Journal of Botany*, 36: 769-777.
- Baba H, Tamer AÜ, 2008. A study on the Myxomycetes in Manisa. *Ot Sistematik Botanik Dergisi*, 14(2): 179-196.
- Barbosa DÍ, Bezerra ACC, Lima VX, Cavalcanti LH, 2016. Corticolous myxobiota of the Pernambuco Center of Endemism, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, doi: 10.1590/0102-33062016abb0209
- Chang JH, Liu CH, 1996. More Fimicolous Myxomycetes from Taiwan. *Taiwania* 41(4): 259-264.
- Chung CH, Liu CH, 1996. More fimicolous Myxomycetes from Taiwan. *Taiwania*, 41(4): 259-264.
- Eliasson U, Lindqvist N, 1979. Fimicolous Myxomycetes. *Bot. Not.*, 132: 551-568.
- Everhart SE, Keller HW, 2008. Life history strategies of corticolous myxomycetes: the life cycle, fruiting bodies, plasmodial types, and taxonomic orders. *Fungal Diversity*, 29: 1-16.
- Farr ML, 1981. True Slime Molds. In Wm. C. Brown Comp, Dubuque, Iowa: pp. 132.
- Lado C, 2017. An on line nomenclatural information system of Eumycetozoa. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain. <http://www.nomen.eumycetozoa.com>.
- Lado C, Pando F, 1997. *Flora Mycologica Iberica*. Vol. 2. Madrid, Spain, pp. 323.
- Lakhanpal TN, Mukerji KG, 1981. Taxonomy of the Indian Myxomycetes. *Bibliotheca Mycologica* 78: 1-530.
- Liu CH, Yang FH, Chang JH, 2002. Myxomycetes of Taiwan XIV. Three new records of Trichiales. *Taiwania* 47: 97-105.
- Martin GW, Alexopoulos CJ, 1969. *The Myxomycetes*. University of Iowa press, p. 560, Iowa City.
- Martin GW, Alexopoulos CJ, Farr ML, 1983. *The Genera of Myxomycetes*. p. 438. Univ. Iowa Press. Iowa City.
- Neubert H, Nowotny W, Baumann K, 1993. *Die Myxomyceten* Vol. 1. Ceratiomyxales, Echinosteliales, Liceales und Trichiales. In verlag karlheinr baumann, gomaringen p. 343. Germany.
- Schnittler M, Stephenson SL, 2000. Myxomycete biodiversity in four different forest types in Costa Rica, *Mycologia*, 92: 626-637.
- Sesli E, Akata I, Denchev TT, Denchev CM, 2016. Myxomycetes in Turkey – a checklist, *Mycobiota* 6: 1–20.
- Stephenson SL, 2003. *Myxomycetes of New Zealand*. Hong Kong: Fungal diversity Press.

## Polinatör Böcekler ve Küresel Tozlaşma Krizi

Nil BAĞRIAÇIK<sup>1</sup>

**ÖZET:** Polinatör böcekler karasal ekosistemlerde son derece önemli görevler üstlenirler. Bitki komünitelerinin devamlılığı ve ekosistem dengesinin korunması, bitkiler ve tozlaşmalarını sağlayan polinatör böcekler arasındaki ilişkinin sürdürülebilmesine bağlıdır. Bu bakımdan polinatör böcekler, küresel biyoçeşitliliğin anahtar bileşenidir. Ancak, tarım alanlarında insektisit uygulamaları, arazi kullanımının ve peyzajın değişmesi ile doğal habitatların tahrip olması polinatör popülasyonunun azalmasına hatta yok olmasına sebep olmaktadır. Bunların sonucu olarak son yıllarda ciddi bir 'küresel tozlaşma krizi' ortaya çıkabilir. Güncel verilere göre dünya biyoçeşitliliği giderek azalmaktadır. Bu derlemede, tozlaşma krizinin ana sebepleri ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoçeşitlilik, polinatör böcekler, tozlaşma krizi

## Pollinator Insects and Global Pollination Crisis

**Abstract:** Pollinator insects have a very important role in terrestrial ecosystems. Sustainability of plant communities and ecosystem stability depend on the relationship between pollinators and plants. Pollinator insects are a key component of global biodiversity. However, insecticide application in agro-systems, destruction of natural habitats by changing of landscape and land use are cause of a reduction or even extinction of pollinator population. As a result of these, it has emerged 'global pollination crisis'. According to current data, world biodiversity is declining steadily. The main causes of the pollination crisis are evaluated in this review.

**Keywords:** Biodiversity, pollinator insects, pollination crisis.

<sup>1</sup> Nil BAĞRIAÇIK (0000-0002-8161-8907), Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Niğde, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Nil BAĞRIAÇIK, nilbagriacik@hotmail.com

## GİRİŞ

Bitkinin meyve ve tohum üretiminde çok önemli bir süreç olan tozlaşma, çiçeğin erkek organlarındaki polenlerin dişi organlara taşınması işlemidir. Bu sayede polenler tepciğe yapışarak, dişicik borusundan yumurtalığa iner ve döllenme gerçekleşir. Bu süreçte, pek çok böcek ve polen, nektar, bitkisel besin arayan diğer hayvanlar hizmet ederler. Tozlaşma, ekosistemlerin sürdürülebilirliği ve insan toplulukları için hayati önem taşır (UNEP, 2010). Ekosistem dengesinin korunması, bitkiler ve tozlaşmalarını sağlayan polinatör böcekler arasındaki ilişkinin sürdürülebilmesine bağlıdır. Bu bakımdan polinatör böcekler, küresel biyoçeşitliliğin anahtar bileşenidir (Potts et al., 2010).

Tarımı yapılan bitkilerinin %75'i tozlaşmak için böceklere bağımlıdır. Yapılan çalışmalar, ürün verimi ve kalitesinin artırılmasında polinatör böceklerin önemini ortaya koymuştur (Klein et al., 2007). Tozlaşmayı sağlayan böceklerin büyük çoğunluğunu arılar oluşturmaktadır (Calderone, 2012). FAO verilerine göre dünya nüfusunun %90'nın beslendiği 100 ürün arılar tarafından tozlaştırılmaktadır (Anonim, 2016). Bazı çiçekli bitkilerin tozlaşması da sadece bu bitkilere özelleşmiş arılar tarafından yapılmaktadır (Pemperton, 2010). Bal arıları (*Apis mellifera* L.) ekonomik açıdan en değerli tozlaştırıcılardır (Özbek, 2003). Bal arıları olmadan çoğu kültür bitkilerinde %90'a varan verim kaybı ortaya çıkmaktadır (Klein et al., 2007).

İnsan faaliyetleri ile arazi kullanımının ve peyzajın değişmesi ile doğal habitatların tahrip olması da polinatör popülasyonunun azalmasına hatta yok olmasına sebep olmaktadır. Tarım alanlarının yaygınlaşması polinatör zenginliğini ve bolluğunu da azaltmaktadır (UNEP, 2010). Tarım ekosistemlerinde ürünlerin ticari değerinin korunması ve kaliteli ürün alınması için zararlı böceklerle mücadele gereklidir. Zararlı kontrolünde insektisitlerin kullanılması faydalı böcek gruplarının da yok olmasına sebep olmaktadır (Brittain and Potts, 2011). Zirai ilaçlar pek çok sorunu ortadan kaldırmakla beraber yabancı olan-olmayan tozlaşmayı sağlayan arı gruplarının yok olmasında ciddi risk oluşturmaktadır. Arılar, insektisitlere ya doğrudan ya da kontamine olmuş polen, nektar ve meyveler aracılığıyla maruz kalırlar (Ellis, 2010). Arıların, insektisit etkisi ile ölmeleri sonucu çiçekli bitkiler tozlaşmamakta ve soylarını devam ettirememektedirler. Ziyaretçi çeşitliliğinin azalması da

ürün kalitesinin düşmesine sebep olmaktadır (Tepedino, 1979). Pestisit üretiminin 2050 yılına kadar 50 milyon metrik ton artacağı öngörülmektedir (Tilman et al., 2001). Bunların sonucu olarak, bal arılarının ve diğer polinatör böceklerin yok olmasıyla beraber küresel 'tozlaşma krizi' ortaya çıkabilir (Tirado et al., 2013). Ancak, mevcut zirai uygulamalar, hâlâ bitkiler ve tozlaşmayı sağlayan böcekler arasındaki ilişkinin yeteri kadar anlaşılmadığını göstermektedir. Kısa vadede tozlaşmadaki zorluklar ve azalmalar pek çok farklı sebebe bağlı gibi görünse de, uzun vadede polinatör böceklerin yok olmasından kaynaklanmaktadır.

## POLİNATÖR BÖCEKLERİN EKOLOJİK VE EKONOMİK ÖNEMİ

Tozlaşma, rüzgâr ve su gibi abiyotik faktörler dışında hayvanlar da tarafından sağlanır. Arılar, karıncalar, kelebekler, sinekler, kınkanatlılar ile bazı kuşlar ve memeliler tozlaşmada etkili organizmalardır. Bunların içinde arılar, özellikle bal arısı (*Apis mellifera*) dünya üzerindeki pek çok coğrafi bölgede en önemli tozlaştırıcılardır (Tirado et al., 2013; Özbek, 2003). Türkiye'de meyve bahçelerinde 123 tür tozlaştırıcı arı türü tespit edilmiştir. Bunların %45-90'ını bal arısı oluşturmaktadır (Özbek, 2008).

Polenleri abiyotik ajanlarla taşınan buğday, pirinç ve mısır gibi insan besinin önemli bir parçasını oluşturan bitkiler (Tirado et al., 2013) ve şeftali, kayısı, vişne gibi kendini döleyebilen meyveler dışında, özellikle elma, armut, kiraz, badem, çilek, böğürtlen gibi kendine kısır meyveler (Özbek, 2008) ve pek çok sebze arılar tarafından tozlaştırılmaktadır. Yabancı bitkilerin %80'i meyve ve tohumlarının oluşabilmesi için doğrudan böceklerle tozlaşmalıdırlar (Ashman et al., 2004).

Polinatör böceklerin çeşitliliği ve yoğunluğundaki azalma, bitki çeşitliliği ve yoğunluğundaki azalmayı da beraberinde getirmektedir. Seçici olmayan polinatör böceklerle tozlaşan bitkilerde %62-73 arasında tozlaşmada sınırlanma gözlenmiştir (Ashman et al., 2004). Belirli bir polinatör böcekle tozlaşan bitkilerde ise, polinatörün yok olması bitkinin yok olması anlamına gelmektedir (Aguilar et al., 2006).

Avrupa'da 264 çeşit ürün ve 4000 çeşit sebze arılar tarafından tozlaştırılmaktadır. Polinatör böceklerle tozlaşan ürünlerin bir tonluk ürün değeri, böceklerle tozlaşmayan ürünlerden beş kat daha fazladır.

Polinatörlerle tozlaşmanın küresel ekonomiye katkısı yıllık 265 milyar Avro'dur (Lautenbach et al., 2012).

Polinatör böceklerdeki kayıplar, ekonomik olarak özellikle insan besini olan bitkilerde ticari kayıplara ve ürün kalitesinin azalmasına, ekolojik olarak ise ekosistem dengesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirlik açısından tozlaştırıcı böcekler ekosistemlerde yeri doldurulamaz bir değere sahiptirler.

## TOZLAŞMA KRİZİNİN TEMEL SEBEPLERİ

### İnsektisitlerin Etkisi

İnsektisitler, yani böcek öldürücü kimyasallar, polinatör böcekleri doğrudan etkilemektedirler. Özellikle tarım arazilerinde tarımsal zararlılara karşı uygulanan zirai mücadele ilaçları polinatör böceklerin yok olmasında da etkilidirler (Tirado et al., 2013). İnsektisitlerin letal etkisi (LD<sub>100</sub>, öldürücü etki), polinatör böcek popülasyonunun aniden yok olmasına ve bunlara bağlı bitkilerin de ortadan kalkmasına neden olurken (Kevan, 1975), subletal (LD<sub>50</sub>, sürekli düşük doz etkisi) etkisi farklı şekillerde ortaya çıkmaktadır (Brittain and Potts, 2011). Subletal etki dört kategoride incelenebilir. Bunlar; gelişme ve oluşum bozuklukları; öğrenme ve yönelme bozuklukları; beslenme bozuklukları ve üreme bozuklukları şeklindedir (Tirado et al., 2013).

İnsektisitlerin polinatör böceklere etkisi en iyi bal arılarında çalışılmıştır (Ellis, 2010). İnsektisitlerin subletal etkisi ise zaman içerisinde arı kolonilerinin yok olmasına ve polinatörlerin işlevlerinde verimliliğin azalmasına sebep olmaktadır, ancak doğal koşullarda bunu ölçmek oldukça zordur (Desneux et al., 2007). Arılar beslenme uçuşu yapmak zorundadırlar ve besinin yerini koloni üyelerine bildirmelidirler. *Apis mellifera*'da insektisit maruziyetinden sonra oryantasyon kabiliyetinde azalma (Van Dame et al., 1995), beslenme uçuşlarında anormal davranışlar (Yang et al., 2008), beslenmede %20-60 azalma (Ramirez-Romero et al., 2005), öğrenme aktivitesinde azalma (Decourtye et al., 2003), ortalama ömrün kısalması (Mackenzie and Winston, 1989) gözlenmiştir. *Bombus impatiens*'de beslenmenin yavaşladığı (Moradin and Winston, 2005), yapay çiçeklerde çok vakit geçirildiği (Moradin and Winston, 2003), *Bombus terrestris*'in beslenme davranışının olumsuz etkilendiği

(Mommaerts et al., 2010) bildirilmiştir. Orkidelere yapılan ilaçlama sonrasında civardaki tüm *Megachile rotundata* yuvaları yok olmuştur (Alston et al., 2007). Seçici polinatör olan soliter arıların ise çiftleşme ve yumurtlama döneminde insektisitlere maruz kalması halinde üreme potansiyellerini kaybettiği belirtilmiştir (Michener, 2000). Sosyal arılarda koloni üyelerinin kaybı, hatta tamamının yok olması söz konusudur. Eğer kraliçe arı erken dönemde insektisite maruz kalırsa koloni gelişiminin durduğu (Thompson, 2001), sistemik pestisitlerle kontamine olan polen ve nektarın yuvaya taşınması ile larva ve diğer koloni üyelerinde de düşük dozda maruziyet meydana geldiği ve koloni sağlığının bozulduğu (Davis and Shuel, 1988) bildirilmiştir. İngiltere ve Hollanda'da yapılan bir ortak çalışmada 1980'lerden bu tarafa tozlaşmayı sağlayan kelebek, sinek, kuş türlerinin çeşitliliğinde ciddi bir azalmanın olduğu, yabancı bitki türlerinin %70 azaldığı, polinatör böcek kompozisyonunun değiştiği belirtilmiştir (Thomas et al., 2004).

### Endüstriyel Tarımın Etkisi

En geniş ekosistemleri oluşturan tarım alanları ve otlaklar, dünya yüzeyinin %35'ini işgal eder. Son yüzyılda tarımda endüstrileşme çok hızlı gelişmiş, büyük miktarlarda gübre, toksik kimyasallar kullanılmaya başlanmış, monokültür ürünler tercih edilmiş, tarım alanlarında genişleme olmuştur. Tarım, çevre ve polinatör böcekler üzerinde olağanüstü zararlı etki yapmaya başlamıştır. Endüstriyel monokültür bitkilerin ekilmesi biyoçeşitliliği sınırlandırmakta ve sulama, ağaçlık alanları ortadan kalkması, böceklerin yuva yerlerinin yok edilmesi de bitki ve polinatörünün beraber yok olmasına sebep olmaktadır (Tilman et al., 2001; Tirado et al., 2013).

### İklim Değişikliği

Küresel iklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklık artışı, yağış miktarında değişiklik, değişken ve aşırı hava şartları polinatör böcek popülasyonları üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Çiçekli bitkilerin çiçeklenme ve polinatörlerin kıştan uyanma zamanlarındaki değişiklikler, coğrafi bölgelerde polinatörlerin ve bitkilerin yayılışındaki değişimler, çevre ısısına bağlı fizyolojik aktivitelerdeki değişimler ve popülasyon genetiğinin değişimi gibi faktörler, bitki ve polinatörü

arasındaki ilişkiyi engellemektedir. Bu değişiklikler polinatörlerin bireysel ya da toplu olarak yok olmalarına sebep olmaktadır (Klein et al., 2007; Tirado et al., 2013).

### Habitat Kaybı

Yoğun tuzlama, toprak erozyonu, steplerde sulama ağlarının genişlemesi, otlakların yapılaşması, orman yangınları, aşırı otlatma, endüstriyel ve tarımsal atıklar, kentsel yapılaşma, peyzaj çalışmaları gibi daha pek çok etken doğal habitatların değişmesine ve yok olmasına sebep olmaktadır. Polinatör böceklerin yuva yerleri ve çiftleşme alanları ortadan kalmakta, yaşam döngüleri değişmekte, popülasyon yoğunluğu ve büyüklüğü azalmaktadır. Dolayısıyla özellikle doğal çiçekli bitkiler bu durumdan doğrudan etkilenmektedir (Aguilar et al., 2006).

### SONUÇ

Bal arıları ve diğer polinatör böcekler tarım ve gıda üretiminde kritik rol oynarlar. Ancak, endüstriyel tarım çabaları ve kullanılan kimyasallar polinatör

böcek popülasyonlarını yok olma tehlikesiyle karşı karşıya bırakmaktadır. Güncel veriler dünya biyoçeşitliliğinin habitat kaybı, zararlı istilası, tozlaşma eksikliği, hastalıklar vb. sebeplerden %1-10 oranında azaldığını bildirmektedir (Brittain and Potts, 2011). Polinatör böceklerin dünyada önemi giderek daha fazla anlaşılmakta, ürünlerin korunmasında gösterilen hassasiyetin polinatör böceklerin korunmasında da gösterilmesi, bitkisel üretimde farklı bileşenlerin sonuçlarının birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir.

Önümüzdeki yıllarda da yeni pestisitlerin üretilmesine devam edilecektir. Ulusal ve uluslararası düzeyde polinatör böceklerin yok olmasının ekonomik ve ekolojik boyutları anlatılmalı, biyoteknolojik çalışmalarla yeni zararlı kontrol yöntemleri geliştirilmeli, zararlılar için geliştirilen kontrol stratejileri arılar için güvenli hale getirilmelidir. Arılara zarar veren kimyasalların kullanımı yasaklanmalı, polinatör böceklerin faydasına yönelik tarımsal sistemler geliştirilmeli, tarım alanlarının çevresinde bulunan doğal ve yarı doğal alanların korunmasına özen gösterilmeli, ekolojik tarım desteklenmelidir.

### KAYNAKLAR

- Aguilar R, Ashworth L, Galetto L, Aizen MA, 2006. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis, *Ecology Letters*, 9: 968-980
- Alston DG, Tepedino VJ, Bradley BA, Toler TR, Griswold TL, 2007. Effects of the insecticide phosmet on solitary bee foraging and nesting in orchards of Capitol Reef National Park, Utah (U. S. A.), *Environmental Entomology*, 36: 811-816.
- Anonim, 2016. <http://www.fao.org/news/story/en/item/384726/icode/>, erişim tarihi: 26.12.2016
- Ashman TL, Knight TM et al., 2004. Pollen limitation of plant reproduction: Ecological and evolutionary causes and consequences, *Ecology*, 85: 2408-2421.
- Brittain C, Potts SG, 2011. The potential impacts of insecticides on the life history traits of bees and the consequences for pollination, *Basic and Applied Ecology*, 12: 321-331.
- Calderone NW, 2012. Insect Pollinated Crops, Insect Pollinators and US Agriculture: Trend Analysis of Aggregate Data for the Period 1992-2009, *PLoS ONE* 7(5): e37235
- Davis AR, Shuel RW, 1988. Distribution of <sup>14</sup>C-labelled carbofuran and dimethoate in royal jelly, queen larvae and nurse honeybees, *Apidologie*, 19: 37-50.
- Decourtye A, Lacassie E, Pham-Dele`gue MH, 2003. Learning performances of honeybees (*Apis mellifera* L.) are differentially affected by imidacloprid according to the season, *Pest Manage. Sci.*, 59: 269-278.
- Desneux N, Decourtye A, Delpuech JM, 2007. The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods, *Annual Review of Entomology*, 52: 81-106.
- Ellis MD, 2010. Pesticides applied to crops and honey bee toxicity, *American Bee Journal*, 150: 485-486.
- Kevan PG, 1975. Forest application of the insecticide fenitrothion and its effect on wild bee pollinators (Hymenoptera: Apoidea) of lowbush blueberries (*Vaccinium* spp.) in Southern New Brunswick, *Canada Biological Conservation*, 7: 302-309.
- Klein AM, Vaissiere BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T, 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops, *Proc. R. Soc. B. Biol. Sci.*, 274: 303-313.
- Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J, Dormann CF, 2012. Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit, *PLoS ONE* 7:e35954.
- Mackenzie KE, Winston ML, 1989. The effects of sublethal exposure to diazinon, carbaryl and resmethrin on longevity and foraging in *Apis mellifera*, *Apidologie*, 20 (1):29-40.
- Michener CD, 2000. *The Bees of the World*, Baltimore and London (The John Hopkins University Press), 913pp.
- Mommaerts V, Reynders S, Boulet J, Besard L, Sterk G, Smagghe G, 2010. Risk assessment for side-effects of neonicotinoids against bumblebees with and without impairing foraging behavior, *Ecotoxicology*, 19(1):207-15.



- Morandin LA, Winston ML, 2003. Effects of Novel Pesticides on Bumble Bee (Hymenoptera: Apidae) Colony Health and Foraging Ability, *Environmental Entomology*, 32(3):555-563.
- Morandin LA, Winston ML, Franklin MT, Abbott VA, 2005. Lethal and sub-lethal effects of spinosad on bumble bees (*Bombus impatiens* Cresson), *Pest Management Science*, 61 (7): 619-626.
- Özbek H, 2003. Türkiye’de arılar ve tozlaşma sorunu, *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 3: 41-44
- Özbek H, 2008. Türkiye’de Ilıman iklim Meyve Türlerini Ziyaret Eden Böcek Türleri, *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 8(3):92-103.
- Pemperton RW, 2010. Biotic resource needs of specialist orchid pollinators, *The Botanical Review*, 76: 275-292.
- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O, Kunin WE, 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers, *Trends in Ecology and Evolution*, 25(6): 345-353.
- Ramirez-Romero R, Chaufaux J, Pham-Dele`gue MH, 2005. Effects of Cry1Ab protoxin, deltamethrin and imidacloprid on the foraging activity and the learning performances of the honeybee *Apis mellifera*, a comparative approach, *Apidologie*, 36: 601-611.
- Tepedino VJ, 1979. The importance of bees and other insect pollinators in maintaining floral species composition, *Great Basin Natyralist Memoirs*, 3:139-150.
- Thomas JA, Telfer MG, Roy DB, Preston CD, Greenwood JJ, Asher J, Fox R, Clarke RT, Lawton JH, 2004. Comparative Losses of British Butterflies, Birds, and Plants and the Global Extinction Crisis, *Science*, 303(5665): 1879 – 1881.
- Thompson HM, 2001. Assessing the exposure and toxicity of pesticides to bumblebees (*Bombus* sp.), *Apidologie*, 32: 305-321.
- Tilman D, Fargione J, Wolff B, D’Antonio C, Dobson A, Howarth R, et al., 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change, *Science*, 292: 281-284.
- Tirado R, Simon G, Johnston P, 2013. A review of factors that put pollinators and agriculture in Europe At Risk, *Greenpeace Research Laboratories Technical Report*, 44p.
- UNEP, 2010. Emerging Issues: Global Honey Bee Colony Disorder and Other Threats to Insect Pollinators, 16pp.
- Van Dame R, Meled M, Colin ME, Belzunces LP, 1995. Alteration of the homing-flight in the honey bee *Apis mellifera* L. Exposed to sublethal dose of deltamethrin, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14(5): 855-860.
- Yang EC, Chuang YC, Chen YL, Chang LH, 2008. Abnormal foraging behavior induced by sublethal dosage of imidacloprid in the honey bee (Hymenoptera: apidae), *J Econ Entomol.*, 101(6):1743-1748.



## ***Capoeta trutta*'nın Kas ve Karaciğer Dokusu Total Lipid, Fosfolipit ve Triaçilgliserol Yağ Asidi Kompozisyonu *Capoeta trutta*'nın yağ asitleri**

Semra KAÇAR<sup>1</sup>, Mehmet BAŞHAN<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, Atatürk Baraj Gölü'ndeki *Capoeta trutta*'nın lipid içeriği ve total lipid, fosfolipit (PL), triaçilgliserol (TAG) yağ asidi profili incelendi. Major doymuş yağ asitleri (DYA) palmitik (C16:0) ve stearik (C18:0) asittir. Oleik asit (C18:1n-9) ve palmitoleik asit (C16:1n-7) belirgin tekli doymamış yağ asitleri (TDYA)'ndendir. Her iki dokuda dominant çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA) eikosapentaenoik asit (EPA, C20:5n-3) ve dokosaheksaenoik (DHA, C22:6n-3) asittir. ΣDYA, ΣTDYA ve ΣÇDYA oranlarının dağılımları fosfolipit (PL) ve triaçilgliserol (TAG) fraksiyonları arasında farklı bulunmuştur. TAG, PL'ye oranla daha az oranda ΣÇDYA içerirken, daha fazla oranda ΣTDYA ve ΣDYA içermiştir. Kas dokusunda, n-3/n-6 oranı 5.95 bulunmuştur. *C. trutta* içerdiği n-3 yağ asitleri ve n-3/n-6 oranı ile ekonomik olarak önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** *Capoeta trutta*, fosfolipit, triaçilgliserol

## **Fatty Acid Composition of Total Lipid, Phospholipid and Triacylglycerol in the Muscle and Liver Tissue of *Capoeta trutta* Fatty acids of *Capoeta trutta***

**ABSTRACT:** The present study investigated the lipid content and FA profiles of total lipid, phospholipid (PL) and triacylglycerol (TAG) of *Capoeta trutta* from the Atatürk Dam Lake. The major saturated fatty acids (SFAs) were palmitic acid (C16:0) and stearic acid (18:0). Oleic acid (18:1n-9) and palmitoleic acid (16:1n-7) were the prominent monounsaturated fatty acids (MUFAs). The dominant polyunsaturated fatty acids (PUFAs) were eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3) and docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3) in both tissues. The distributions of ΣSFAs, ΣMUFAs and ΣPUFAs proportions were found to be different among phospholipid (PL) and triacylglycerol (TAG) fractions. TAG contained a lower proportion of ΣPUFA, but a higher proportion of ΣMUFA and ΣSFA than PL. The ratio of n-3/n-6 was 5.95 in muscle tissue. *C. trutta* is economically important fish considering n-3 fatty acids and n-3/n-6 ratios.

**Keywords:** *Capoeta trutta*, phospholipid, triacylglycerol

<sup>1</sup> Semra KAÇAR (0000-0002-9869-9045), Mardin Artuklu Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Mardin, Türkiye

<sup>2</sup> Mehmet BAŞHAN (0000-0002-1228-9548), Dicle Üniveriste, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Semra KAÇAR, semrakacar21@gmail.com

## GİRİŞ

*Capoeta trutta* (Heckel, 1843), yalnız Dicle ve Fırat su sistemlerinde yaşayan ve yöre halkı tarafından bol miktarda yakalanıp besin olarak tüketilen ekonomik öneme sahip bir türdür (Özdemir, 1982). Türün dağılışı ve taksonomisi ile ilgili yurdumuz sınırları içinde ve dışında, Dicle ve Fırat Nehirleri ile kollarında yapılmış birçok araştırma bulunmaktadır (Beckman, 1962; Blanc et al., 1971).

Vücut yüksek yapılı ve yanlardan basıktır. Pulları orta büyüklüktedir. Ağız ventral konumda ve küçük olup, çevresinde bir çift kısa bıyık mevcuttur. Renk, sırt kısmı koyu kahverengi iken yanlar ve karın kısmı gri kahverengidir. Lateralin üst kısmında yani vücudun dorsal yarısında düzensiz bir dağılım gösteren küçük ve siyah lekeler bulunur (Geldiay ve Balık, 1999).

Adıyaman ilindeki toplam av miktarının 397.607 kg olduğu tespit edilmiştir. Toplam av miktarı içerisindeki % 27'lik oransal dağılımı ile siraz (*Capoeta* sp.) en büyük dilimi oluşturmuştur.

Gonadosomatik indeksten yararlanılarak, Dicle Nehri'ndeki *C. trutta*'nın üreme periyodunun mayıs-haziran ayları arasında olduğu saptanmıştır (Ünlü, 1991).

Üreme evresinden önce gonatların gelişimi için protein, karbonhidrat ve lipide olan gereksinim oldukça fazladır. Özellikle üreme periyodu esnasında karaciğer ve kastaki lipitler, gonat gelişimi için gonada nakledilirler (Castell et al., 1972). Karaciğer, gonat gelişimi ve gamet oluşturulması esnasında kullanılacak lipidin büyük bir kısmını depo eder. Bununla beraber, üreme için gerekli olan enerji daha çok kas lipitlerden sağlanır (Atchison, 1975; Akpınar 1987).

Balık eti, insanlar için besleyici bir besindir. Balık yağında bulunan EPA ve DHA gibi n-3 yağ asitleri, plazma kolesterolünün artmasını engellerler (Suzuki et al., 1995), kardiovasküler hastalıkları önlerler (Iso et al., 2001), öğrenme kabiliyetini geliştirirler (Suzuki et al., 1998) ve görme fonksiyonlarını (Birch et al., 2000) etkilerler.

Balığın büyüklüğü, besini, üreme döngüsü, yaşı, balığın yakalandığı coğrafik bölge ve mevsim, su sıcaklığı gibi faktörler, balık dokularındaki yağ asidi içeriği ile total lipit miktarını etkilerler (Leger et al.,

1977; Henderson and Tocher, 1987; Bandarra et al., 1997; Shirai et al., 2001; Luzia et al., 2003). Ancak hem kas hem de başta karaciğer olmak üzere gonat gibi diğer organların lipit miktarındaki en belirgin değişimlerin üreme döneminde görüldüğü bildirilmiştir.

Karaciğer lipit metabolizması bakımından önemli bir organdır. Bu organ; aynı zamanda yağ asitlerinin alımı, oksidasyonu ve dönüşümü ile uzun zincirli doymamış yağ asitlerinin diğer dokulara sağlanması gibi önemli role de sahiptir (Rincon-Sanchez et al., 1992). Doğal ekosistemlerinde yaşayan balıklarda kas ve karaciğer gibi dokularının yağ asidi profilinin analizi; değerli bilgiler vermektedir (Rodriguez et al., 2004).

PL ve TAG'ün balık metabolizmasında farklı görevleri vardır. PL, membranın önemli bir bileşenidir ve eikosanoitler için öncüdür. TAG ise enerji metabolizmasında kullanılmak üzere depo edilir. Bu yüzden TAG ve PL'nin yağ asidi kompozisyonunu belirlemek önemlidir. Daha önce Atatürk Baraj Gölü'ndeki *C. trutta* (karaca balığı)'nın yağ asidi kompozisyonu ile ilgili çalışma yapılmıştır (Özyılmaz ve Palalı, 2014). Fakat PL ve TAG yağ asidi kompozisyonu üzerine herhangi bir çalışma yoktur. Bu çalışmada Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan dişi *C. trutta* (Heckel, 1843)'nın kas ve karaciğer dokularının total lipit yüzdesi ile total lipit, triaçilgliserol ve fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi içeriğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada kullanılan dişi balık örnekleri mayıs ayında Atatürk Baraj Gölü'nden balıkçı ağı ile toplanmıştır. Çalışılan bölgenin (Belören) coğrafi koordinatları: 37° 38' 21.42" K ve 38° 36' 5.41" D'dir. Su sıcaklığı 19.5 °C olarak ölçülmüştür. 15 adet dişi balığın ortalama total boyları 34 cm, ağırlıkları 448 gram olarak belirlenmiştir. 15 adet *Capoeta trutta*'nın kas ve karaciğer fosfolipit, triaçilgliserol ve total lipit yağ asidi analizleri 3 tekrar halinde yapılarak elde edildi. Her yağ asidi analizi için ortalama 3 gr kas ve karaciğer örneği kullanıldı. Örneklerin karaciğer ve dorsal kasları taze olarak alınıp yağ ağırlıkları saptandıktan sonra; kloroform-metanol (2:1 v/v) karışımına konularak, -20°C'de muhafaza edilmiştir. Kas ve karaciğer dokuları,

kloroform-metanol (2:1 v/v) (Folch et al., 1957) karışımında homojenize edilmiştir. Aşırı doymamış yağ asitlerinin otooksidasyonunu önlemek için ekstraksiyon sistemine, kloroformda % 2 oranında hazırlanan bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) maddesinden 50 µl ilave edilmiştir. Protein, karbonhidrat ve amino asitler gibi lipit olmayan safsızlıklar % 0.88'lik KCI ile yıkanarak uzaklaştırılmıştır. Total lipitler, gravimetrik olarak belirlenmiştir. Örneklerdeki total lipitler, ince tabaka kromatografisi tekniği kullanılmıştır. Bunun için 30 gr silika jel ile 50 ml saf su karıştırılarak hamur haline getirildikten sonra, 20 cm X 20 cm ebatındaki pleytlere ince bir tabaka halinde sürülüp etüvde 100 °C'de bir saat boyunca kurutulmuş, bu süre sonunda etüvden çıkarılan pleytlere havada soğumaya bırakılmıştır. Örneklerin total lipit ekstraktları, pleytlere üzerine tek sıra halinde spotlanmıştır. Total lipitler; petrol eteri-dietil eter-asetik asit (80:20:1) karışımında yürütülmüştür. Pleytlere havada kurutulduktan sonra, 2'7' dikloroflorosein püskürtülerek, lipit fraksiyonları UV lambası altında görülür hale getirilmiştir. Standartlar yardımıyla saptanan fosfolipit ve triaçilgliserol fraksiyonuna ait bantlar kazılarak reaksiyon tüplerine aktarılmıştır. Her fraksiyona, ayrı ayrı 3 ml metanol ve 3-5 damla sülfürik asit damlatılarak 2 saat süreyle geri soğutucu altında 85 °C'de ısıtılmıştır. Böylece yağ asitlerinin, yağ asidi metil esterlerine dönüşümü sağlanmıştır.

Yağ asitleri yüzdelere karşlaştırılmasında SPSS 15 bilgisayar programı uygulanmıştır. Çalışmamızdan elde edilen bütün veriler üç tekrarın ortalamasından elde edilmiştir. Yağ asidi metil esterlerinin gaz kromatografik analizlerinde, üçer numune ayrı ayrı enjekte edilerek aynı yağ asidine ait üç değerin ortalaması alınmıştır. Yağ asidi yüzdelere karşlaştırılması, tek yönlü varyans analizi (Anova) ile yapılmıştır. Total, triaçilgliserol ve

fosfolipitlere ait ortalamalar arası farkı saptamak için Duncan'ın (1955) "Multiple Range" testi kullanılmıştır. Yapılan istatistikler sonucu, veriler p<0.05 düzeyinde olduğu zaman farkların önemli olduğu kabul edilmiştir.

#### Gaz Kromatografi Koşulları:

Yağ asidi metil esterlerine dönüştürülen örneklerin, analizleri HP 6890 model Gaz Kromatografisi cihazında, alev iyonizasyon dedektörü (FID) ve BPX-70 (Bonded % 70 cyanopropyl) (J & W Scientific, Folsom, CA) kapiler kolon (30m x 320 µm (i.d) x 0.250 µm film kalınlığı) kullanılarak yapılmıştır. Dedektör sıcaklığı, 280°C; enjektör sıcaklığı, 270 °C; enjeksiyon: Split oranı 1/20. Gazların akış hızları: Taşıyıcı gaz: Helyum 1.0 mL dk<sup>-1</sup> (sabit akış modeli); hidrojen, 30 mL dk<sup>-1</sup>; hava, 300 mL dk<sup>-1</sup>; Kolon (fırın) sıcaklığı: 130 °C da, bekleme süresi, 1 dakika; 170 °C'ye 6.5 °C dk<sup>-1</sup>; 215 °C'ye 2.75 °C dk<sup>-1</sup>, bekleme süresi, 12 dakika; 230 °C'ye 40 °C dk<sup>-1</sup>, bekleme süresi, 3 dakika; toplam analiz süresi: 38.8 dakika. Yağ asitlerinin teşhisinde, standart olarak yağ asitlerinin metil esterleri karışımı (Sigma-Aldrich Chemicals) kullanılmıştır. Yağ asitleri metil esterlerinin kromatogramları, HP 3365 ChemStation bilgisayar programı ile tespit edilmiştir. Analizi yapılan örneklerin kromatogramındaki pikler, standarttaki bütün yağ asitlerinin metil esterlerinin alıkonma zamanları ile karşılaştırılarak teşhis edilmiştir.

#### BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmamızda, üreme dönemi olan mayıs ayında dişi *C. trutta*'nın kas total lipit miktarı, yaş ağırlığa göre 1.85 g, karaciğerde ise 3.75 g olarak bulunmuştur (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** *Capoeta trutta*'nın dişi bireylerinde kas ve karaciğerindeki total lipit miktarı

Doku Çeşidi	Yaş ağırlığa göre total lipit miktarı (g) (ORT±S.H)*
Kas	1.85±0.45a
Karaciğer	3.75 ±0.51a

\*Her veri 3 tekrarın ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

her sütunda aynı harflerle belirlenen veriler p<0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklıdır.  
S.H.: Standart hata

Yağsız balıklarının karaciğerinde kasa göre fazla çeşitte lipit bulunması, karaciğerin lipit sentezi ve depolanması için başlıca organ olduğunu gösterir (Ackman et al., 2002).

Elazığ Keban Baraj Gölü'nden toplanan *C. trutta*'nın üreme döneminde nisan-ağustos aylarında total lipit miktarı; 1.08-1.88 arasında (Konar ve ark., 1999), Elazığ Hazar Gölü'nden toplanan dişi *C. c. umbla*'nın üreme dönemi sonrası kas total lipit yüzdesi 1.32, karaciğerde ise 1.79 olarak saptanmıştır (Yılmaz ve ark., 1995). Ayrıca, yapılan başka bir çalışmada, Tuzla çayı ve Tercan Baraj Gölü'nde toplanan *C. c. umbla*'nın kas total lipit miktarı %1.5-2.5 arasında bulunmuştur (Aras ve ark., 2009).

Atatürk Baraj Gölü'nden kasım ayında aynı yıl toplanan dişi *C. trutta*'nın kas dokusu total lipit içeriği %2.51 olarak bulunmuştur (Kaçar and Başhan, 2016).

Hem çalışmamızda hem de diğer çalışmalarda (Kozlova and Khotimchenko, 2000; Cejas et al., 2004) karaciğerdeki total lipit miktarının kas total lipit miktarından fazla olması doğaldır. Bu veriler, lipit metabolizmasının yoğun olarak oluştuğu karaciğerin, kastan daha fazla lipit depoladığını gösterir.

Yağ içeriği %5'ten az olanlar yağsız, %5-10 aralığında olanlar orta yağlı, %10'dan fazla olanlar yağlı balık olarak kabul edilmektedir (Ackman, 1990). Buna göre *Capoeta* cinsinden balıkların, diğer birçok tatlı su balığı gibi yağsız olduğu söylenebilir.

Daha önce Atatürk Baraj Gölü'nden kasım ayında (üreme öncesi, %2.51) topladığımız *C. trutta*'da (Kaçar and Başhan, 2016) kas lipit içeriğinin mayıs ayına oranla (üreme dönemi, %1.85) daha fazla olduğu saptanmıştır. Balıkların dokularındaki total yağ oranları, büyüklük ve üreme durumuna göre değişebilir. Çünkü üreme öncesi dönemde kas ve karaciğerde total lipit miktarı artarken üreme döneminde ve sonrasında bu bileşenler, gonatların gelişimi ve yumurtaların olgunlaşmasında kullandıkları için, miktarları azalır (Castell et al., 1972).

Dişi *C. trutta*'nın kas ve karaciğer dokularının total lipitleri ile triaçilgliserol ve fosfolipit fraksiyonlarında; doymuş yağ asitlerinden 16:0, tekli doymamış yağ asitlerinden 16:1n-7 ve 18:1n-9, aşırı doymamış yağ asitlerinden de EPA ve DHA yüzde dağılımında en fazla bulunan bileşenlerdir.

Ackman et al., (1975), 16:0'ın balıklarda anahtar metabolit olduğunu ve miktarının besinden etkilenmediğini belirtmişlerdir. Oleik asit, 16:1n-7 ve AA'in yüksek miktarları tatlı su balıkları için karakteristiktir (Andrade et al., 1995). Arakidonik asidin tatlı su balıklarında yüksek miktarda olmasının nedeni; daha sıcak sulardaki oksijenin eriyebilirliğinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Smith and Miller, 1980). Balıklar, besinsel olarak n-3PUFA'lere daha fazla ihtiyaç duyduklarından, dokularındaki DHA ve EPA miktarları AA'ten fazladır (Rahman et al., 1995). Henderson and Tocher (1987), tatlı su balıklarında 20:5n-3 oranı %1.4-16.3, 22:6n-3 oranının ise % 0.3-30 aralığında olduğunu belirtmişlerdir. EPA ve DHA hem besinlerden sağlanmaktadır, hem de besinlerden sağlanan 18:3n-3'ten desaturasyon ve elongasyon reaksiyonlarıyla da sentezlenebilmektedir. Örneklerimizde EPA ve DHA'in iyi bir oranda olması, bu balıklarda sentezleme yeteneğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Kas ve karaciğerin total lipitlerindeki;  $\Sigma$ DYA ve  $\Sigma$ TDYA miktarları birbirine çok yakın, kasta ise  $\Sigma$ ÇDYA, 22:6n-3 ve 20:5n-3'den dolayı karaciğere oranla daha fazla bulunmuştur.

Daha önce yapılan birçok çalışmada; DYA ve TDYA'lerin sıcak bölge ve mevsimlerde genellikle bol olduğu, ÇDYA'lerin ise soğuk bölge ve mevsimlerde daha fazla olduğu saptanmıştır (Dey et al., 1993). Çalışmamızda da kas ve karaciğer dokusunda DYA ve TDYA'lerin, ÇDYA'lerinden daha fazla olduğu görülmüştür. Kasım ayında aynı balık türü üzerinde yaptığımız çalışmada ise kas dokusunda TDYA'lerinin DYA ve ÇDYA'lerinden daha fazla olduğu saptanmıştır (Kaçar and Başhan, 2016).

Daha önce yapılan çalışmalarda, *Capoetta* cinsi balıkların genellikle total lipitleri fraksiyonları yapılmadan, sadece kas ve karaciğer dokularındaki total lipitlerin yağ asidi analizi yapılmıştır. Örneğin Elazığ Hazar Gölü'nden toplanan *C. c. umbla*'nın üreme dönemi sonrası kas ve karaciğerindeki total yağ asidi analizinde, doymuş yağ asitlerinden 16:0, tekli doymamış yağ asitlerinden 18:1n-9, çoklu doymamış yağ asitleri içinde ise 20:4n-6, 20:5n-3 ve 22:6n-3 asit, yüzde olarak en çok bulunan yağ asitleridir (Yılmaz ve ark., 1995).

Nisan-ağustos aylarında Keban Barajı'ndan toplanan *C. trutta*'nın kas total lipidinde 16:0 ve 18:1n-9 asitlerin çok yüksek oranlarda buldukları, bu yağ asitlerini 22:6n-3, 20:5n-3, 20:3n-6, 18:2n-6, 18:3n-3 ve 22:5n-3 asit gibi bileşenlerin izlediği belirlenmiştir (Konar ve ark., 1999). Eikosapentaenoik asidin oranı, çalışmamızdaki gibi yüksek bulunmuştur.

Tuzla Çayı ve Tercan Baraj Gölü'nden toplanan *C. c. umbla*'nın kas total yağ asidi içeriğinde, doymuş yağ asitlerinden 16:0 (%21.4-24.0), tekli doymamış yağ asitlerinden 16:1n-7 (%4.48-12.85) ve 18:1n-9 (%9.39-11.05), aşırı doymamış yağ asitlerinden 22:6n-3 (%6.13-15.86) bulunmuştur (Aras ve ark., 2009).

Satar et al., (2012) Dicle Nehri'nden yakaladıkları *C. trutta*'nın kas dokusu total yağ asidi bileşimini mevsimsel olarak incelemişlerdir. İlkbaharda 20:5n-3 oranı çalışmamızdan elde edilen verilere yakın iken 22:6n-3 oranı daha yüksek bulunmuştur.

Özyılmaz ve Palalı (2014), Atatürk Baraj Gölü'nden mart ayında yakaladıkları *C. trutta*'nın kas dokusu yağ asidi kompozisyonunda da benzer sonuçlar bulunmuştur.

Atatürk Baraj Gölü'nden topladığımız *C. trutta*'nın total lipitlerin yağ asitleri içeriğinde yüzde dağılımda en fazla bulunan bileşenlerin, yurdumuzda diğer su kaynaklarından toplanan *Capoeta*'lardan elde edilenlere (Yılmaz ve ark., 1995; Konar ve ark., 1999; Aras ve ark., 2009) benzer oldukları görülür. Çalışmamızda farklı

olarak total tekli doymamış yağ asitlerinden 16:1n-7 asidin oranı oldukça yüksek bulunmuştur (kasta %17.56, karaciğerde %18.58). Aslında 16:0 ve 16:1n-7 asitlerin yüksek oranları tatlı su balıkları için geneldir (Ackman, 1967). Balıktaki 16:1n-7 asidinin, besinden geldiği düşüncesindeyiz. *C. trutta*'nın besinlerinin önemli bir kısmını bir tatlı su algi olan *Oscillatoria* ile Diatomeler oluşturmaktadır (Yılmaz ve Solak, 1999). Bu fitoplanktonlar, 16:1n-7 asidi bakımından oldukça zengindir (Ahlgren et al., 1992). Bu bulgu, *C. trutta*'nın yağ asidi içeriğine besinin etki ettiğini gösterir.

Her iki dokuda, depo lipitleri olan triaçilgliserol fraksiyonundaki yağ asitleri karşılaştırıldığında; karaciğerde 16:0, 18:1n-9, 18:2n-6; kasta ise 16:1n-7, 20:5n-3, 22:5n-3 ve 22:6n-3 oranları daha fazla tespit edilmiştir. Kas ve karaciğer dokusunun triaçilgliserol fraksiyonunda; DYA ve TDYA'lerin, ÇDYA'lerinden daha fazla olduğu saptanmıştır.

Araştırmacılar, balıkların, daha çok doymuş ve tekli doymamış yağ asitlerini depo olarak kullandıklarını belirtmişlerdir (Kozlova and Khotimchenko, 2000).

Satar et al., (2012) Dicle Nehri'nden yakaladıkları *C. trutta*'nın kas dokusu TAG fraksiyonunda TDYA'ların oranı daha fazla iken çalışmamızda DYA'lar daha fazladır. Dicle Nehri'ndeki *C. trutta*'nın kas dokusunda TDYA'lardan 18:1n-9'un oranı 16:1n-7'nin oranından daha fazla iken çalışmamızda 16:1n-7'nin miktarı daha fazladır. Kas dokusunda, EPA ve DHA oranı her iki çalışmada da birbirine yakın bulunmuştur. Karaciğer dokusu TAG fraksiyonunda 18:1n-9 miktarı oldukça fazla saptanmıştır. Karaciğer dokusunda 18:2n-6 kas dokusuna oranla çok daha fazla olduğu görülmüştür.

Palmitik asit, 16:1n-7 gibi yağ asitleri, depo lipitlerinde fazla bulunurlar (Ackman, 1967). Verilerimiz de bu sonuçla uyumludur.

Ackman (2002)'a göre, TAG fraksiyonundaki 20:5n-3; 22:6n-3'ten daha fazla bulunur. Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre de hem kas dokusu hem de karaciğer dokusunda 20:5n-3; 22:6n-3'ten daha fazla bulunmuştur.

**Çizelge 2.** Dişi *Capoeta trutta*'nın kas ve karaciğerindeki total lipid, triaçilgliserol ve fosfolipit fraksiyonundaki yağ asitlerinin yüzde içeriği

Yağ asidi	Total		Triaçilgliserol		Fosfolipit	
	Kas (ORT±S.H)*	Karaciğer (ORT±S.H)*	Kas (ORT±S.H)*	Karaciğer (ORT±S.H)*	Kas (ORT±S.H)*	Karaciğer (ORT±S.H)*
10:0	0.03±0.01a <sup>§</sup>	-	0.04±0.01a	0.30±0.02b	-	0.37±0.03a
12:0	0.16±0.09a	-	0.22±0.05a	0.35±0.03b	-	-
13:0	-	-	-	0.51±0.02a	-	1.22±0.01a
14:0	5.50±0.06a	6.18±0.21a	6.95±0.33a	3.12±0.45b	1.14±0.44a	1.29±0.67a
15:0	1.24±0.08a	1.20±0.10a	1.40±0.05a	0.94±0.04b	0.24±0.01a	0.97±0.09b
16:0	20.89±1.22a	22.15±1.45a	24.11±1.04a	27.15±1.00b	25.60±1.56a	22.59±1.66a
17:0	3.28±0.78a	2.91±0.55a	4.05±0.66a	0.36±0.06b	0.63±0.90a	5.19±0.89b
18:0	3.41±0.45a	6.03±0.44b	2.38±0.09a	5.65±0.98b	10.36±1.90a	14.84±1.00b
<b>ΣD.Y.A.</b>	<b>34.52±2.02a</b>	<b>38.47±2.00a</b>	<b>39.15±2.34a</b>	<b>38.38±2.78a</b>	<b>37.97±2.39a</b>	<b>46.47±2.39b</b>
16:1n-7	17.56±1.00a	18.58±1.45a	21.40±1.56a	5.34±0.45b	4.25±0.56a	3.61±0.90a
18:1n-9	16.00±1.08a	17.21±1.20a	11.25±1.28a	33.9±2.09b	16.32±1.87a	19.42±1.06b
20:1n-9	1.07±0.56a	1.34±0.88a	0.15±0.03a	3.27±0.45b	1.07±0.46a	6.82±0.88b
<b>ΣT.D.Y.A.</b>	<b>34.63±2.00a</b>	<b>37.13±2.45a</b>	<b>32.8±2.89a</b>	<b>42.51±2.56b</b>	<b>21.64±1.16a</b>	<b>29.85±1.56b</b>
18:2 n-6	1.89±0.54a	1.27±0.67a	1.44±0.78a	12.57±0.39b	1.90±0.55a	5.08±0.90b
18:3 n-3	1.78±0.90a	1.31±0.49a	2.24±0.29a	1.46±0.30b	0.42±0.02a	1.26±0.44b
20:2 n-6	-	-	-	0.37±0.03a	0.29±0.07a	0.72±0.02b
20:3 n-6	0.69±0.04a	-	0.15±0.02a	1.07±0.02b	0.70±0.01a	6.28±0.38b
20:4 n-6	1.84±0.40a	1.31±0.44a	1.03±0.69a	0.97±0.04a	5.42±0.98a	1.20±0.08b
20:5 n-3	13.68±1.20a	11.68±1.47a	14.44±1.40a	1.07±0.48b	12.17±1.00a	4.86±0.48b
22:5 n-3	3.55±0.49a	3.43±0.22a	3.60±0.13a	0.99±0.04b	3.56±0.89a	0.88±0.08b
22:6 n-3	7.32±1.67a	5.33±0.67b	5.11±0.49a	0.44±0.04b	15.83±1.56a	2.74±0.39b
<b>ΣÇ.D.Y.A.</b>	<b>30.75±2.09a</b>	<b>24.33±2.00b</b>	<b>28.01±2.39a</b>	<b>18.94±1.58b</b>	<b>40.29±2.58a</b>	<b>23.02±2.87b</b>
ω3	26.33	21.75	25.39	3.96	31.98	9.74
ω6	4.42	2.58	2.62	14.98	8.31	13.28
ω3 / ω6	5.95	8.43	9.69	0.26	3.84	0.73

\*Her veri 3 tekrarın ortalamasıdır. Her tekrarda 3 enjeksiyon yapılmıştır.

<sup>§</sup> her satırda aynı harflerle belirlenen veriler p<0.05 olasılık düzeyinde birbirinden farklıdır.

S.H.: Standart hata, D.Y.A.: Doymuş Yağ Asitleri, T.D.Y.A.: Tekli Doymamış Yağ Asitleri,

Ç.D.Y.A.: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri.



Total, Triasilgliserol ve Fosfolipit fraksiyonundaki yağ asidi yüzdeleri kendi içinde değerlendirilmiştir.

Fosfolipit analizinde ise karaciğerde 18:0'dan dolayı total doymuş yağ asitleri; kasta ise 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 ve total doymamış yağ asitleri miktarı daha fazladır (Çizelge 2).

Çalıştığımız balığın kas PL fraksiyonunda, en fazla bulunan ÇDYA, diğer çalışmalarda saptandığı gibi (Henderson and Tocher, 1987) 22:6n-3'tir.

Dicle Nehri'nden yakalanan *C. trutta*'nın kas dokusu PL fraksiyonunda sırasıyla ÇDYA, DYA ve TDYA'ları tespit etmişlerdir (Satar et al., 2012). Bu da bizim çalışma bulgularımıza benzerdir. Karaciğer dokusunda ise en fazla DYA olduğu saptanmıştır. Balık yağlarında bulunan 20:5n-3 ve 22:6n-3 öğrenme yeteneğini arttıran, görmede fonksiyonu olan bileşenlerdir. Eikosapentaenoik asit ve 22:6n-3'ün kalp-damar hastalıkları, artrit, nefrit, deri hastalıkları ve kanser gibi hastalıklar üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır (Steffens and Wirth, 2005). Çalışmamızda 20:5n-3 ve 22:6n-3 oranı yüksek bulunmuştur. Arakidonik asit ve EPA, balık hücrelerinde, birçok fizyolojik işlevin düzenlenmesini sağlayan eikosanoidlerin öncül maddesidir (Bell et al., 1994).

Tekli doymamış yağ asitlerinin; TAG'de daha fazla bulunmasının nedeni, bu bileşenlerin katabolizma olayları için tercihli substrat olarak kullanılmasından kaynaklanabilir (Henderson and Tocher, 1987). Fosfolipit fraksiyonunda; PUFA ve DHA, EPA ve AA gibi yirmi karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinin, TAG'e oranla yüksek miktarda olması, bu yağ asitlerinin membran fosfolipitlerinin bileşenleri olarak önemli olduklarını göstermektedir. Balık lipitlerinin

besleyici değerini belirleyen en önemli parametrelerden biri de n-3/n-6 oranıdır (Piggott and Tucker, 1990). Analizlerimizde kasın total lipitlerinde bu oran 5.95, karaciğerde ise 8.43 olarak bulunmuştur. Tatlısu balıklarında n-3/n-6 oranı genellikle 0.5-3.8 arasındadır (Henderson and Tocher, 1987).

Keban Baraj Gölü'nden toplanan *C. trutta*'da kas total lipidinde n-3/n-6 oranı 2.0-2.56 (Konar ve ark., 1999), Tuzla Çayı ve Tercan Baraj Gölü'nden toplanan *C. c. umbla*'da 0.48-1.14 aralığında (Aras ve ark., 2009), Hazar Gölü'nden toplanan *C. c. umbla* kasında 3.59, karaciğerinde ise 2.07 olarak bulunmuştur. Dicle Nehri'nden toplanan *C. trutta*'da 3.20 (Satar et al., 2012); kasım ayında Atatürk Baraj Gölü'nden yakalanan *C. trutta*'da ise bu oran 4.71 (Kaçar and Başhan, 2016) olarak tespit edilmiştir. Deniz balıklarında total n-3 PUFA tatlı su balıklarında ise total n-6 PUFA daha yüksek çıkmaktadır (Tocher, 2003). *Capoeta* kas total lipitlerinden elde ettiğimiz n-3-/n-6 oranı, n-6 PUFA miktarı düşük bulunduğu için diğer *Capoeta* (Konar ve ark., 1999; Aras ve ark., 2009) ve çoğu tatlı su balıklarından elde edilenlerden daha yüksektir.

## SONUÇ

Sonuç olarak, Atatürk Baraj Gölü'nden topladığımız *C. trutta*'nın kas ve karaciğer lipitlerinde bulunan yağ asitlerinin kalitatif olarak benzer, kantitatif olarak farklı olduğu, balığın kas dokusunda yüksek düzeyde n-3 yağ asitleri içermesi bu balığın besinsel değerini arttırmaktadır.

**TEŞEKKÜR:** Bu çalışma DÜBAP tarafından desteklenmiştir (Proje No: 08-FF07).

## KAYNAKLAR

- Al-Sabti K, Metcalfe CD, 1995. Fish micronuclei for assessing genotoxicity in water. *Mutation Research*, 343: 121-135.
- Ackman RG, 1967. Characteristics of the fatty acid composition and biochemistry of some fresh-water fish oils and lipids in comparison with the marine oils and lipids. *Comparative Biochemistry Physiology*. 22: 907-922.
- Ackman RG, Eaton CA, Linne BA, 1975. Differentiation of freshwater characteristics of fatty acids in marine specimens of the Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*). *Fishery Bulletin*, 73: 838-845.
- Ackman RG, 1990. Seafood lipids and fatty acids. *Food Reviews International*. 6: 617-646.
- Ackman RG, Mcleod C, Rakshit, S, Misra K.K., 2002. Lipids and fatty acids of five freshwater food fishes of India. *Journal of Food Lipids*, 9 (2): 127-145.
- Ahlgren G, Gustafsson IB, Boberg M, 1992. Fatty acid content and chemical composition of freshwater microalga. *The Journal of Physiology*. 28: 37-50.
- Akpınar MA 1987. Ergin olmayan ve ergin sazanların (*Cyprinus carpio* L.) gonatlarında total lipid değişimi. *C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5: 173-190.
- Andrade AD, Rubira AF, Matsushita M, Souza NE, 1995. Omega-3 fatty acids in freshwater fish from South of Brazil. *Journal of American Oil Chemists Society*, 72 (10): 1207-1210.
- Aras NM, Güneş M, Bayır A, Sirkecioğlu AN, Haliloğlu HI, 2009. Tuzla Çayı ve Tercan Baraj Gölü'ndeki *Capoeta capoeta umbla* HECKEL, 1843'nın bazı biyo-ekolojik özellikleri ile total yağ ve yağ asitleri kompozisyonlarının karşılaştırılması. *Ekoloji*, 73: 55-64.
- Atchison GJ, 1975. Fatty acid levels in developing brook trout (*Salvenus fontinalis*) eggs and fry. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32: 2513-2515.

- Bandarra NM, Batista I, Nunes ML, Empis JM, Christie WW, 1997. Seasonal changes in lipid composition of Sardine (*Sardina pilchardus*). Journal of Food Science. 62: 40–42.
- Beckman WC, 1962. The freshwater fishes of Syria, FAO Fish Biol Tech Pap, 8: 1-279.
- Bell JG, Tocher DR, McDonald FM, Sargent JR, 1994. Effect of supplementation with (20:3n-6), (20:4n 6) and (20:5n-3) on the production of prostaglandin-e and prostaglandin-f on the 1-series, 2-series and 3-series in turbot (*Scophthalmus maximus*) brain astroglial cells in primary culture. Biochimica et Biophysica Acta, 1211: 335-342.
- Birch EE, Garfield S, Hoffman DR, Uauy R, Birch DG, 2000. A randomized controlled trial of early dietary supply of long-chain polyunsaturated fatty acids and mental development in term infants. Development Medicine Child Neurology. 42: 174–181.
- Blanc M, Banarescu P, Gaudet JL, Hureau JC, 1971. European inland water fish. A Multilingual Catalogue, FAO Fish. News Ltd. London.
- Castell JD, Sinnhuber RO, Wales JH, Lee DJ, 1972. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdnerii*): Growth, feed conversion and some gross deficiency symptoms. Journal of Nutrition. 102: 77-86.
- Cejas JR, Almansa E, Jerez S, Bolanos A, Samper M, Lorenzo A, 2004. Lipid and fatty acid composition of muscle and liver from wild and captive mature female broodstocks of white seabream, *Diplodus sargus*. Comparative Biochemistry and Physiology, 138 B: 91-102.
- Dey I, Buda C, Wiik H, Halver JE, Farkas T, 1993. Molecular and structural composition of phospholipid membranes in livers of marine and freshwater fish in relation to temperate. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 90: 7498-7502.
- Duncan DB, 1955. Multiple range and multiple F Test, Biometrics, 11: 1-14.
- Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH, 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. The Journal of Biological Chemistry. 226: 497–509.
- Geldiay R, Balık S, 1988. Türkiye Tatlısu Balıkları. E. Ü. Fen Fak. Kit. Ser. 519 sayfa.
- Henderson RJ, Tocher DR, 1987. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. Progress Lipid Research. 26: 281–347.
- Iso H, Rexrode KM, Stampfer MJ, Manson JE, Colditz GA, Speizer FE, Hennekens CH, Willett WC, 2001. Intake of fish and omega-3 fatty acids and risk of stroke in women. The journal of the American Medical Association. 285: 304–312.
- Kaçar S, Başhan M, 2016. Comparison of lipid contents and fatty acid profiles of freshwater fish from the Atatürk Dam Lake. Turkish Journal of Biochemistry. 41(3): 150–156.
- Konar V, Canpolat A, Yılmaz Ö, 1999. *Capoeta trutta* ve *Barbus rajanorum mystaceus*'un kas dokularındaki total lipit ve yağ asidi miktar ve bileşimlerinin üreme periyodu süresince değişimi. Turkish Journal of Biology. 23: 319-330.
- Kozlova TA, Khotimchenko SV, 2000. Lipids and fatty acids of two pelagic cottoid fishes (*Comephorus spp.*) endemic to Lake Baikal. Comparative Biochemistry and Physiology, 126 B: 477-485.
- Leger C, Bergot P, Lukuet P, Flanzly J, Meurot J, 1977. Specific distribution of fatty acids in the triglycerides of rainbow trout adipose tissue. Influence of temperature. Lipids. 12: 538–543.
- Luzia LA, Sampaio GR, Castellucci CMN, Torres EAFS, 2003. The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of Brazilian Fish. Food Chemistry. 83: 93–97.
- Özdemir N, Kabukçu MA, 1982. Keban Baraj Gölü'nde bulunan *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'nın boy-ağırlık ilişkisi, kondüsyon faktörü ve üreme periyodu üzerine araştırmalar, Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 7: 139-150.
- Özyılmaz A, Palalı B, 2014. Atatürk Baraj Gölü'nde Avlanan Bazı Balıkların Et Verimleri, Yağ Seviyeleri ve Yağ Asitleri Bileşenleri. Yunus Araştırma Bülteni. 3: 29-36.
- Piggott GM, Tucker BW, 1990. Effects of technology on nutrition. New York: Marcel Dekker.
- Rahman SA, Huah TS, Hassan O, Daud NM, 1995. Fatty acid composition of some Malaysian freshwater fish. Food Chemistry. 54: 45-49.
- Rincon-Sanchez AR, Hernandez A, Lopez ML, Mendoza-Figueroa T, 1992. Synthesis and secretion of lipids by long-term cultures of female rat hepatocytes. Biology of the Cell. 76: 131-138.
- Rodriguez C, Acosta C, Badia P, Cejas JR, Santamaria FJ, Lorenzo A, 2004. Assessment of lipid and essential fatty acids requirements of black seabream (*Spondyliosoma cantharus*) by comparison of lipid composition in muscle and liver of wild and captive adult fish. Comparative Biochemistry and Physiology. 139 B: 619-629.
- Satar EI, Uysal E, Ünlü E, Başhan M, Satar A, 2012. The effects of seasonal variation on the fatty acid composition of total lipid, phospholipid, and triacylglycerol in the dorsol muscle of *Capoeta trutta* found in the Tigris River (Turkey). Turkish Journal of Biology. 36: 113-123.
- Shirai N, Suzuki H, Tokairin S, Wada S, 2001. Spawning and season affect lipid content and fatty acid composition of ovary and liver in Japanese catfish (*Silurus asotus*). Comparative Biochemistry Physiology Part B, 129:185–195.
- Smith MW, Miller NGA, 1980. In animals and environmental Fitness, Ed. R. Giles. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Steffens W, Wirth M, 2005. Freshwater fish-an important source of n-3 polyunsaturated fatty acids. Archives of Polish Fisheries. 13 (1): 5-16.
- Suzuki H, Tamura M, Wada S, Crawford MA, 1995. Comparison of docosahexaenoic acid with eicosapentaenoic acid on the lowering effect of endogenous plasma cholesterol in adult mice. Fisheries Science. 61: 525–526.
- Suzuki H, Park SJ, Tamura M, Ando S, 1998. Effect of the long-term feeding of dietary lipids on the learning ability, fatty acid composition of brain stem phospholipids and synaptic membrane fluidity in adult mice: a comparison of sardine oil diet with palm oil diet. Mechanisms of Ageing and Development. 101: 119–128.
- Tocher DR, 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. Fisheries Science. 11: 107-184.
- Ünlü E, 1991. Dicle Nehrinde yaşayan *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'nın biyolojik özellikleri üzerinde çalışmalar. Doğa Turkish Journal of Zoology. 15: 22-38.
- Yılmaz Ö, Konar V, Çelik S, 1995. Elazığ Hazar Gölü'ndeki *Capoeta capoeta umbla*'nın dişi ve erkek bireylerinde bazı dokularının total lipit ve yağ asidi bileşimleri. Biyokimya Dergisi. 20: 31-42.
- Yılmaz F, Solak K, 1999. Dicle Nehrinde yaşayan *Capoeta trutta* (Heckel;1843)'nın beslenme organizmaları ve bu organizmaların aylara ve yaşlara göre değişimleri. Turkish Journal of Zoology. 23: 973-978.

## Geleneksel ve Azaltılmış Toprak İşleme Şartlarına Bağlı Olarak Bazı Toprak Özelliklerinin Belirlenmesi

Emrah KUŞ<sup>1</sup>, Yıldırım YILDIRIM<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, geleneksel ve azaltılmış toprak işleme yöntemleri ile toprak işleme öncesi şartlara bağlı olarak toprağın nem içeriği, toprak direnci, toprağın hacim ağırlığı ve toprak porozitesi değerleri saptanmıştır. Ayrıca geleneksel ve azaltılmış toprak işleme yöntemlerine bağlı olarak toprak parçacık büyüklük dağılımı, toprak parçacıklarının ortalama ağırlıklı çapı ve tarla yüzey pürüzlülük oranının değişimi belirlenmiştir. Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, en düşük hacim ağırlığı ve en yüksek porozite değerleri azaltılmış toprak işleme yönteminde elde edilmiştir. Toprak işleme yöntemi, pürüzlülük oranını çok önemli düzeyde ( $P<0.01$ ) etkilemiştir. Ortalama ağırlıklı çap bakımından geleneksel toprak işleme yönteminde daha büyük çaplı parçacıklar elde edilmiştir. Toprak işleme yönteminden kaynaklanan toprağın sıkışma oranı, genel olarak azaltılmış toprak işleme yönteminde daha fazla artış göstermiştir. En düşük penetrasyon direnci değeri 0.08 MPa ile azaltılmış toprak işleme, en büyük değer ise 2.56 MPa ile işlenmemiş alanda elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hacim ağırlığı, penetrasyon direnci, yüzey pürüzlülük oranı, toprak işleme, toprak parçacık büyüklüğü

## Determination of Some Soil Characteristics Depending on Conventional and Reduced Tillage Circumstances

**ABSTRACT:** In this study, moisture content of soil, soil resistance, bulk density of soil, and soil porosity values were identified depending on circumstances before tillage process by conventional and reduced tillage methods. Distribution of soil particle size, mean weight based diameter of soil particles, and the change in roughness rate of field surface were also determined based on traditional and reduced tillage methods. Trials were conducted according to factorial regulation in randomized parcels. According to results of the study, the lowest bulk density and the highest porosity were obtained from reduced tillage method. Tillage method very significantly ( $P<0.01$ ) influenced roughness rate. Particles with greater diameter were obtained in conventional tillage method in terms of mean weighted diameter. Compression ratio of soil arising from tillage method generally increased more in reduced tillage method. The lowest penetration resistance was obtained in reduced tillage with 0.08 MPa, the highest value was obtained in the uncultivated area with 2.56 MPa.

**Keywords:** Bulk density, penetration resistance, roughness rate, soil particle size, soil tillage

<sup>1</sup> Emrah KUŞ (0000-0001-6880-5591), İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, İğdır, Türkiye

<sup>2</sup> Yıldırım YILDIRIM (0000-0002-2497-119X), Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği, Erzurum, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Emrah KUŞ, emrah.kus@igdir.edu.tr

## GİRİŞ

Toprak işleminin temel amacı toprağın yapısını değiştirmektir (Raney and Zingg, 1957). Bu nedenle toprak işleme, üretim teknolojisine adapte olan toprağın üst katmanına uygulanan mekanik etkilerin bir dizisi olarak tanımlanır (Krause et al., 1984). Toprağın yapısının değiştirilmesiyle direnci düşen toprak parçacığı, rüzgar ve su ile erozyona uğrayabileceği gibi, tohumun çimlenmesi ve kültür bitkisinin büyümesi için gerekli şartların bitki lehine oluşmasını da sağlayabilmektedir (Ülger ve ark., 2002).

Doğal veya kültürel işlemlerin etkisi sonucunda yapısı değişen toprak, birçok faktörün etkisinde kalarak farklı tarla yüzeylerinin oluşmasına ve toprağın fiziksel özelliklerinin değişmesine neden olmaktadır. Toprak işleme alet ve makinasının da etki ettiği bu durum toprağın dinamik özelliğidir (Guillobez and Arnaud, 1998). Toprağın bu özelliği ile bitkinin çimlenmesini ve gelişimini etkileyen toprak yüzey pürüzlülüğü, hacim ağırlığı, porozite, toprak parçacık büyüklüğü ve penetrasyon direnci değişebilmektedir. Yapılan bir çalışmada farklı toprak işleme sistemlerinin, toprağın nem içeriği, hacim ağırlığı, penetrasyon direnci, toprak parçacığının ortalama ağırlıklı çapı ve yüzey pürüzlülüğü üzerine farklı etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Çarman, 1997).

Toprağın kuru veya çok nemli olması iyi bir toprak işlemeye engeldir. Çünkü toprak işlemede yüzey şartlarını ve agregat yapısını etkileyen en önemli faktör toprak nem içeriğidir (Lyles and Woodruff, 1962; Ojeniyi and Dexter, 1979). Hem kuru hem de nemli toprakların işlenmesinde iyi bir parçalanmanın gerçekleşmemesi toprak parçacık büyüklüğünün artmasına neden olmaktadır (Ülger ve ark., 2002).

Toprağın yüzey pürüzlülüğü, doğal veya kültürel işlemlerden dolayı yüzeyde meydana gelen değişimin sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Toprak yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli etmenlerden biri toprak işleme aletidir. Romkens and Wang (1987) toprak işleme aletinin, toprağın yüzey düzgünlüğünü sağlamada, tohum yatağı hazırlamada, erozyonu ve yağışlarla gelen su akışını kontrol etmede önemli bir faktör olduğunu bildirmişlerdir.

Hacim ağırlığı ve porozite yine toprak işlemeyle değişebilen parametrelerdir. Bu iki parametre birbiriyle zıt bir ilişki içerisinde. Birinin artması diğerinin azalması anlamına gelmektedir. Toprak porozitesinin değişmesiyle, toprağın en önemli fiziksel özelliklerinden olan su tutma kapasitesi, su geçirgenliği, kapillarite ve ısınma niteliği değişebilmektedir (Ülger ve ark., 2002). Çarman, (1997) hacim ağırlığı ve porozitenin toprak işleme aletine göre değiştiğini bildirmiştir. Bauder et al. (1985) ise 22 cm derinlikte toprak işleme sisteminin porozite ve nem içeriğine herhangi bir etkisinin olmadığını, ancak toprak işleme ve tarladaki araç trafiğinin hacim ağırlığı ve penetrasyon direncine önemli ölçüde etki yaptığını bildirmişlerdir. Erbach (1987) işlenmiş topraklarda hacim ağırlığının genel olarak 0.9 – 1.8 Mg m<sup>-3</sup> arasında değiştiğini bildirmiştir.

Toprak işleme aleti ve toprağın işleyiş özelliğine göre değişen toprak parçacık büyüklüğü ve sıkışma durumu; toprağın havalanmasını, tohum ile temasını, su tutma kapasitesini, çimlenmeyi ve bitki kök gelişimini etkilemektedir. Bouaziz and Bruckler (1989) toprağın parçalanma oranına etkili faktörleri, toprak tipi, işleme zamanındaki nem içeriği, toprak işleme aletinin tipi ve özellikleri ve tarla trafiği olarak belirtmişlerdir. Tarladaki araç trafiğinin neden olduğu sıkışma, topraktaki gözenek dağılımını, havalanmayı, mekanik direnci ve bitkinin gelişimini olumsuz etkilemektedir (Richard et al., 2001; Zhang et al., 2006). Önal (2011) toprak sıkışmasının önlenmesi için geleneksel toprak işleme yerine koruyucu toprak işleme sistemlerinin kullanılarak tarladaki araç trafiğinin azaltılması gerektiğini bildirmiştir.

Toprak agregatlarının parçalanma düzeyi, toprağın kuru veya yaş olmasına bağlı olduğu gibi toprak işleme aletine bağlı olarak da değişebilmektedir. Lal ve ark., (1994) azaltılmış toprak işlemeyle elde edilen toprak agregasyonunun geleneksel toprak işlemeyle elde edilenden daha iyi olduğunu bildirmişlerdir. Çarman (1997) farklı toprak işleme aletleriyle yaptığı çalışmada en küçük ortalama ağırlıklı çap ve yüzey pürüzlülüğünün yatay milli freze ile elde edildiğini bildirmiştir. Dan (1963) toprak kuru iken yapılan işlemede ortalama ağırlıklı çapın düştüğünü, Harris et al., (1966) ise topraktaki belirli bir nem düzeyinin toprak parçacıklarına olumlu etki yaptığını belirtmişlerdir. Ayrıca Adam and Erbach (1992) düşük ve yüksek nem değerlerinde toprak parçacık boyutlarının arttığını

saptamışlardır. Lyles and Woodruff (1962) ise toprak işleme esnasındaki toprak nem oranının, parçacık oluşumu üzerinde büyük etkisinin olduğunu; düşük nem oranının, yüksek nem oranına göre daha fazla dirence sahip toprak parçacıklarının oluşmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Toprak parçacık büyüklüğü ile ilgili farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, en iyi bitki gelişimi, 1-10 mm çap aralığındaki toprak parçacık boyutlarıyla oluşturulan tohum yatağında elde edilmektedir (Johnson and Taylor 1960; Russell 1961; Jain and Agrawal 1970; Ahmad 1983; Logsdon et al. 1987; Adam and Erbach 1992; Braunack, 1995; Ülger ve ark, 2002).

Geleneksel toprak işlemenin temel aleti olan pulluk, azaltılmış toprak işlemede kullanılan aletlere göre, daha fazla enerji gereksinmesi, toprak nem kaybının yüksek olması ve tarla yüzey pürüzlülüğünün fazla olması gibi dezavantajlarına rağmen ülkemizde halen yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle geleneksel ve azaltılmış

toprak işleme yöntemlerinde kullanılan bazı toprak işleme aletlerinin toprağa olan etkileri sonucunda, toprağın bazı fiziksel özelliklerinin değişimi ile ilgili karşılaştırmalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Araştırma Alanı Özellikleri

Araştırma Erzurum ilinde, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Yayım Merkezi Müdürlüğü Üretim Alanı'nda (39°54' Kuzey ve 41°13' Doğu, rakım 1890 m) 2011 ve 2012 üretim periyodunun mayıs ve haziran aylarında yürütülmüştür. Mayıs ve haziran aylarının sıcaklık, yağış ve nem değerleri Çizelge 1'de verilmiştir (Anonim, 2013). Araştırma alanları tarla I (2011) ve tarla II (2012) olarak adlandırılmıştır. Bu alanlarda önceki yıl herhangi bir işlem yapılmamıştır. Araştırma alanlarına ait bazı toprak özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Araştırma bölgesine ait bazı ortalama iklim verileri

	Mayıs		Haziran	
	2011	2012	2011	2012
Yağış, mm	113	80	61	9
Sıcaklık, °C	10	11	15	16
Nem, %	70	68	63	58

**Çizelge 2.** Araştırma alanlarına ait bazı toprak özellikleri

Toprak Özellikleri	Tarla I	Tarla II
Kum (%)	39.23	39.11
Kil (%)	35.36	37.80
Silt (%)	25.41	23.09
Tekstür sınıfı	Tın	Tın
pH (%)	7.26	7.62
Organik madde (%)	0.73	1.01

### Denemelerin Düzenlenmesi ve Yürütülmesi

Araştırmada, toprak fiziksel özelliklerinin etkilerini belirlemek için gerçekleştirilen toprak işleme yöntemleri aşağıda verilmiştir. (Şekil 1);

- Geleneksel toprak işleme (GTİ), kulaklı pulluk + diskli tırmık + sürgü
- Azaltılmış toprak işleme (ATİ), dikey rotorlu freze + dönel tırmık



Şekil 1. Toprak işleme yöntemleri; pulluk (a), diskli tırmık ve sürgü (b), dik freze ve dönel tırmık (c)

Denemeler, tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Her bir tarla, boyu 40 m ve genişliği 3 m olan 54 parselde bölünmüştür. Bu parsellerin 27'sinde geleneksel, diğer 27'sinde ise azaltılmış toprak işleme yapılmıştır. Toprak işleme derinliği, geleneksel yöntemde 25 cm, azaltılmış yöntemde ise 12 cm olarak gerçekleştirilmiştir.

#### Toprağın Fiziksel Özellikleri

Toprak işleme aletlerinden etkilenen toprağın, parçacık büyüklük dağılımını belirlemek için elek analizi yapılmıştır (Şekil 2). Toprak işlemeden hemen sonra, geleneksel toprak işleme parsellerinden 0-20 cm ve azaltılmış toprak işleme parsellerinden ise 0-10 cm derinlikten kürek yardımıyla üç tekerrürlü olarak alınan toprak örnekleri laboratuvar ortamında yaklaşık 3 ay süreyle kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan örnekler delik çapları 63, 32, 16, 8, 4, 2 ve 1 mm olan elek

grubuyla elenerek, toprak örnekleri 8 ayrı fraksiyona ayrılmıştır (Anonymous 1974; Skidmore and Layton 1992; Eghball et al., 1993). Eleme işleminde titreşim süresi ve frekansı ayarlanabilen mekanik EFE-2001 S marka elek sarsıcı kullanılmıştır (Eghball et al., 1993). Ön denemeler gerçekleştirilerek toprak örneklerinin ufalanmaması ve geçmesi gereken parçacıkların elek üstünde kalmaması için titreşim frekansı 20 Hz ve eleme süresi 120 s olarak belirlenmiştir. Eleme işleminden sonra her bir tekerrüre ait tartım miktarlarının yüzde değerleri hesaplanmıştır. Toprak parçacık büyüklüklerinin oransal dağılımı, iyi bir bitki çıkışı ve gelişiminin sağlandığı çap aralığı dikkate alınarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca tüm çap gruplarını bir arada değerlendirme olanağı veren toprak parçacıklarının ortalama ağırlıklı çap değerleri Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır (Adam and Erbach, 1992).



Şekil 2. Toprak örnekleri ve elek sarsıcı

$$MWD = \sum x_i \cdot w_i \quad (1)$$

MWD : Toprak parçacıklarının ortalama ağırlıklı çapı, mm

$x_i$  : Eleme işleminde ayrılan  $i$ 'nci partikül büyüklük grubunun ortalama çapı, mm

$w_i$  : Analiz edilen örneğin  $i$ 'nci ölçü bölgesindeki parçacıkların ağırlığı, g

Toprak hacim ağırlığı ve porozitesinin belirlenmesinde hacmi 100 cm<sup>3</sup> olan toprak alma silindirlerinden faydalanılmıştır. Bu silindirler ile her parselden 0-5, 5-10 ve 10-15 cm derinliklerden üç tekerrürlü olarak toprak örnekleri alınmıştır. Toprak

örneklerinin yaş ve fırın kuru ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır. Toprak örneklerinin net kuru ağırlıkları dikkate alınarak hacim ağırlığı ve porozite değerleri aşağıda verilen Eşitlik 2 ve 3 yardımıyla hesaplanmıştır (Erbach, 1987).

$$P_b = \frac{W_k}{V} \quad (2)$$

$$PO = \left( 1 - \left( \frac{P_b}{P_p} \right) \right) \cdot 100 \quad (3)$$

Eşitlikte;

$P_b$  : Hacim ağırlığı, g cm<sup>-3</sup>

$W_k$  : Fırın kuru ağırlık, g

$V$  : Örnek alma silindirinin hacmi, cm<sup>3</sup>

PO : Porozite, %

$P_p$  : Toprağın özgül ağırlığı, 2.65 g cm<sup>-3</sup>

Toprak penetrasyon direncinin ölçülmesinde, koni uç açısı 60° olan analog göstergeli, Eijkelkamp marka bir penetrometreden yararlanılmıştır. Penetrometre, 50 cm boyundaki dört adet uzatma milinden oluşup, 5'er cm bölümlere ayrılarak 100 cm derinliğe kadar ölçüm yapabilmektedir. Farklı toprak sertliklerini ölçebilmek için koni taban alanı, 1, 2, 3.33 ve 5 cm<sup>2</sup> olan ve kN

olarak ölçüm yapan dört farklı uç bulunmaktadır. Toprak penetrasyon direncini saptamak için toprak işlemeden önce ve sonra, 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 ve 20-25 cm derinliklerde, 1 cm<sup>2</sup> koni taban alanına sahip uç ile ölçümler yapılmıştır (Say ve Işık, 1996; Şeker, 1999). Elde edilen veriler değerlendirilerek toprak penetrasyon dirençleri belirlenmiştir (Eşitlik 4).

$$PD = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Eşitlikte;

PD : Penetrasyon direnci, kN cm<sup>-2</sup>

F : Penetrometre göstergesinden okunan değer, kN

A : Uç koni taban alanı, cm<sup>2</sup>

Tarla yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesinde yaygın olarak zincir ve profilograf yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada daha pratik ve uygulanabilirliği kolay olan zincir yönteminden faydalanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğünü belirlenmesinde

$$R = \left( 1 - \left( \frac{L_2}{L_1} \right) \right) \cdot 100$$

(5)

Eşitlikte;

R : Yüzey pürüzlülüğü, %

$L_1$  : Düz yüzeydeki zincir uzunluğu, cm

$L_2$  : Pürüzlü yüzeydeki zincir uzunluğu, cm

Toprak nem değerlerinin belirlenmesinde nem değerini yüzde (%) olarak veren TDR 300 (Time Domain Reflectometry) nem ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihazın göstergesinde kullanılan prob boyu, ölçüm sayısı, anlık nem ölçüm değeri ve ortalama nem değeri yüzde (%) olarak verilmektedir. TDR 300 cihazı 12 ve 20 cm uzunluklarında iki ölçüm probuna sahiptir. Nem ölçümleri, 12 cm'lik prob kullanılarak her parselden dört tekerrürlü olacak şekilde iki günde bir gerçekleştirilmiştir.

### İstatistiksel Yöntem

Her bir parametre için elde edilen hesap değerlerine, SPSS paket programında varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri uygulanmıştır. Bu testler sonucunda, azaltılmış ve geleneksel toprak işleme yöntemlerinin, toprağın nem içeriği, penetrasyon direnci, hacim ağırlığı, porozitesi, agregat büyüklüğü ve tarla yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı toprak işleme yöntemlerinin hacim ağırlığı üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, toprak işlemeden önce ve sonra 0-5, 5-10 ve 10-15 cm derinliklerde yapılan ölçümlerden elde edilen değerlere uygulanan varyans analizi testinde toprak

özellikleri belli olan bir zincir kullanılmıştır (Saleh, 1993). Ölçümler toprak işlemeye dik yönde ve her parselden 4 tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Her bir tekerrüre ait ölçüm değerleri Eşitlik 5'te kullanılarak pürüzlülük oranı belirlenmiştir.

işleme yönteminin hacim ağırlığı üzerindeki etkisi önemli ( $P < 0.05$ ) bulunmuştur. Gruplar arasındaki farklılığı ortaya koymak amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 3'te, bu değerlerin değişimi ise Şekil 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3'e göre, tarla I'de bütün ölçüm derinliklerinde, tarla II'de ise 0-5 cm'de yapılan ölçümlerde, toprak işleme öncesinde (TİÖ) elde edilen hacim ağırlığı değerleri ile GTİ yönteminden elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak fark yoktur. İki tarlada da 0-5 cm derinlikte ATİ'den elde edilen değerlerin, TİÖ ve GTİ'den elde edilen değerlerden istatistiki olarak farklı olduğu tespit edilmiştir. Tarla I'de 5-10 cm ve 10-15 cm ölçüm derinliklerinde, TİÖ ve GTİ hacim ağırlığı değerleri ile GTİ ve ATİ hacim ağırlığı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmazken, TİÖ ile ATİ değerleri arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. Tarla II'de ise 5-10 cm ve 10-15 cm ölçüm derinliklerinde TİÖ ile GTİ ve TİÖ ile ATİ değerleri arasındaki farkın önemli, GTİ ve ATİ değerleri arasındaki farkın ise önemsiz olduğu saptanmıştır. 10 cm'den sonra tarla I'de ATİ'de elde edilen hacim ağırlığı değerlerinin GTİ'deki hacim ağırlığı değerlerine yakın, tarla II'de ise geçtiği görülmektedir (Şekil 3). Bu durum ATİ'de 10 cm derinlikten sonra toprağın işlenmemiş olabileceği bilgisini vermektedir.



**Çizelge 3.** Toprak işleme yöntemlerine bağlı olarak hacim ağırlığı değerleri ( $\text{g cm}^{-3}$ )

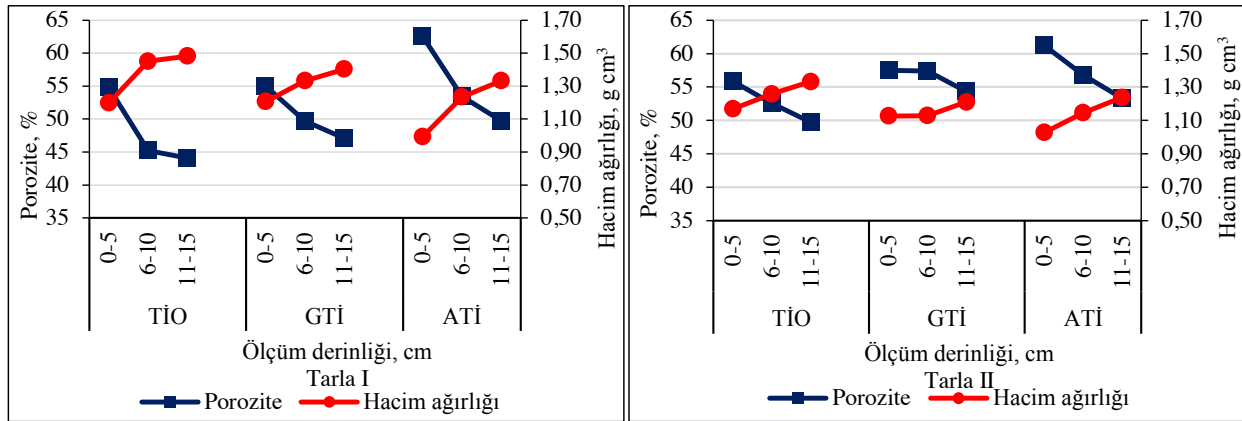
Toprak İşleme Yöntemi	Tarla I			Tarla II		
	Ölçüm derinliği, cm			Ölçüm derinliği, cm		
	0-5	5-10	10-15	0-5	5-10	10-15
TİÖ**	1.20a*	1.45a	1.48a	1.19a	1.28a	1.35a
GTİ	1.18a	1.33ab	1.40ab	1.13a	1.13b	1.21b
ATİ	0.99b	1.25b	1.33b	1.03b	1.14b	1.24b

\* : Herbir ölçüm derinliğinde toprak işleme yöntemlerinde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklar  $P < 0.05$  olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemsizdir

\*\* : TİÖ: Toprak işleme öncesi, GTİ: geleneksel toprak işleme, ATİ: azaltılmış toprak işleme

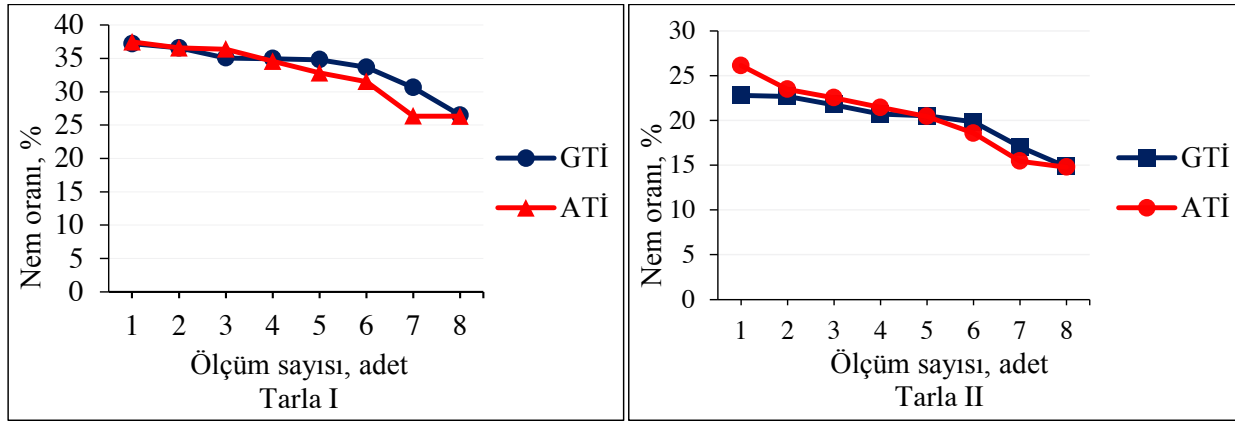
Bilindiği üzere hacim ağırlığı değerlerinin artması topraktaki boşluk oranının (porozite) azalmasına neden olur. Deneme alanlarında hacim ağırlığı değerlerinin artmasına bağlı olarak porozite değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Buna göre toprak işleme öncesi yapılan ölçümlerde hacim ağırlığı daha yüksek olduğu için porozite değerleri en düşük değerlerde gerçekleşmiştir. Daha yumuşak

ve gevşek bir tarla toprağının bırakıldığı azaltılmış toprak işlemede ise en yüksek porozite değerleri elde edilmiştir. Ancak ölçüm derinliğinin 10 cm ve üzerinde olması durumunda porozite değerleri, geleneksel toprak işlemeden elde edilen değerlerin altında kalmıştır. Azaltılmış toprak işlemede toprak işleme derinliğinin az olması bu durumun ortaya çıkmasına neden olmuştur.

**Şekil 3.** Hacim ağırlığı ve porozite değerlerinin değişimi

GTİ ve ATİ deneme alanlarında ölçülen nem değerlerinin değişimi Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 4'e göre, tarla I'de ölçülen nem değerlerinin geleneksel ve azaltılmış toprak işleme şartlarında başlangıç ve bitiş ölçümlerinde birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir. Başlangıçta her iki toprak işleme yönteminde çok yakın değerler ile azalış gösteren nem değerlerinde, 4. ölçümden sonra azaltılmış toprak işleme şartlarında daha fazla azalış gerçekleşmiştir. Nem değerlerinde başlangıç ölçümü ile bitiş ölçümü arasında meydana gelen azalış oranı, geleneksel toprak işlemede yaklaşık %29 iken, azaltılmış toprak

işlemede yaklaşık %30 oranında tespit edilmiştir. Tarla II'de ise, başlangıç nem değerleri azaltılmış toprak işlemede daha fazla iken, son nem ölçümlerinde bu değerler birbirine çok yakın değerlerde ölçülmüştür. Nem değerlerinde başlangıç ölçümü ile bitiş ölçümü arasında meydana gelen azalış oranı GTİ'de yaklaşık %35 iken, ATİ'de yaklaşık %43 oranında gerçekleşmiştir. Azaltılmış toprak işlemede daha fazla gerçekleşen nem kaybının, geleneksel toprak işlemeye göre daha gevşek bir toprağın oluşması ve daha yüksek olan boşluk oranı (porozite) değerlerinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. Nem değerlerinin değişimi

Toprak işleme yönteminin penetrasyon direncine olan etkisini belirlemek için 0-25 cm arasında beş farklı derinlikte yapılan ölçüm değerlerine varyans analizi testi uygulanmıştır. Bu testin sonucuna göre, tarla I'de toprak işleme yöntemi etkisinin 0-5 cm derinlikte çok önemli ( $P<0.01$ ), 5-10 cm'de önemli ( $P<0.05$ ), 10-15, 15-20 ve 20-25 cm derinliklerde ise önemsiz ( $P>0.05$ ) olduğu tespit edilmiştir. Tarla II'de ise toprak işleme yöntemi etkisinin bütün derinliklerde yapılan ölçümlerde çok önemli ( $P<0.01$ ) olduğu saptanmıştır. Derinlikler arasında fark olup olmadığını belirlemek için yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4'te, bu değerlere ilişkin grafik ise Şekil 5'te gösterilmiştir.

Bütün muamelelerde ölçüm derinliğinin artmasıyla penetrasyon direnci artmıştır. Tarla I'de 0-10 cm arasında yapılan ölçümlerde TİÖ ile GTİ değerleri arasında, 10 cm derinlikten sonra ise TİÖ, GTİ ve ATİ değerleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı saptanmıştır. Ölçüm derinliği 0-5 ve 5-10 cm iken ATİ'de elde edilen değerlerin istatistiksel olarak diğer yöntemlerden hem farklı olduğu hem de toprak direncinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Tarla II'de geleneksel ve azaltılmış toprak işleme yöntemlerinde yapılan penetrasyon direnci değerleri arasında istatistiksel olarak herhangi bir fark saptanmazken, TİÖ'de yapılan ölçümlerin, GTİ ve ATİ'den farklı olduğu belirlenmiştir.

Ölçüm derinliğinin artmasıyla penetrasyon direncinde en büyük artış oranı ATİ'de gerçekleşmiştir. Bununla birlikte 0-25 cm ölçüm aralığındaki derinliklerde en yüksek penetrasyon direnci değerleri bütün muamelelerde toprak işleme öncesinde elde edilmiştir. Hacim ağırlığı değerlerinde olduğu gibi

burada da 10 cm derinlikten sonra ATİ'de elde edilen penetrasyon direnci değerlerinin GTİ'de elde edilen değerlerden daha büyük olduğu belirlenmiştir. Bu farkın nedeninin ATİ'de yüzeye yakın derinliklerde (0-10 cm) yumuşak topraktan dolayı düşük penetrasyon, alt derinliklerde (10-25) ise işlenmemiş toprağın neden olduğu yüksek penetrasyondan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca traktör-freze ikilisinin ağırlığından dolayı 10 cm'nin altındaki tabakada sıkışıklığa katkı yaptığı düşünülmektedir. Şeker ve Işıldar (2000), traktör tekerleği ile sıkıştırma sonucunda penetrasyon direnci değerlerinin 10 cm'den sonraki derinlikte artış olduğunu saptamıştır. Ayrıca sığ derinliklerde saptanan düşük toprak penetrasyon değerleri düşük hacim ağırlığının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber deneme alanlarında yapılan bütün ölçümlerde penetrasyon direnci değerlerinin Busscher and Sojka (1987) tarafından bildirilen 3 MPa sınır değerinin altında kaldığı saptanmıştır.

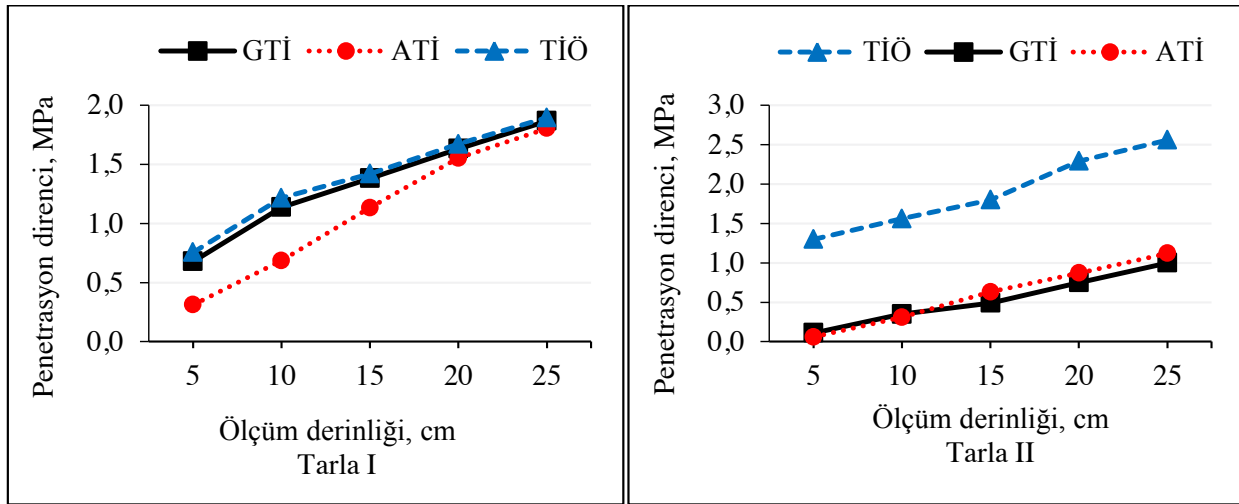
Şekil 5'te verilen penetrasyon direncine ait grafiklere göre, deneme alanlarında en yüksek penetrasyon direnci değerleri TİÖ'de elde edilmiştir. Tarla I'de TİÖ ve GTİ değerleri, tarla II'de ise GTİ ve ATİ değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Tarla II'de ise başlangıçta geleneksel toprak işlemede belirlenen değerler azaltılmış toprak işlemeye oranla daha yüksek iken, 10 cm ölçüm derinliğinden sonra azaltılmış toprak işlemede belirlenen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Tarla I'de, özellikle toprak işleme öncesi ve geleneksel toprak işleme ile elde edilen penetrasyon direnci değerlerinin birbirine çok yakın olması, toprak işlemeden sonra ve penetrasyon direnci ölçümünden önce yağın yağmurla meydana gelen toprak sıkışıklığından

kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca Şeker (1999) yüksek porozite değerlerinin penetrasyon direncini azalttığını bildirmiştir. Bu çalışmada da porozite değerlerinin artmasıyla penetrasyon direncinin azalması belirtilen sonuçlar tarafından desteklenmektedir.

**Çizelge 4.** Farklı toprak işleme yöntemlerine bağlı olarak penetrasyon direnci değerleri (MPa)

Ölçüm Derinliği, cm	Tarla I			Tarla II		
	TiÖ	GTİ	ATİ	TiÖ	GTİ	ATİ
0-5	0.76a*	0.73a	0.17b	1.30a	0.13b	0.08b
5-10	1.00a	0.97a	0.68b	1.56a	0.39b	0.49b
10-15	1.37a	1.28a	1.27a	1.80a	0.50b	0.83b
15-20	1.67a	1.41a	1.92a	2.29a	0.74b	1.06b
20-25	1.89a	1.64a	2.17a	2.56a	1.00b	1.36b
0-25 cm Artış Oranı, %	148.7	124.7	1176.5	96.9	669.2	1600

\*: Her bir ölçüm derinliğinde toprak işleme yöntemlerinde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklar P<0.05 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemsizdir.



**Şekil 5.** Toprak penetrasyon direncinin değişimi

**Çizelge 5.** Toprak parçacıkları (agregatları) büyüklük dağılımları

Toprak İşleme Yöntemi	Parçacık çap gruplarına göre dağılım oranları (%)							
	Tarla I				Tarla II			
	<1 mm	1-8 mm	>8 mm	MWD**	<1 mm	1-8 mm	>8 mm	MWD
GTİ	11.57b*	14.26b	74.17a	33.05	20.45b	21.68b	57.88a	23.81
ATİ	17.82a	18.66a	63.53b	23.95	30.97a	35.69a	33.35b	9.96

\* : Her bir çap grubunda toprak işleme yöntemlerinde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklar P<0.05 olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemsizdir.

\*\* : Toprak parçacıklarının ortalama ağırlıklı çapı

Toprak işleme aletinin toprağı parçalama derecesini belirlemek için eleme işleminden sonra elde edilen % değerlere uygulanan varyans analizi testinde, toprak işleme aletinin toprağın parçalanmasına çok önemli ( $P<0.01$ ) düzeyde etki ettiği belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde bitki gelişimi için en uygun agregat çap aralığı 1-10 mm arası kabul edilebilir. Bu çalışmada çapı 8 mm'den küçük olan agregat oranı tarla I'de, GTİ ve ATİ'de sırasıyla %26 ve %36 iken, tarla II'de, sırasıyla %42 ve %67'dir (Çizelge 5). Bitki gelişimine uygun parçacıkların tarla II'de daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu

durum ortalama ağırlıklı çap (MWD) değerlerini etkilemiştir. Örneğin, MWD değerlerinin tarla I'de daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca, MWD değerleri, 8 mm'den büyük çaplı agregat oranlarının fazla olması nedeniyle ATİ'ye oranla GTİ'de daha yüksek değerlerde bulunmuştur. İki denemede de en küçük MWD değerleri azaltılmış toprak işleme yönteminde saptanmıştır. Yatay frezenin, kulaklı pulluğa göre daha küçük toprak agregatları meydana getirdiğinin daha önce yapılan çalışmalarda bildirilmesi bu araştırmanın sonuçlarını desteklemektedir (Adam and Erbach, 1992; Çarman, 1997; Yavuzcan, 2000).

**Çizelge 6.** Toprak işleme yöntemlerine bağlı olarak pürüzlülük oranı değerleri (%)

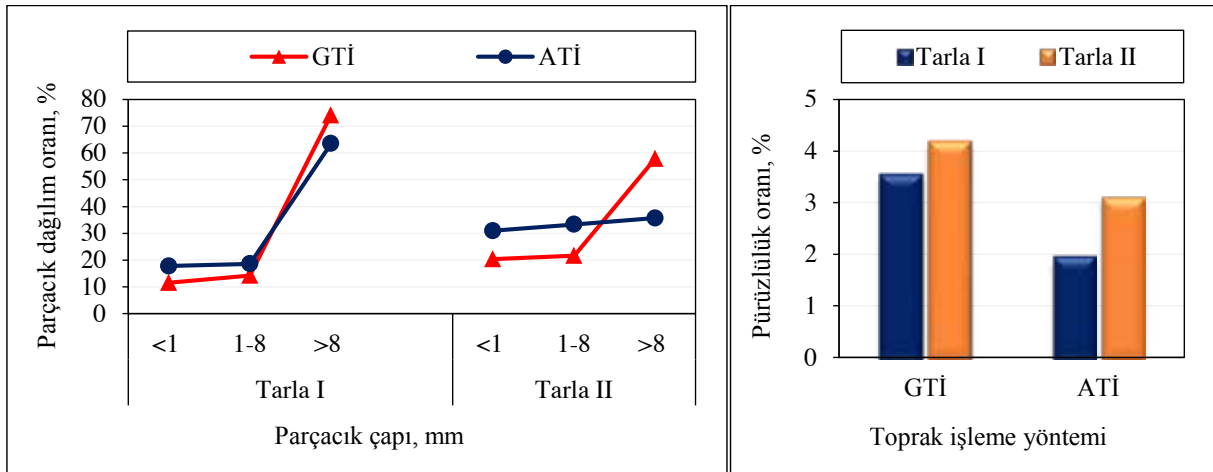
Toprak İşleme Yöntemi	Pürüzlülük oranı değerleri, %	
	Tarla I	Tarla II
Geleneksel toprak işleme	2.53a*	4.17a
Azaltılmış toprak işleme	1.95b	3.08b

\*: Herbir deneme alanında toprak işleme yöntemlerinde aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklar  $P<0.05$  olasılık düzeyinde istatistiksel olarak önemsizdir.

Tohum yatağı hazırlamada diğer önemli bir husus tarla yüzey pürüzlülüğüdür (Çizelge 6). Toprak işleme aletlerinin toprağın yüzey pürüzlülüğüne olan etkisini saptamak amacıyla yapılan varyans analizi testinde, toprak işleme aletinin yüzey pürüzlülüğünü iki tarlada da çok önemli ( $P<0.01$ ) düzeyde etkilediği belirlenmiştir. Ayrıca GTİ ve ATİ'den elde edilen

yüzey pürüzlülüğü değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu saptanmıştır.

GTİ'de elde edilen pürüzlülük oranları daha yüksek değerlerde gerçekleşmiştir. Bu durum, toprak işleme aletinden dolayı GTİ'de 8 mm'den büyük çaplı parçacık oranlarının fazla olmasıyla açıklanabilir.



**Şekil 6.** Parçacık büyüklük dağılım oranı ve tarla yüzeyi pürüzlülük oranının değişimi

## SONUÇ

Geleneksel ve azaltılmış toprak işleme yöntemlerinde kullanılan toprak işleme aletlerinin toprağın fiziksel özelliklerine önemli düzeyde etkileri olduğu bu çalışmayla tespit edilmiştir. Azaltılmış toprak işlemede kullanılan frezenin daha yumuşak bir tarla yüzeyi bıraktığı ve bu nedenle de işleme

derinliğine kadar penetrasyon direncinin daha düşük değerlerde gerçekleştiği belirlenmiştir. Geleneksel toprak işleme ile bütünleşmiş olan pullukla yapılan toprak işlemede ise azaltılmış toprak işlemeye göre, daha büyük agregatlar, yüksek pürüzlülük oranları, yüksek penetrasyon direnci ve daha küçük porozite değerleri elde edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Adam KM, Erbach DC, 1992. Secondary tillage tool effect on soil aggregation. *Transactions of the ASAE* 35(6), 1771- 1776.
- Ahmad D, 1983. Rotary tillage-past and present. *Pertentika*, 6: 55-67.
- Anonim, 2013. T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Erzurum Bölge Müdürlüğü Raporları.
- Anonymous, 1974. Standart test method for particle size analysis of soil. American Society for Testing and Materials. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia.
- Bauder JW, Randall GW, Schuler RT, 1985. Effects of tillage with controlled wheel traffic on properties and root growth of corn. *J. Soil Water Conser.* 49: 382-385.
- Bouaziz A, Bruckler L, 1989. Modeling wheat seedling growth and emergence: I. Seedling growth affected by soil water potential. *Soil Soc. Am. J.* 53: 1832-1838.
- Braunack MV, 1995. Effect aggregate size and soil water content on emergence of soybean (*glycine max*, L. merr.) and maize (*zea mays*, L.). *Soil and Tillage Research*, 33: 149-161.
- Busscher WJ, Sojka RE, 1987. Enhancemant of subsoiling effect on soil strength by conservational tillage. *Transactions of the ASAE*, 30(4): 888-892.
- Çarman K, 1997. Effect of different tillage systems on soil properties and wheat yield in Middle Anatolia. *Soil & Tillage Research* 40: 201-207.
- Dan HL, 1963. The effect of tillage operations on bulk density and other physical properties of the soil. Unpublished Ph.D. thesis. Library, Iowa State University, Ames, Iowa. 191 s.
- Eghball B, Mielke LN, Calvo GA, Wilhelm WW, 1993. Fractal description of soil fragmentation for various tillage methods and crop sequences. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57: 1337-1341.
- Erbach DC, 1987. Measurement of soil bulk density and moisture. *Transactions of the ASAE* 30(4): 922-929.
- Guillobez S, Arnaud M, 1998. Regionalized soil roughness indices. *Soil&Tillage Research*, 45: 419-432.
- Harris RF, Chester G, Allen ON, 1966. Dynamics of soil aggregation. In *Advances in Agron.*, 18. edition A. G. Norman, 107-169. New York: Academic Press.
- Jain NK, Agrawal JP, 1970. Effect of clod size in the seedbed on development and yield of sugarcane. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.*, 34: 795-797.
- Johnson WH, Taylor GS, 1960. Tillage treatment for corn on clay soils. *Transactions of the ASAE* 3(2): 4-7.
- Krause R, Lorez R, Hoogmood WB, 1984. Soil tillage in the tropics and subtropics, *Duetsche Gesellschaft fur Zusammenarbeit*, Germany. 319 p.
- Lal R, Mahboubi AA, Fausey NR, 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of a central Ohio soil. *Soil Science Society of America Journal*, 58: 517-522.
- Logsdon SD, Parker JC, Reneau RB, 1987. Root growth as influenced by agregate size. *Plant and Soil*, 99: 267-275.
- Lyles L, Woodruff NP, 1962. How moisture and tillage affect cloddiness for wind erosion control. *Agric. Eng.*, 42(3): 150-153.
- Ojeniyi SO, Dexter AR, 1979. Soil factors affecting the macrostructure produced by tillage. *Transactions of the ASAE* 22(2): 339-343.
- Önal İ, 2011. Ekim Bakım Gübreleme Makinaları. IV. Baskı, İzmir. 611 s.
- Raney WA, Zingg AW, 1957. Principles of tillage. *The Yearbook of Agriculture*. USD A, Washington, DC.
- Richard G, Cousin I, Sillon JF, Bruand A, Gue'rif J, 2001. Effect of compaction on the porosity of a silty soil: Influence on unsaturated hydraulic properties. *Eur. J. Soil. Sci.* 52: 49-58.
- Romkens MJM, Wang JY, 1987. Soil roughness changes from rainfall. *Transaction of the ASAE* 30(1): 101-107.
- Russell EW, 1961. *Soil Conditions and Plant Growth*. London: Longmans, Green & Company.
- Saleh A, 1993. Soil surface roughness measurement: chain method. *J. Soil Water Conserv.*, 48: 527-529.
- Say SM, Işık A, 1996. Penetrasyon direncinin toprak koşulları ile değişiminin belirlenmesi üzerine bir araştırma. 6. Uluslar Arası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, Ankara.
- Skidmore EL, Layton JB, 1992. Dry soil aggregate stability as influenced by selected soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 56(2): 557-561.
- Şeker C, 1999. Penetrasyon direnci ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(3): 583-588.
- Şeker C, Işıldar AA, 2000. Tarla trafiğinin toprak profilindeki gözenekliliğe ve sıkıştırılmaya etkisi. *Turk J. Agriculture and Forestry*, 24: 71-77.
- Ülger P, Güzel E, Kayışoğlu B, Eker B, Akdemir B, Pınar Y, Bayhan Y, Sağlam C, 2002. *Tarım Makinaları İlkeleri*. T.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No: 29. Fakülteler Matbaası, 2. Baskı İstanbul. 435 s.
- Yavuzcan HG, 2000. Wheel traffic impact on soil conditions as influenced by tillage system in Central Anatolia. *Soil & Tillage Research* 54: 129-138.
- Zhang S, Grip H, Lövdahl L, 2006. Effect of soil compaction on hydraulic properties of two loess in China. *Soil & Tillage Research* 90: 117-125.



## Farklı Tohum Miktarlarının Hidroponik Arpa Çimi Üzerine Etkileri

Muhammet KARAŞAHİN<sup>1</sup>

**ÖZET:** Araştırma farklı tohum miktarı uygulamalarının hidroponik arpa (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) çimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla 15.04.2016 ile 15.07.2016 tarihleri arasında Karabük Üniversitesi Eskipazar Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü iklimlendirme odasında yürütülmüştür. Çalışmada; farklı tohum miktarlarının (S1: 1.1, S2: 2.2, S3: 3.3, S4: 4.4, S5: 5.5 ve S6: 6.6 kg m<sup>-2</sup>) yeşil yem verimi, yeşil yem tohum oranı<sup>-1</sup>, kuru madde oranı ve kaybı, ham protein kazancı, bitki boyu ve kök uzunluğu, ham besin madde (ham protein, kül, yağ ve selüloz) içerikleri, hücre duvarı bileşenleri (NDF, ADF, ADL), metabolik enerji değerleri ile mineral madde (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn ve Na) içerikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, farklı tohum miktarı uygulamalarında en yüksek yeşil yem tohum oranı<sup>-1</sup>, ham protein kazancı, kök uzunluğu, P, Zn ve Na değerleri ile en düşük kuru madde kayıpları S1 uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek ham protein, NDF, N ve Mg değerleri S2 uygulamasından elde edilirken, en yüksek ham kül ve Ca değerleri S5 uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek yeşil yem verimi, bitki boyu, ADL, metabolik enerji, K, Fe ve Mn değerleri ise S6 uygulamalarından elde edilmiştir. Yüksek yeşil yem tohum oranı<sup>-1</sup> ve ham protein kazancı ile düşük kuru madde kayıplarına sahip hidroponik yeşil arpa yemi üretimi için S1 tohum miktarı uygulamaları tavsiye edilebilir niteliktedir.

**Anahtar Kelimeler:** Arpa çimi, hidroponik, tohum miktarı

## Effects of Different Seed Amounts on Hydroponic Barley Grass

**ABSTRACT:** This research was conducted to determine the effects of different seed amount treatments on hydroponic barley (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) grass in the conditioning chamber of Karabük University Eskipazar Vocational School Crop and Animal Production Department between the dates of 15.04.2016 and 15.07.2016. In the study were investigated the effects of different seed amount (S1: 1.1, S2: 2.2, S3: 3.3, S4: 4.4, S5: 5.5 ve S6: 6.6 kg m<sup>-2</sup>) treatments on green fodder yield, green fodder grain<sup>-1</sup> rate, dry matter rate and losses, crude protein gains, plant height, and root length, crude nutrient (crude protein, ash, fat and fiber) contents, cell wall components (NDF, ADF, ADL), metabolic energy values and mineral elements (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn ve Na) content. According to the results of the research, the highest green fodder seed ratio<sup>-1</sup>, crude protein gain, root length, P, Zn and Na values and lowest dry matter losses were obtained from S1 treatment in different seed amount treatments. The highest crude ash and Ca values were obtained from S5 application while the highest crude protein, NDF, N and Mg values were obtained from S2 treatment. The highest green fodder yield, plant height, ADL, metabolic energy, K, Fe and Mn values were obtained from S6 applications. S1 seed amount treatments can be recommendable in order to produce hydroponic green barley fodder in which having high green fodder seed ratio<sup>-1</sup> and crude protein gain and low dry matter losses.

**Keywords:** Barley grass, hydroponic, seed amount

<sup>1</sup> Muhammet KARAŞAHİN(0000-0001-8586-0701), Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ereğli Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, Konya, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Muhammet KARAŞAHİN, mkarasahin@konya.edu.tr

## GİRİŞ

Hayvancılıkta girdilerin yaklaşık %70'ini yem maliyetleri oluşturmaktadır. Hayvan sağlığı ve performansı için kaliteli kaba yemlerin rasyonda oranı %40'lara kadar çıkabilmektedir. Kaba yemlerin hayvan fizyolojisine uygunluğu yanında kesif yeme göre ucuz olması hayvansal üretimde kullanımını kaçınılmaz hale getirmektedir (Alçıçek ve ark., 2010). 1940'lı yılların başında 44 milyon ha olan çayır mera alanlarımız 2014 yılı itibarı ile 14.6 milyon ha'a düşmüş aynı zamanda verim güçlerini önemli derecede kaybetmiştir (Temel ve Özalp, 2016). Hayvancılığı gelişmiş ülkelerde yem bitkileri ekiliş oranı %25'in üzerinde iken, bu oran ülkemizde %9'dur. Ülkemizin kaliteli kaba yem açığı 30 milyon ton civarındadır (Özkan ve Şahin Demirbağ, 2016). Bu açık saman ile giderilmeye çalışılmakta, bunun sonucu hayvansal üretimde verimlilik düşerek maliyetler artmaktadır. Dolayısıyla alternatif kaba yem kaynaklarına ihtiyaç bulunmaktadır. Topraksız ortamda çimlendirilmiş tahıl tohumları ekim alanı yetersizliği ve kuraklık yaşanan bölgelerde hayvancılık yapan çiftçiler için alternatif yeşil yem kaynağı olarak önerilmektedir. Arpa çimi, ön ıslatma sonrası arpa tohumlarının tavalarda 6-8 gün çimlendirme ve filizlendirmeye tabi tutulmasıyla elde edilmektedir. Bu süre sonunda elde edilen halı gibi birbirine geçmiş kökler ile yeşil sürgünler hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Filizlenme sonunda arpa tanelerinde önemli miktarda ağırlık artışı olmakta ve çimlenme ile tanede bulunan nişasta, protein ve yağ bileşikleri şeker, aminoasit ve yağ asitleri gibi basit formlara dönüşmektedir. Bunun sonucunda hayvanların bağırsıklık sistemleri güçlenmekte sağlık ve performanslarında artış sağlanmaktadır. Ayrıca yılın her günü kaliteli yeşil yem üretiminin yapılabilmesi

hidroponik yeşil yem üretim sistemlerini gün geçtikçe yaygınlaştırmaktadır (Dung et al., 2010; Fazaeli et al., 2012; Karaşahin, 2014). Arpa tanesi bünyesinde bulundurduğu yaklaşık %67 karbonhidrat, %10 protein, %2 yağ, %5 selüloz ve kalsiyum, fosfor, potasyum gibi mineraller ile A vitamini, E vitamini ve B vitamini içeriği ile hayvanların beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Herhangi bir çeşitten belli çevre koşullarında daha fazla verim alabilmek için ilk şart uygun bitki sıklığını sağlayabilmektir (Geçit, 1987). Bu nedenle çevreye ve çeşide göre en uygun bitki sıklığının belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışma ile farklı tohum miktarlarının hidroponik arpa çimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, Karabük Üniversitesi Eskipazar Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümünün 3x3x2.1 m boyutlarındaki hidroponik yeşil yem üretim odasında 15.04.2016 ile 15.07.2016 tarihleri arasında yürütülmüştür (Şekil 1). Çimlendirme kabı olarak 100x10 cm plastik küvetler kullanılmıştır. Araştırmada bitki materyali olarak %90 kuru madde ve %12.2 ham protein oranına sahip iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare* L. conv. *distichon*) Tarm-92 çeşidi kullanılmıştır. Tüm uygulamalarda ön ıslatma süresi olarak 24 h, ortam sıcaklığı olarak 20 °C, ortam nemi olarak %60, dezenfeksiyon yöntemi olarak ozon, yetiştirme süresi olarak 10 gün, ışıklandırma süresi ve rengi olarak 24 h-sarı ışık (50000 lux), sulama yöntemi, süresi ve sıklığı olarak gelgit, 60 sn 120 dk<sup>-1</sup>, gübre kaynağı olarak 375 ppm deniz yosunu, CO<sub>2</sub> dozu olarak 1000 ppm uygulanmıştır (Çizelge 1)

Çizelge 1. SeaMax deniz yosunu (*Ascophyllum nodosum*) özü içeriği

Özellikler (%)		Özellikler (%)	
Organik madde	47.5	S	2.5
Azot	0.75	Fe	0.004
Fosfor	0.02	B	0.006
Potasyum	14.9	Zn	0.006
Ca	0.3	Cu	0.0002
Mg	0.2	Alginik asit	5.5



Çalışmada; farklı tohum miktarlarının (S1: 1.1, S2: 2.2, S3: 3.3, S4: 4.4, S5: 5.5 ve S6: 6.6 kg m<sup>-2</sup>) yeşil yem verimi, yeşil yem tohum oranı<sup>-1</sup>, kuru madde oranı ve kaybı, ham protein kazancı, bitki boyu ve kök uzunluğu, ham besin madde (ham

protein, kül, yağ ve selüloz) içerikleri, hücre duvarı bileşenleri (NDF, ADF, ADL), metabolik enerji değerleri ile mineral madde (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn ve Na) içerikleri üzerine etkileri hasattan sonra incelenmiştir.



Şekil 1. Yeşil yem üretim odası



Şekil 2. Hasat ölçümleri

Işık kaynağı olarak 600 W Osram Plantastar HPS (High Pressure Sodium) lambaları kullanılmıştır. Işık şiddeti ölçümünde TES 1335 marka ışık ölçme cihazı kullanılmıştır. İstenilen CO<sub>2</sub> dozunu sağlamak için

elektronik sensör ve valf ile kumanda edilen CO<sub>2</sub> tüpü ile 1500 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> debili salyangoz fandan yararlanılmıştır. Sulama sisteminde su kaynağı olarak şehir şebekesinden yararlanılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Sulama suyu özellikleri

Özellikler		Özellikler (mg l <sup>-1</sup> )	
pH	6.98	Zn	0.94
EC (mS cm <sup>-1</sup> )	0.59	P	0.20
Ca (mg l <sup>-1</sup> )	116.8	K	0.03
Mg (mg l <sup>-1</sup> )	10.7	Mn	0.02
Na (mg l <sup>-1</sup> )	2.93	Cu	0.02

Yeşil yem ağırlığı tartıldıktan sonra 200'er g örnekler alınarak 105 °C altında etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilerek hassas terazide tartılmış elde edilen değerler yeşil yem ağırlığına oranlanarak kuru madde oranları belirlenmiştir. Yeşil yem tohum oranı, yeşil yem kuru madde oranı değerleriyle çarpılmış elde edilen toplam yeşil yem kuru madde yüzdesi ile tohum kuru madde yüzdesi arasındaki farkın tohum kuru madde yüzdesine oranlanmasıyla kuru madde kayıpları hesap edilmiştir (Şekil 2).

Elde edilen toplam kuru madde miktarı ile ham protein oranı çarpılarak toplam ham protein verimleri hesap edilmiş ve bu değerlerle tohumun ham protein oranı ile kuru madde miktarı değerleri çarpımı ile oranlanarak ham protein kazançları hesap edilmiştir. Ham kül (AACC 08-01), ham protein (AACC 46-12), ham yağ (AACC 30-25) ve ham selüloz analizleri (AACC 32-10)'a göre yapılmış enerji içeriği hesabında aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (TSE 2008).

$$ME \text{ (kcal kg}^{-1}\text{)} = 3260 + [0.455 \times \text{HP}\%] + [3.517 \times \text{HY}\%] - [4.037 \times \text{HS}\%]$$

ME: Metabolik enerji, HP: Ham protein, HY: Ham yağ, HS: Ham sellüloz

NDF (Nötr deterjan lif), ADF (Asit deterjan lif) ve ADL (Asit deterjan lignin) analizleri Van Soest ve Robertson (1985)'e göre yapılmıştır.

Denemeler tekrarlanan tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutularak F testi yapılmak suretiyle farklılıkları tespit edilen işlemlerin ortalama değerleri "Tukey-Kramer HSD" önem testine göre gruplandırılmıştır (JMP, 2007).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Yeşil Yem Verimi, Yeşil Yem Tohum Oranı<sup>1</sup>, Kuru Madde Oranı ve Kaybı, Ham Protein Kazancı, Bitki Boyu ve Kök Uzunluğu

Farklı tohum miktarı uygulamalarının yeşil yem verimi, yeşil yem tohum<sup>-1</sup> oranı, kuru madde oranı, kuru madde kaybı, ham protein kazancı, bitki boyu ve kök uzunluğu üzerine etkileri istatistiki olarak önemli (P<0.01) olmuştur. En yüksek yeşil yem verimi kuru madde kaybı ve bitki boyu değerleri S6 uygulamasından elde edilmiştir (sırasıyla, 23.7,

-24.5 ve 15.0). En yüksek yeşil yem tohum oranı, ham protein kazancı ve kök uzunluğu değerleri S1 uygulamasından elde edilmiştir (sırasıyla 6.64, 49.8 ve 10.0). En düşük (7.3) yeşil yem verimi ve (13.0) bitki boyu değerleri en düşük tohum miktarı (S1) uygulamalarından elde edilirken en düşük yeşil yem tohum oranı, ham protein kazancı ve kök uzunluğu değerleri ise en yüksek tohum miktarı (S6) uygulamalarından elde edilmiştir (sırasıyla, 3.59, 7.9 ve 5.0), (Çizelge 3). Tohum miktarı artışıyla birlikte yeşil yem tohum oranı değerleri düşmektedir (Sanchez Del Castillo et al., 2013). Tohum miktarı arttıkça bitki boyu değerlerinde artış olmaktadır. Yüksek tohum miktarlarında bitki başına düşen ışık miktarı azalmaktadır (Sanchez Del Castillo et al., 2013). Sık ekimde yaprakların birbirlerini gölgelemesi nedeniyle bitkiler, fotosentez için ihtiyaç duydukları güneş ışığından daha fazla faydalanmak için boylarını uzatmışlardır (Sönmez, 1995).

**Çizelge 3.** Farklı tohum miktarı uygulamalarının yeşil yem verimi, yeşil yem tohum oranı<sup>1</sup>, kuru madde oranı ve kaybı, ham protein kazancı bitki boyu ve kök uzunluğu üzerine etkileri

Tohum Miktarları	Yeşil Yem Verimi (kg m <sup>-2</sup> )	Yeşil Yem Tohum Oranı <sup>1</sup>	Kuru Madde Oranı (%)	Kuru Madde Kaybı (%)	HP Kazancı (%)	Bitki Boyu (cm)	Kök Uzunluğu (cm)
S1	7.3 f	6.64 a	14.7 c	8.1 a	49.8 a	13.0 b	10.0 a
S2	12.3 e	5.57 b	14.6 c	-9.6 b	32.4 b	14.0 ab	9.0 b
S3	14.5 d	4.38 c	17.2 b	-16.3 d	18.2 d	14.0 ab	8.0 c
S4	18.0 c	4.08 cd	19.0 a	-14.1 c	23.6 c	14.0 ab	7.0 d
S5	21.5 b	3.90 de	18.5 ab	-19.8 e	13.2 d	14.0 ab	6.0 e
S6	23.7 a	3.59 e	18.9 a	-24.5 f	7.9 e	15.0 a	5.0 f
HSD	0.99**	0.28**	1.17**	0.86**	3.64**	0.82**	0.45**

HP; Ham protein, HSD; Güvenilir önemli fark, \*; P<0.05, \*\*; P<0.01, Ns; Önemli değil

En yüksek kuru madde oranı değerleri S4 ve S6 uygulamalarından (sırasıyla, 19.0 ve 18.9) elde edilerek aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır. En düşük kuru madde oranı değerleri ise S1 ve S2 uygulamalarından elde edilerek (sırasıyla, 14.7 ve 14.6) aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır. Tohum miktarı arttıkça kuru madde kayıplarında artış olmaktadır. Bunun sebebi bitkilerin ışık için rekabete girmesi ve fotosentez miktarının düşmesi ile açıklanmaktadır (Sanchez Del Castillo et al., 2013). Tohum miktarı artışıyla birlikte solunum yoluyla kuru madde kayıplarında artış olmaktadır (Morgan et al., 1992).

#### Ham Protein, Kül, Yağ, Selüloz, NDF, ADF, ADL ve Metabolik Enerji Değerleri

Farklı tohum miktarları uygulamalarında en yüksek ham protein oranı ve NDF değerleri S2

uygulamalarından elde edilmiştir (sırasıyla, 17.87 ve 44.05), ( $P<0.01$ ). En yüksek (3.66) ham kül S5 uygulamasından elde edilerek farklı istatistiki grupta (a) yer almıştır ( $P<0.01$ ). En yüksek ham yağ ve ADF değerleri S3 ve S6 uygulamalarından elde edilerek (sırasıyla, 2.61, 2.67, 23.74 ve 23.49) aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır ( $P<0.01$ ). En yüksek ham selüloz değerleri ise S3 ve S5 uygulamalarından elde edilmiş (sırasıyla, 11.85 ve 11.70) ve aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır ( $P<0.01$ ). En yüksek ADL ve metabolik enerji değerleri S6 uygulamasından elde edilmiş (sırasıyla, 7.09 ve 3236.1) ve farklı istatistiki grupta (a) yer almışlardır ( $P<0.01$ ). En yüksek (44.05) NDF değerleri ise S2 uygulamasından elde edilerek farklı istatistiki grupta (a) yer almıştır ( $P<0.01$ ), (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Farklı tohum miktarı uygulamalarının ham besin madde içerikleri, hücre duvarı bileşenleri ve metabolik enerji değerleri üzerine etkileri

Tohum Miktarları	HP (%)	HK (%)	HY (%)	HS (%)	ADL (%)	ADF (%)	NDF (%)	ME (Kcal Kg <sup>-1</sup> )
S1	16.91 c	3.17 c	2.49 bc	10.47 cd	4.89 f	22.40 b	43.57 ab	3234.2 b
S2	17.87 a	3.54 b	2.44 c	11.04 b	5.61 e	21.57 c	44.05 a	3232.1 c
S3	17.22 bc	3.46 b	2.61 a	11.85 a	5.88 d	23.74 a	40.94 d	3229.2 d
S4	17.55 ab	2.87 d	2.53 b	10.56 c	6.18 c	21.84 bc	42.21 c	3234.3 b
S5	17.22 bc	3.66 a	2.50 bc	11.70 a	6.41 b	21.81 bc	42.40 bc	3229.4 d
S6	17.44 ab	3.45 b	2.67 a	10.21 d	7.09 a	23.49 a	43.51 ab	3236.1 a
HSD	0.34**	0.07**	0.05**	0.21**	0.12**	0.44**	0.83**	0.53**

\*;  $P<0.05$ , \*\*;  $P<0.01$ , HSD; Güvenilir önemli fark, Ns; Önemi değil.

#### Mineral Madde İçerikleri

Farklı tohum miktarı uygulamalarında en yüksek N ve Mg değerleri S2 uygulamasından (sırasıyla 2.86 ve 7.31) elde edilerek farklı istatistiki grupta (a) yer almışlardır ( $P<0.01$ ). En yüksek P, Zn ve Na değerleri S1 uygulamasından (sırasıyla 0.89, 0.46 ve 4.17) elde edilerek farklı istatistiki grupta (a) yer almışlardır ( $P<0.01$ ). En yüksek K, Fe ve Mn

değerleri S6 uygulamasından (sırasıyla 36.46, 0.57 ve 0.38) elde edilerek farklı istatistiki grupta (a) yer almışlardır ( $P<0.01$ ). En yüksek (7.23) Ca değerleri S5 uygulamasından elde edilerek farklı istatistiki grupta (a) yer almıştır ( $P<0.01$ ). En yüksek Cu değerleri ise S2 ve S6 uygulamalarından (sırasıyla 0.54 ve 0.54) elde edilerek aynı istatistiki grupta (a) yer almışlardır ( $P<0.01$ ), (Çizelge 5).

**Çizelge 5.** Farklı tohum miktarı uygulamalarının mineral madde içerikleri üzerine etkileri

Tohum Miktarları	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	Na
	mg kg <sup>-1</sup>									
S1	2.71 c	0.89 a	35.35 bc	6.42 b	6.18 d	0.51 b	0.49 c	0.35 c	0.46 a	4.17 a
S2	2.86 a	0.57 e	35.75 ab	5.87 c	7.31 a	0.42 d	0.54 a	0.37 b	0.41 b	3.66 c
S3	2.76 bc	0.67 d	34.71 c	5.58 d	7.11 b	0.46 c	0.38 e	0.37 b	0.33 d	3.86 b
S4	2.81 ab	0.67 d	34.78 c	5.19 e	5.87 e	0.38 e	0.52 b	0.29 d	0.37 c	3.29 e
S5	2.76 bc	0.74 b	34.57 c	7.23 a	6.49 c	0.35 b	0.46 d	0.27 e	0.31 e	3.76 bc
S6	2.79 ab	0.71 c	36.46 a	5.47 d	4.88 f	0.57 a	0.54 a	0.38 a	0.29 f	3.51 d
HSD	0.05**	0.01**	0.68**	0.12**	0.12**	0.009**	0.009**	0.007**	0.007**	0.007**

\*, P<0.05, \*\*; P<0.01, HSD; Güvenilir önemli fark, Ns; Önemli değil

Hayvanların büyüme, gelişim, üreme, sağlıklı ve ideal vücut fonksiyonları için mineral maddeler hayati önem taşırlar. Mineral madde miktarlarındaki aşırılık ya da eksiklik yem kalitesini olumsuz etkilemekte ve raşitizm, süt humması, yavru atma, halsizlik, iştahsızlık, tetani gibi hastalıklara sebep olmaktadır (Kumar and Soni, 2014).

## SONUÇ

Araştırma sonuçlarına göre farklı tohum miktarı uygulamalarında en yüksek yeşil yem tohum oranı<sup>-1</sup>,

ham protein kazancı, kök uzunluğu, P, Zn ve Na değerleri ile en düşük kuru madde kayıpları S1 uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek ham protein, NDF, N ve Mg değerleri S2 uygulamasından elde edilirken, en yüksek ham kül ve Ca değerleri S5 uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek yeşil yem verimi, bitki boyu, ADL, metabolik enerji, K, Fe ve Mn değerleri ise S6 uygulamalarından elde edilmiştir. Yüksek yeşil yem tohum oranı<sup>-1</sup> ve ham protein kazancı ile düşük kuru madde kayıplarına sahip hidroponik yeşil arpa yemi üretimi için S1 tohum miktarı uygulamaları tavsiye edilebilir niteliktedir.

## KAYNAKLAR

- Alçiçek A, Kılıç A, Ayhan V, Özdoğan M, 2010. Türkiye’de kaba yem üretimi ve sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi. 11-15 Ocak 2010, Ankara.
- Dung DD, Godwin IR, Nolan JV, 2010. Nutrient content and in sacco digestibility of barley grain and sprouted barley. J. Animal and Veterinary Adv, 9: 2485-2492.
- Fazaeli H, Golmohammadi HA, Tabatabayee SN, Asgari-Tabrizi M, 2012. Productivity and nutritive value of barley green fodder yield in hydroponic system. World Applied Science Journal, 16(4): 531-539.
- Geçit HH, 1987. Ekmeklik buğdayda farklı ekim sıklıklarında metrekaresindeki fertil başak, başakta tane sayısı ve tane verimi üzerine etkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı, 38: 111-121.
- JMP, 2007. Statistic and Graphics Guide. Release 7, SAS Institute Inc, Cary, USA.
- Karavaşin M, 2014. Kaba yem kaynağı olarak hidroponik arpa çimi üretiminde kuru madde ve ham protein verimleri üzerine farklı uygulamaların etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(1): 27-33.
- Kumar K, Soni A, 2014. Elemental ratio and their importance in feed and fodder. International Journal of Pure and Applied Bioscience, 2(3): 154-160.
- Morgan JVR, Hunter R, O’Haire R, 1992. Limiting factors in hydroponic barley grass production. Eighth International Congress on Soilless Culture. Proceedings. International Society for Soilless Culture. Ireland pp. 241-261.
- Özkan U, Şahin Demirbağ N, 2016. Türkiye’de kaliteli kaba yem kaynaklarının mevcut durumu. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 9 (1): 23-27.
- Sanchez Del Castillo F, Del Carmen Moreno Perez E, Contreras Magana E, Morales Gomez J, 2013. Hydroponic wheat and barley fodder yields and their effect on weight gain in sheep. Revista Chapingo Serie Horticultura, 19 (4): 35-43.
- Sönmez F, 1995. Van kıraç koşullarında kışlık olarak ekilen Anadolu-86 arpa çeşidinin verim ve bazı verim öğelerine ekim sıklığı ile fosfor ve azot uygulamalarının etkisi. Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, (Basılmamış) Doktora Tezi, 115s.
- Temel O, Özalp M, 2016. Artvin’in Şavşat ilçesinde yetiştirilen korunga (*Onobrychis sativa* Scop.) yem bitkisinin verimi ve kalitesi üzerine yükseltinin ve bazı toprak özelliklerinin etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31: 106-116.
- TSE, 2008. Hayvan Yemleri Metabolik (çevrilebilir) Enerji Tayini Kimyasal Metot. Standart No. 9610, Kabul tarihi 3.12.1991, Konfirme tarihi 20.5.2008, Ankara, Türkiye.

## Evsel Nitelikli Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Tarımsal Sulamada Kullanılabilirliği

Züleyha BİNGÜL<sup>1</sup>, Aysun ALTIKAT<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, evsel nitelikli atıksu arıtma tesisi çıkış sularının alıcı ortama deşarj edilmesi yerine tarımsal amaç için yeniden kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada materyal olarak bir işletme çalışanlarının evsel amaçlı kullanımları sonucu oluşan atıksuları için projelendirilen ve ardışık kesikli reaktör prensibi ile çalışan biyolojik paket arıtma tesisi çıkış suları kullanılmıştır. Biyolojik arıtma işleminden geçirilen evsel nitelikli atıksuyun tarımsal sulamaya uygunluğu Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği kapsamında değerlendirilmiştir. Arıtma tesisinden çıkan atıksuların analiz sonuçlarına göre Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Askıda Katı Madde (AKM) parametrelerinde sırasıyla %98, %97 ve %95 giderim verimleri elde edilmiş olup, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 21 kapsamında değerlendirildiğinde alıcı ortam deşarj standartlarının altına düştüğü belirlenmiştir. Arıtma tesisi çıkış suları analiz sonuçları Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Ek7 kapsamında değerlendirildiğinde de bulanıklık, elektriksel iletkenlik ve sodyum parametrelerinin standartları sağlamadığı ve bu nedenle bu suların tarımsal sulamada kullanımının uygun olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Arıtılmış atıksu, tarımsal sulama, yeniden kullanım

## Usability for Agricultural Irrigation of Domestic Wastewater Treatment Plant Effluents

**ABSTRACT:** In this study, the effluent of domestic wastewater treatment plant was investigated to reusability for agricultural irrigation, instead of discharging to the receiving environment. In the study, biological wastewater treatment plant effluent, which was designed for the wastewater resulting from the use of the facility employees for domestic purposes and operated with a sequencing batch reactor principle, was used as material. The suitability of domestic wastewater treated through biological treatment for agricultural irrigation was evaluated within the scopes of Water Pollution Control Regulation and The Technical Procedure Communiqué of Wastewater Treatment Plants. According to the analysis results of the treatment plant wastewater, removal efficiencies for BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand) and suspended solid (SS) were 98%, 97% and 95% respectively and when evaluated these values within the scope of Water Pollution Control Regulation Table 21: Discharge Standards for Domestic Wastewaters to a Receiving Environment, it has been determined that they were below the discharge standards. When the analysis results for turbidity, electroconductivity and sodium parameters were evaluated within the scope of The Technical Procedure Communiqué of Wastewater Treatment Plants, Appendix 7, it was seemed that these values did not comply with the standards and the use of the effluent for agricultural irrigation was not possible.

**Keywords:** Agricultural irrigation, reuse, treated wastewater.

<sup>1</sup> Züleyha BİNGÜL (0000-0003-2472-9077), İğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İğdır, Türkiye

<sup>2</sup> Aysun ALTIKAT(0000-0001-9774-2905), İğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İğdır, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Züleyha BİNGÜL, zuleyha.bingul@igdir.edu.tr

## GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı ve bu nüfusun ihtiyacını karşılamak için endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerdeki artış beraberinde su kaynaklarına olan talebi de artırmıştır. Su tüketimindeki artış eğilimine rağmen kullanılabilir su kaynaklarının kısıtlı ve azalıyor olması, kaynakların daha dikkatli yönetilmesini ve su tüketimini azaltıcı tedbirler alınmasını zorunlu hale getirmiştir (Agrafioti and Diamadopoulos, 2012).

Tükenmez bir kaynak olarak kabul edilen suyun kalite ve miktarında meydana gelen azalma kaynak temininde sorunlarla karşılaşılan birçok alanda temiz su kaynaklarının kullanılmasının yerine alternatif su kaynaklarının kullanımını gündeme getirmiştir. Bu alternatiflerden biri de arıtılmış atıksuların kullanımudur. Atıksuların arıtıldıktan sonra geri kazanımı ve yeniden kullanımı suyun hem ulusal hem de uluslararası ölçekte sürdürülebilirliği açısından önemli bir bileşeni haline gelmiş ve özellikle su kıtlığı yaşayan kurak ülkelerde geniş uygulama alanı bulmuştur (Pedrero et al., 2010; Demirer, 2011; Koyuncu ve İmer, 2016; Zaibel et al., 2016). Arıtılmış atıksular okul bahçelerinin, parkların, peyzaj alanlarının, spor alanlarının sulanmasında, süs bahçelerinde, sanayi sektöründe soğutma, yıkama, kazan beslemede, golf sahalarının sulanmasında, yol kenarlarının sulanmasında, çeşmeler, süs havuzları ve şelaleler gibi dekoratif su yapılarında, yangın söndürme gibi işlemlerde yoğun olarak kullanılmakta; böylece hem artan su ihtiyacı karşılanmakta hem de temiz su kaynaklarının tasarrufu sağlanmaktadır (Kitiş ve ark., 2009; Özbay ve Kavaklı, 2008).

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de su kaynakları tüketiminin başlıca sorumlusu tarımsal faaliyetlerdir. Yapılan araştırmalara göre dünya su kaynaklarının yaklaşık %70'i sulamada kullanılmaktadır. Bu nedenle su kaynaklarının dikkatli kullanımının gerektiği günümüzde azalan su kaynaklarını desteklemek amacıyla arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada yeniden kullanımı önem kazanmıştır (Perez et al., 2015; Aşık and Özsoy, 2016).

Atık suların yeniden kullanılabilmesi için gerekli arıtma işlemleri atık suyun özelliklerine ve arıtıldıktan sonra hangi amaçla yeniden kullanılacağına bağlı olarak değişmektedir (Erdoğan ve ark., 2009).

Atıksuyun sulama amaçlı kullanımında işin sağlık boyutu çok büyük bir öneme sahiptir. Hijyen eksikliği kaynaklı hastalıklar birçok gelişmekte olan ülkede yüksek ölüm oranlarının nedeni olmaya devam etmektedir. Bu nedenle atıksuların tarımsal kullanımı sırasında hijyene ve sağlık açısından gerekli tüm koşullara dikkat etmek önemli bir konu olarak kendini göstermektedir (Sarıkaya ve ark., 2011).

Gerekli tedbirler ve teknik önlemler alınmadan, standartlar çerçevesinde arıtılmamış atıksuyun sulamada kullanılmasının arıtılmamış atıksu ile uzun süre temas eden ve bu su ile sulanan sebzeleri tüketen kişilerin sağlığında ciddi bir risk yaratması, yeraltı suyunda kirliliğe yol açması, toprakta kimyasal kirlleticilerin birikimine neden olması ve dolayısıyla toprağın tamponlama kapasitesi ile pH'sını değiştirebilmesi, ağır metal birikimine neden olması, hastalıkların yerleşeceği bir ortam yaratması, sulama sistemlerine zarar verebilmesi, atık suyu taşıyan kanallarda ötrofikasyona neden olması gibi olası riskleri vardır (Kendirli ve ark., 2003; Kayıkcıoğlu, 2012).

Atıksuların arıtılarak sulamada kullanılması çevre bakımından güvenilir bir geri dönüşüm prosesi olup, bu sayede mevcut yeraltı ve yüzey su kaynaklarına olan bağımlılık azalır ve bu su kütlelerinin ekolojik yaşamı koruma altına alınmış olur (Koyuncu ve İmer, 2016). Gerekli arıtım işlemleri yapıldığı ve teknik usuller uygulandığı sürece, arıtılmış atıksuların sulamada kullanımının kurak geçen mevsimlerde alternatif su kaynağı oluşturma, yüzey su kaynaklarının kirlilik yükünü azaltma, yeraltı suyuna karışmadan önce atık suya ek bir arıtma sağlama, arıtılmış atıksu toprağın organik madde ihtiyacını karşıladığından yapay gübre ihtiyacını azaltma, kentsel atık suların çevreye zarar vermeyecek bir şekilde ve ekonomik olarak uzaklaştırılmasını mümkün kılma, boşa gidecek bir kaynağın geri dönüştürülmüş olmasıyla suların tüketim eğilimindeki baskıyı azaltma gibi bir takım faydaları vardır (Yurtseven ve ark., 2010; Belhaj et al., 2016).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) Madde 28'de (2004) arıtılmış atıksuların kriterleri sağlanması halinde sulama suyu olarak kullanılması teşvik edilmektedir. Arıtılmış atıksuların sulama suyu olarak uygunluğu ilk önce SKKY'nde belirtilen Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin Uygulanmasına

Dair Teknik Usuller Tebliği (SKKYTUT, 1991) çerçevesinde değerlendirilmiştir. Daha sonra değişen ve gelişen şartlar çerçevesinde mevcut tebliğde düzenlemeler yapılarak 20.03.2010 tarih ve 27527 sayılı Resmi Gazete’de Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (AATTUT) yayımlanmış ve bu tebliğin yayımlanması ile SKKYTUT yürürlükten kaldırılarak artırılmış atıksuların sulama suyu olarak geri kullanımı değerlendirilirken AATTUT kullanılmaya başlanmıştır.

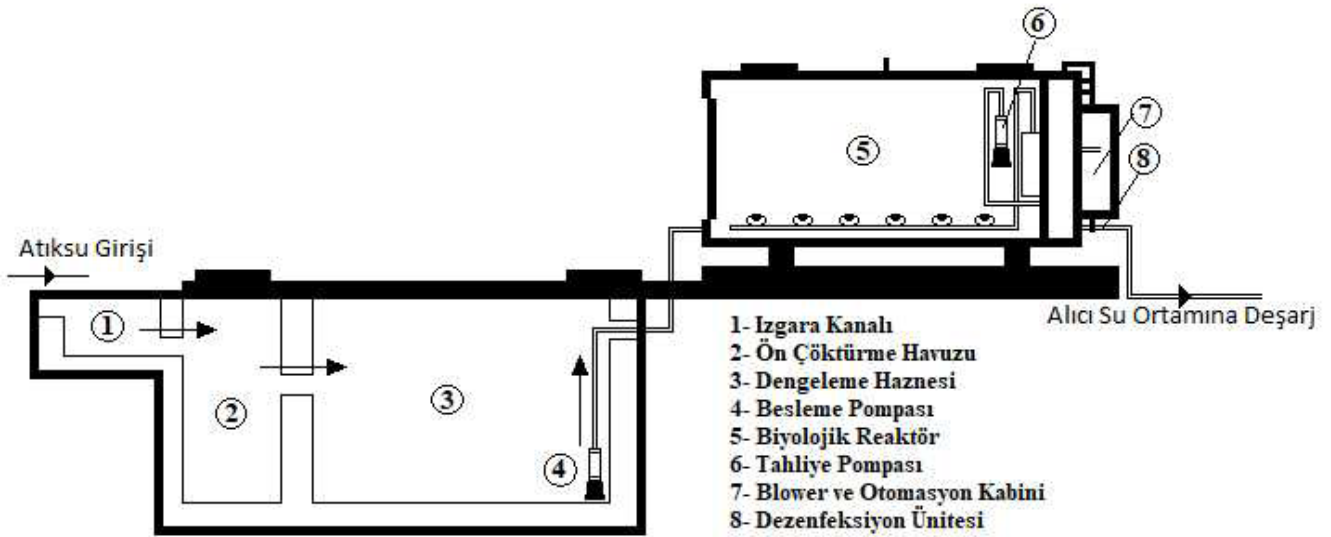
Evsel atıksular; evler, siteler, konutlar, motel ve oteller gibi yerleşim birimlerinde kullanım sonucu oluşan kirli sulardır. Nüfusun artmasıyla birlikte su kullanımının da artması, çok miktarda atıksu oluşmasına neden olmaktadır. Bu sulara rastlanan kirleticilerin büyük bir bölümünü deterjanlar, organik maddeler ve yağlar oluşturmaktadır olup, geri kazanımı ve yeniden kullanımında patojen mikroorganizmalar ve mikro kirleticilerin su ortamından tamamen uzaklaştırılması

gerekir (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2016; Koyuncu ve İmer, 2016). Bu çalışmada; evsel nitelikli arıtma tesisi çıkış sularının tarımsal sulamaya uygunluğu SKKY (2004) ve AATTUT (2010) kapsamında değerlendirilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak bir işletme çalışanlarının evsel amaçlı kullanımları sonucu oluşan atıksuları için projelendirilen 70 m<sup>3</sup> gün<sup>-1</sup> kapasiteli atıksu arıtma tesisi çıkış sularının analiz sonuçları kullanılmıştır. İşletmede 272 kişi çalışmakta olup, atıksu arıtma tesisi proje nüfusu 350 kişidir. İşletmede; arıtma tesisi olarak evsel nitelikli atıksuların arıtımında yaygın olarak kullanılan ve ardışık kesikli reaktör prensibi ile çalışan biyolojik paket arıtma sistemi seçilmiştir.



Şekil 1. Paket arıtma ünitesi akım şeması

Şematik olarak Şekil 1’de gösterilen arıtma tesisi ön arıtım, biyolojik arıtım ve çamur uzaklaştırma ünitelerinden oluşmaktadır. Atıksu, arıtma tesisinin ilk ünitesi olan ızgaradan geçtikten sonra dengeleme havuzunda toplanmaktadır. Büyük boyuttaki katı maddeler girişteki ızgara tarafından tutulmaktadır. Dengeleme havuzunda da atıksuyun debi ve konsantrasyon yönünden dengelenerek homojen ve düzenli bir şekilde arıtma tesisine transferi

sağlanmaktadır. İlk çöktürme havuzunda inorganik ve çökebilir maddeler giderildikten sonra havalandırma havuzunda atıksudaki kirleticiler biyolojik arıtımla giderilmektedir. Oluşan biyolojik yumaklar son çöktürme havuzunda çöktürüldükten sonra artırılmış atıksu pompalar vasıtasıyla alıcı ortama deşarj edilmektedir. Çalışmada kullanılan atıksuyun arıtma tesisine girişteki karakteristik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Kullanılan atıksu içerisinde bulunan kalite parametreleri

Parametreler	Alt Değer	Üst Değer
pH	7.7	7.9
BOİ <sub>5</sub> (mg L <sup>-1</sup> )	570	620
KOİ (mg L <sup>-1</sup> )	1177	1300
AKM (mg L <sup>-1</sup> )	890	990

### Yöntem

Arıtma tesisinden iki saatlik kompozit numune almak mümkün olmadığından, arıtılmış atıksu numuneleri arıtma tesisi çıkışından deşarjın devam ettiği süre içerisinde alınmıştır.

Alınan numunelere SKKY Madde 29'da yer alan hüküm gereğince işlem uygulanmış ve iki saatlik kompozit numune değerleri ile kıyaslama yapılmıştır. Sıcaklık, pH, oksijen ve iletkenlik parametrelerinin analizleri arazide ve hemen yapılmıştır. Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Askıda Katı Madde ve klor analizleri standart metotlarda (AWWA, 1985) belirtilen yöntemlere göre, mikrobiyolojik analizler ise TS EN ISO'da belirtilen metotlara göre yapılmıştır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 11. Maddesine (Değişik:26/4/2006-5491/8 md.) göre işletme ve tesisler atıklarını alıcı ortama vermeden önce yönetmeliklerdeki standartlara uygun olarak arıtmak ve gerekli izinleri almakla yükümlüdürler. SKKY'nin (2004) 26. Maddesine göre de tüzel ve gerçek kişilerin atıksularını alıcı ortama vermeleri için yönetmelikte yer alan deşarj standartlarını sağlamaları gerekmektedir. Bahse konu hüküm gereğince evsel nitelikli atıksuların alıcı su ortamlarına deşarjlarında uyulması gereken standart değerler ile atıksu arıtma tesisi çıkış suyunun alıcı ortama deşarj edilebilirliğini değerlendirmek için alınan numunelerde yapılan analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçları ve deşarj standartları

Parametre	Birim	Numune	Deşarj Standartı (2 saatlik) (SKKY, 2004)
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	mg L <sup>-1</sup>	9.47	50
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg L <sup>-1</sup>	33.23	180
Askıda Katı Madde	mg L <sup>-1</sup>	12.10	70
pH		7.49	6-9

Arıtılmış atıksuların sulama suyu olarak geri kullanım kriterleri de AATTUT (2010) Tablo E7.1'de verilmiştir. Tebliğin 22. Maddesinin 1. Bendine göre evsel nitelikli atıksular analiz sonucuna göre Tablo E7.1'de yer alan Sınıf A veya Sınıf B'deki bitki türlerinde ve alanlarda sulama suyu olarak kullanılabilir (AATTUT, 2010). Tablo E7.2'de sulama suyu için sağlanması gereken kimyasal kalite kriterleri verilmiştir. Evsel nitelikli atıksuların dışındaki arıtılmış

atıksuların sulamada geri kullanılması için bu kriterleri sağlaması gerekmektedir. Arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçları tarımsal sulamaya uygunluk açısından bu tebliğ kapsamında değerlendirilmiştir.

### pH

pH sulardaki aktif H<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonunu göstermektedir. Bu nedenle toprakların kimyasal özelliklerini etkileyebilir. Asit topraklar pH'sı 4.8'den



düşük olan sularla belirli bir süre sulandığında, çözünür demir, mangan ya da alüminyum derişimleri bitkiler için zehirli düzeylere ulaşabilir. Aynı şekilde, tuz içeriği yüksek olan asit veya nötr sular da toprakların pH'sını düşürdüğünden bu elementleri zehirli duruma geçirebilirler (Karataş ve ark., 2005). Ayrıca sulama suyunun, pH'sının yüksek olması ile birlikte yüksek sıcaklık ve sertliğe maruz kalan boru hatlarında emitorlerin tıkanmasına ve akış hızının düşmesine neden olduğu daha önceki araştırmalarla teyit edilmiştir (Cirelli et al., 2012).

Bedbabis ve arkadaşlarının (2015) yaptıkları çalışmada; arıtılmış atıksu ile sulama yapıldığında toprak pH'sında kısa ve ani artışlara neden olduğu, uygun dozlar kullanıldığında olumsuz bir etkisinin olmadığı, eğer arıtılmış atıksu yüksek oranda bikarbonat içeriyorsa sulama yoluyla topraklara uygulanmasının toprak pH'sını artırabildiği gözlemlenmiştir.

KOSKİ (Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi) Atıksu Arıtma Tesisinde kurulan 2 m<sup>3</sup> sa<sup>-1</sup> kapasiteli pilot tesiste; çalışılan sistemlerin arıtım verimleri, günlük ve saatlik alınan numunelerde incelenmiştir. Pilot ölçekli tesis çalışmaları süresince pH parametresi 7.35-7.75 aralığında ölçülmüştür (Kurtkulak, 2014).

Biyolojik yöntemle arıtılmış kentsel atık suların sulama suyu olarak yeniden kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla farklı tipte nanofiltrasyon membranları kullanılmış, NF 90 membranı ile elde edilen süzöntü suyunun, incelenen parametrelerden potasyum hariç, sulama suyu standartlarına uygun olduğu görülmüştür. CK ve NF 270 membranlarıyla elde edilen süzöntü suyunun ise iletkenlik, sodyum, potasyum ve klorür parametreleri açısından sulama suyu standartlarını sağlamadığı belirlenmiştir (Bunani ve ark., 2012).

AATTUT Tablo E7.1'de hem Sınıf A, hem de Sınıf B için, arıtılmış atıksuların pH'sının 6-9 aralığında olması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada materyal olarak kullanılan atıksu arıtma tesisi çıkışında elde edilen pH değerleri 7-8 arasında olup, mevzuatta belirtilen pH aralığındadır ve sulama açısından herhangi bir sorun oluşturmayacağı görülmektedir.

### **Fekal Koliform**

AATTUT'de mikrobiyolojik açıdan arıtılmış atıksuyun sulamada kullanılması için iki sınıf oluşturulmuştur. İnsanların temas edebileceği bahçe, park gibi alanlarda çim ve bitkilerin çok iyi kalitede

sulama suyu ile sulanması gerekmektedir. Bu durumda, sulama suyunda fekal koliform bulunmamalıdır ve suyun mikrobiyolojik açıdan kalitesi çok iyi kontrol edilmelidir. AATTUT (2010) Tablo E.7.1 Sınıf A'ya göre fekal koliform 0/100 mL, Sınıf B'ye göre ise fekal koliform <200 adet/100 mL olmalıdır. Çalışmada materyal olarak kullanılan arıtılmış atıksuda fekal koliformun %100 verimle giderildiği belirlenmiştir.

### **Bulanıklık**

Bulanıklık suyun ışığı geçirgenliğinin bir ölçüsüdür. Sularda bulanıklığa askıda katı maddeler, planktonlar ve sudaki diğer çözünmüş organik ve inorganik maddeler neden olurlar. Bulanıklık suda canlı faaliyetlerinin olması ve kirlilik ile ilişkilendirildiğinden içme ve kullanma sularının berrak olması istenir. AATTUT (2010) Tablo E7.1'de bulanıklığın < 2 NTU olması gerektiği ifade edilmektedir. Çalışmada atıksu arıtma tesisinin bulanıklık değeri 7 NTU olup sınır değeri aştığından sulama suyu olarak kullanımı uygun değildir.

### **Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)**

BOİ, sularda mikroorganizmalarca ayrıştırılabilen organik maddelerin miktarını belirlemede kullanılan bir parametre olup, bu maddelerin ayrıştırılabilmesi için gerekli oksijen miktarını ifade eder. Su kaynaklarının kirlilik dereceleri ile atıksuların kirlilik potansiyellerinin belirlenmesinde, arıtma tesisi tasarım ve işletmesinde, alıcı ortama deşarj uygunluğunun kontrol edilmesinde önemli bir parametredir. SKKY (2004) deşarj standartlarına göre, evsel nitelikli atıksu arıtma tesisi çıkış sularının BOİ değeri 50 mg L<sup>-1</sup>, AATTUT (2010) sulama suyu kriterlerine göre de <20 mg L<sup>-1</sup> olmalıdır. Çizelge 2'ye bakıldığında arıtma tesisi çıkış suyunun BOİ değerinin 20 mg L<sup>-1</sup>'den düşük olduğu ve %98 verimle giderildiği görülmektedir. Bu verilere göre atıksu hem alıcı ortam deşarj standartlarını hem de tarımsal sulama suyu olarak kullanılabilme kriterini sağlamaktadır.

### **Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)**

KOİ su ve atıksularda kirliliğin derecesini gösteren en önemli parametrelerden birisidir ve atıksudaki organik maddelerin kimyasal stabilizasyonları için gerekli oksijen miktarını ifade eder. SKKY'ne (2004) göre KOİ parametresi için alıcı ortam standardı 180 mg L<sup>-1</sup> olup, Çizelge 2'ye göre atıksu arıtma tesisi çıkış

sularının KOİ değeri ortalama olarak 33.23 mg L<sup>-1</sup>'dir. KOİ parametresi açısından kullanılabilirliği mümkündür.

### Askıda Katı Madde (AKM)

Su numunesindeki çökebilen ve çökemeyen katı maddelerin toplamını ifade eden toplam AKM, genellikle koloidal organik madde parçaları, sediment maddeleri, çamur veya kil mineralleri ve planktonlardan ibarettir. Yüksek derişimde askıda katı madde arıtma tesisi çıkış suyu kalitesini ve alıcı ortamı olumsuz etkiler. Alıcı ortamda çökme ve dip çamuruna neden olmaktadır. AKM, sulama sistemini tıkadığı için de önemlidir.

Biyolojik paket arıtma tesisine giren atıksuyun AKM değeri ortalama olarak 940 mg L<sup>-1</sup> iken, tesisten çıkışta ortalama olarak 12 mg L<sup>-1</sup>'dir. Arıtma tesisinde AKM %99 verimle giderilmiş olup, SKKY Tablo 21 ve AATTUT Tablo E.7.1'deki değerlerle karşılaştırıldığında hem alıcı ortam deşarj standartlarını hem de sulama suyu olarak kullanılabilme kriterlerini sağladığı görülmektedir. Hamoda ve arkadaşlarının (2004) yaptıkları çalışmada, AKM %95 verimle giderilmiş ve sulama suyu standardını sağlamıştır.

### Elektriksel İletkenlik

Elektriksel iletkenlik suda toplam çözünmüş maddenin yani tuzluluğun bir göstergesidir. Aşırı tuzluluk bitki büyümesi, gelişimi ve verimliliği için sınırlayıcı bir faktördür. Toprak geçirgenliğini ve hidrolik iletkenliği de azaltır (Becerra-Castro et al., 2015). AATTUT'nde (2010) sulama suyu olarak kullanılacak arıtılmış atıksular iletkenlik açısından 3 sınıfa ayrılmaktadır. Elektriksel iletkenlik değeri <700  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olan sular I. sınıf su, 700-3000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olan sular II. sınıf su, >3000  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olan sularda III. sınıf su yani kullanımında zarar derecesi tehlikeli olan su olarak değerlendirilmektedir. Arıtma tesisi çıkış suyu iletkenlik değeri 3200  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olup, tebliğdeki değeri sağlamadığından sulama suyu olarak uygun değildir.

### Özgül İyon Toksisitesi

Sodyum ve klorür, yüksek konsantrasyonlarda bitkiler için toksisiteye sebep olan iyonlar içerisinde yer almaktadır. Sodyum, kök ve gövdenin alt kısmında birikerek uzun sürede ve yüksek konsantrasyonlarda etkisini gösterir. Sodyum konsantrasyonunun yüksek olması toprak yapısını bozduğu için bitkinin gelişimini de etkiler. Klor toprak tarafından adsorbe edilmediğinde

bitki tarafından topraktan kolayca alınır. Klor iyonlarının sebep olduğu zarar çok hızlı ve şiddetlidir (Duman, 2017). AATTUT'de yüzeysel sulama için sodyum konsantrasyonu <3 mg L<sup>-1</sup> olan sular I. sınıf su, 3 ila 9 mg L<sup>-1</sup> arasında olan sular II. sınıf su, >9 mg L<sup>-1</sup> olan sularda III. sınıf su yani kullanımında zarar derecesi tehlikeli olan su olarak değerlendirilmektedir. Damla sulamada ise sodyum konsantrasyonu <70 mg L<sup>-1</sup> olan sular I. sınıf su, >70 mg L<sup>-1</sup> olan sular II. sınıf su olarak değerlendirilmektedir. Atıksu arıtma tesisi çıkış suyunun sodyum konsantrasyonu 98 mg L<sup>-1</sup>'dir. Bu değer AATTUT (2010) kapsamında değerlendirildiğinde arıtma tesisi çıkış suyunun sulama suyu olarak kullanımının zarar derecesi tehlikeli olarak sınıflandırılabilir.

AATTUT'de yüzeysel sulama için klor konsantrasyonu <140 mg L<sup>-1</sup> olan sular I. sınıf su, 140-350 mg L<sup>-1</sup> olan sular II. sınıf su, >350 mg L<sup>-1</sup> olan sularda III. sınıf su yani kullanımında zarar derecesi tehlikeli olan su olarak değerlendirilmektedir. Damla sulamada ise klor konsantrasyonu <100 mg L<sup>-1</sup> olan sular I. sınıf su, >100 mg L<sup>-1</sup> olan sular II. sınıf su olarak değerlendirilmektedir. Arıtma tesisi çıkış suyunun klor konsantrasyonu da 112 mg L<sup>-1</sup> olup, AATTUT'nin sulama suyunun kimyasal kalitesinin değerlendirilme kriterleri ile mukayese edildiğinde yüzey sulamada kullanılabileceği görülmektedir.

### SONUÇ

Yüksek miktarlarda su ihtiyacı olan tarım sektöründe arıtılmış atıksuların kullanımıyla su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir bir şekilde korunması ve kullanılması sağlanmış olur. Arıtılmış atıksuların sulamada kullanılması durumunda suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler açısından sınır değerlere uygunluğu dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada tarımsal amaçlı kullanım için arıtılmış atıksu AATTUT kapsamında değerlendirilmiş olup, pH, BOİ, KOİ, AKM, klor ve fekal koliform açısından tarımsal sulamaya uygun olduğu ancak bulanıklık, iletkenlik ve sodyum parametreleri açısından ise sulamada kullanımının mümkün olmadığı belirlenmiştir. Çıkış suyuna ters osmoz, iyon değişimi gibi iletkenliği ve sodyum konsantrasyonunu düşürücü ilave bir arıtım uygulandığı takdirde evsel nitelikli arıtılmış atıksu, sulama suyu olarak kullanılabilir ve böylelikle hem alıcı ortam hem de su kaynakları korunmuş olacaktır.

**KAYNAKLAR**

- Agrafioti E, Diamadopoulos E, 2012. A strategic plan for reuse of treated municipal wastewater for crop irrigation on the Island of Crete. *Agricultural Water Management*, 105: 57– 64.
- Aşık BB, Özsoy G, 2016. The use of treated waste water for agricultural irrigation and potential risks. *Works of the Faculty Agriculture and Food Sciences*, Vol. 61, No.66/1: 198-203.
- AATTUT, 2010. Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği, T.C. Resmi Gazete, 27527, 20.03.2010.
- AWWA, APHA, WPCF, 1985. Standart methods for water and wastewater examination. Sixteen edition, New York.
- Becerre-Castro C, Lopes AR, Vaz-Moreira I, Silva EF, Manaia CM, Nunes OC, 2015. Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. *Environment International*, 75: 117-135.
- Bedbabis S, Trigui D, Ahmed CB, Clodoveo ML, Camposeo S, Vivaldi AG, Rouina BB, 2015. Long-terms effects of irrigation with treated municipal wastewater on soil, yield and olive oil quality. *Agricultural Water Management*, 160: 14–21.
- Belhaj D, Jerbi B, Medhioub M, Zhou J, Kallel M, 2016. Impact of treated urban wastewater for reuse in agriculture on crop response and soil ecotoxicity. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23: 15877-15887.
- Bunani S, Yörükoğlu E, Sert G, Yüksel Ü, Yüksel M, Kabay N, 2012. Biyolojik Yöntemle Arıtılan Kentsel Atıksuların Yeniden Kullanımı İçin Nanofiltrasyon (NF) Yönteminin Uygulanması. Onuncu Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, Koç Üniversitesi, 3-6 Eylül 2012, İstanbul.
- Cirelli GL, Consoli S, Licciardello F, Aiello R, Giuffrida F, Leonardi C, 2012. Treated municipal wastewater reuse in vegetable production. *Agricultural Water Management*, 104: 163–170.
- Çevre Kanunu, 1983. T.C. Resmi Gazete, 18132, 09.08.1983.
- Demirer GN, 2011. Türkiye’de Atıksuların Yeniden Kullanımı. Alman Su Ortaklığı Günü. 17 Mart 2011, Ankara.
- Duman H, 2017. Arıtılmış Kentsel Atıksuların Sulamada Yeniden Kullanımı; Kayseri Atıksu Arıtma Tesisi Örneği. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, 100 s.
- Erdoğan R, Mansuroğlu S, Atik M, Gülyavuz P, 2009. Turizm Kentlerinde Suyun Yeniden Kullanımı: Antalya Örneği. 1. Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Haziran 2009, Konya.
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2016. Evsel Kaynaklı Arıtılmış Suların Tarımsal Sulamada Kullanımı. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Eğitim Yayın ve Yayınlar Dairesi Başkanlığı, 2016 Yılı 10. Kalkınma Planı Çalışmaları.
- Hamoda MF, Al-Ghusain I, Al-Mutairi NZ, 2004. Sand filtration of wastewater for tertiary treatment and water reuse. *Desalination*, 164: 203-211.
- Karataş BS, Akkuzu E, Aşık Ş, 2005. İzmir Kentsel Arıtılmış Atık Sularının Sulamada Kullanım Olanaklarının İncelenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(3): 111-122.
- Kayikcioglu HH, 2012. Short-term effects of irrigation with treated domestic wastewater on microbiological activity of a Vertic xerofluent soil under Mediterranean conditions. *Journal of Environmental Management*, 102: 108-114.
- Kendirli B, Çakmak B, Kesmez GD, 2003. Sulamada Atıksu Kullanımı. 2.Ulusal Sulama Kongresi, 19 Ekim 2003, Aydın.
- Kitiş M, Yiğit N, Köseoğlu H, Bekaroğlu ŞŞ, 2009. Su ve Atıksu Arıtımında İleri Arıtma Teknolojileri- Arıtılmış Atıksuların Geri Kullanımı. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Görevlisi Eğitim Ders Notları.
- Koyuncu İ, İmer DY, 2016. *Atıksu Geri Kazanımı. İTÜ MEM-TEK Bülteni*.
- Kurtkulak H, 2014. Kentsel Atıksuların Geri Kazanımı ve Yeşil Alanların Sulanmasında Yeniden Kullanımı: Konya Kenti Örneği. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 103s.
- Özbay İ, Kavaklı M, 2008. Türkiye’de ve Diğer Ülkelerde Arıtılmış Atıksuların Geri Kazanım Uygulamalarının İncelenmesi. Çevre Sorunları Sempozyumu, 14-17 Mayıs 2008, Kocaeli.
- Pedrero F, Kalavrouziotis I, Alarcon JJ, Koukoulakis P, Asano T, 2010. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture-Review of some practices in Spain and Greece. *Agricultural Water Management*, 97: 1233-1241.
- Perez CF, Madera-Parra CA, Echeverri-Sanchez AF, Urrutia-Cobo N, 2015. Wastewater Reuse: impact the chemical and macronutritional attributes of an inceptisol irrigated with treated domestic wastewater. *Ingenieria y Competitividad*, Vol. 17: 19-28.
- Sarıkaya E, Demirer Göksel N, Göçmez S, Esemem T, Klein D, Dockhorn T, 2011. Türkiye’de Arıtılmış Atıksu ve Besiyerlerin Tarımda Yeniden Kullanılması. 9. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 05-08 Ekim 2011, Samsun.
- SKKY, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, 25687, 31.12.2004.
- SKKYTUT, 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin Uygulanmasına Dair Teknik Usuller Tebliği, T.C. Resmi Gazete, 20748, 07.01.1991.
- Yurtseven E, Çakmak B, Kesmez D, Polat E, 2010. Tarımsal Atık Suların Sulamada Yeniden Kullanılması. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 135-154, 11-15 Ocak 2010.
- Zaibel I, Zilberg D, Groisman L, Arnon S, 2016. Impact of treated wastewater reuse and floods on water quality and fish health within a water reservoir in an arid climate. *Science of the Total Environment*, 559: 268-281.



## Yaban Mersini (*Vaccinium myrtillus*) Şarabının Antioksidan Aktivitesinin Araştırılması

Tuğçe URUK<sup>1</sup>, Sibel KAHRAMAN<sup>1</sup>

**ÖZET:** Yaban mersini ülkemizde de yetiştirilen antioksidan aktivitesi yüksek meyvelerden biridir. Yaban mersini meyve şarabı yapımında da kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, klasik maserasyon yöntemi ile üretilen yaban mersini şarabının fermantasyon boyunca alkol miktarı, toplam asitlik, indirgen şeker, toplam fenolik madde ve antosiyanin değişimleri haftalık olarak incelenmiştir. Üretilen şarapta antioksidan aktivite testleri 2,2-difenil-1-pikril hidrazil (DPPH) radikal giderme yöntemi ve indirgeyici güç metodları ile tayin edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre şarabın alkol değeri fermantasyon sonunda %12'ye ulaşmıştır. Fermantasyon boyunca toplam asitlik değeri 11.6 g L<sup>-1</sup>'den 8.7 g L<sup>-1</sup>'ye düşmüş, antosiyanin miktarı azalmış ve fermantasyon bitiminde 15 mg L<sup>-1</sup>'ye düşmüştür. Toplam fenolik bileşen içeriği fermantasyon bitiminde 199.49 mg L<sup>-1</sup> bulunmuştur. % DPPH Radikal giderme aktivitesi %52.5, indirgeyici güç aktivitesi ise 0.170 olarak bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Antioksidan aktivite, antosiyanin, şarap, *Vaccinium myrtillus*, yaban mersini

## A Research for the Antioxidant Activity of Blueberry (*Vaccinium myrtillus*) Wine

**ABSTRACT:** Blueberry is one of the fruits that has high antioxidant activity grown in our country. Blueberry is also used for wine making. In this study we investigated alcohol amount, total acidity, reducing sugar, total phenolic content and anthocyanine changes as weekly periods during fermentation in blueberry wine produced by the classical maceration method. It is also performed some antioxidant tests; 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl DPPH radical scavenging activity and reducing power in the final product. Alcohol amount is determined as 12% for final product. Total acidity amount of wine decreased from 11.6 g L<sup>-1</sup> to 8.7 g L<sup>-1</sup> during fermentation and anthocyanine content decreased to 15 mg L<sup>-1</sup>. Total phenolic content is measured as 199.49 mg L<sup>-1</sup>. % DPPH Radical scavenging activity and reducing power was found as 52.5% and 0.170, respectively.

**Keywords:** Antioxidant activity, anthocyanin, blueberry, wine, *Vaccinium myrtillus*

<sup>1</sup> Tuğçe URUK (0000-0002-5651-0435), Sibel KAHRAMAN (0000-0002-8625-5471), İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Sibel KAHRAMAN, sibelkahraman@aydin.edu.tr

## GİRİŞ

Şarap üretiminde materyal olarak sadece üzüm değil, ülkelerin ekolojilerine göre yetiştirilebilen diğer meyveler de kullanılmaktadır. Meyve şarapları batı ülkelerinde 6. yüzyıldan beri üzüm şarabından farklı olarak üretilmektedir. 'En büyük farklılık hammaddenin değişikliği olup, bunun yanında meyve suyunun seyreltilmesi, tatlandırılması, fermantasyon ve eskitme uygulamalarının kendine özgü olması ve üretildiği meyvenin buke ve aromasını tam olarak taşıyor olması da diğer farklılıklardır' (Fidan ve Anlı, 2000). Meyve şarapçılığında yaygın olarak çilek, ahududu ve yaban mersini gibi üzüksü meyveler kullanılmaktadır. Yaban mersininin dünyada Batı Asya ve Kuzey Amerika'da üretimi yapılmakta, Türkiye'de ise 40-42° kuzey enlemleri arasında kalan ve büyük kısmını Karadeniz Bölgesi'nin kapladığı alanda, Giresun, Erzurum, Trabzon ve Rize başta olmak üzere nispeten yüksek rakımlı, asitli ve organik maddece zengin topraklarda kolayca yetişebilmektedir. Son yıllarda Karadeniz Bölgesi'ndeki doğal asitli topraklarda yaban mersininin *V. myrtillus* çeşidi kullanılarak üretim alanları hızla artmaktadır. *V. myrtillus* asitli ve organik madde bakımından zengin topraklara sahip ılıman iklim kuşağında yetişebilen üzüksü bir meyvedir. Yaban mersininin ülkemizde bulunan türü *V. myrtillus*'tur. 2000'li yıllarda yapılan araştırmalar *V. myrtillus*'un antioksidan içeriği en yüksek olan meyvelerden biri olduğunu, kanser riskini azaltan antioksidanlar içerdiğini ve özellikle beyin fonksiyonlarının üzerine önemli derecede olumsuz etkiye sahip olan Alzheimer hastalığının oluşumunun önlenmesinde etkili olduğu belirtilmektedir (Çelik, 2006).

Yaban mersini şarabı geleneksel fermantasyon yöntemi ve modern gıda işleme yöntemleriyle yapılan bir meyve şarabıdır. Flavonoid ve fenolik asitler gibi antioksidan maddelerce zengindir. Yaban mersini şarabında kamferol, ferulik asit, vanilik asit, kafeik asit, gallik asit ve protokateşuik asit bulunmaktadır (Li et al., 2011).

Şaraplarda kaliteyi belirleyen iki temel faktör çeşit ve uygulanan işleme tekniğidir. Meyve şaraplarında kullanılan çeşidin şarap üretimine uygunluğu (şeker, asit ve aroma) son derece önemlidir.

Bu çalışmanın amacı klasik maserasyon yöntemiyle *V. myrtillus* türü yaban mersini şarabının üretimi esnasında şarabın fermantasyon boyunca alkol, asitlik, indirgen şeker, fenolik bileşen içeriği, antosiyanin miktarı değişimini belirlemek ve fermantasyon bitiminde şarabın antioksidan aktivitesini tayin etmektir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Şarap yapımında 2014 yılında Artvin'den temin edilen *V. myrtillus* türü yaban mersini kullanılmıştır. 10 kg yaban mersini elle ayıklandıktan sonra, elle sıkılarak ezme işlemi uygulanmış ve 50 mg L<sup>-1</sup> olacak şekilde sodyum bisüfit ile kükürtleme yapılarak, mayşe hacmen ikiye ayrılmıştır. Ayrılan kısımlar üzerinde hava kilidi bulunan 10 L'lik cam damacanalara konmuşlardır. Bir kısım mayşeye 85°C'de 1 dakika pastörizasyon işlemi uygulandıktan sonra her iki mayşeye 50 mg L<sup>-1</sup> olacak şekilde pektolitik enzim ilavesi yapılarak 48-72 saat maserasyona bırakılmıştır.

Şıra eldesinden sonra 13<sup>0</sup> alkol oluşturacak hesabı ile önce 90 öksele derecelik sakkaroz ve su katılmıştır. 200 mg/L Pak maya markalı maya ilavesi ile fermantasyon işlemi başlatılmıştır. Fermantasyonun 3. günü 10 öksele derecelik sakkaroz ilavesi yapılmıştır. Belirli aralıklarla fermente olmakta olan şıra tortularından arındırılmış ve 1 defa 30 mg/L kükürtleme işlemi yapılmıştır ve şıra steril edilmiş başka bir cam damacanaya aktarılıp, bulunduğu damacanaadaki tortular alınması suretiyle tortularından arındırılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Fermantasyon, sıcaklığı 18-22°C arasında değişen laboratuvar ortamında kapalı bir dolapta gerçekleştirilmiştir. Fermantasyon sonlanana kadar haftada bir kez olmak üzere periyodik olarak şıradan küçük hacimlerde örnek alınmış ve 3 paralelli çalışılarak alkol, asitlik, indirgen şeker, fenolik bileşen içeriği, antosiyanin miktarı ve antioksidan aktivitesi çeşitli yöntemlerle tayin edilmiştir.

### Alkol Tayini

250 mL şarap litrelik balona boşaltılarak, şarabın içerdiği karbondioksit ultrasonik banyoda uzaklaştırıldı. Destilasyon düzeneği kurularak 250 ml destilat toplanana kadar destilasyon işlemine

devam edildi. Alkolmetrenin termometresinden okuma sıcaklığı, % hacim alkol derecesi okundu. Alkolmetreler ve alkol skalası kullanılarak 20°C’ deki % hacim alkol derecesi hesaplandı (Yavuzeser,1989).

### Toplam Asit Tayini

Toplam asit, vakum altında karbondioksiti alınan şaraptan, 10 mL numune alınarak, pH metre ile pH=8.2’ye kadar 0.1 N’lik NaOH çözeltisi ile titre edilmek suretiyle belirlenmiştir. Sonuçlar meq L<sup>-1</sup>ve g L<sup>-1</sup> (sitrik asit cinsinden) olarak verilmiştir (Anonymous, 1990).

### İndirgen Şeker Tayini

İndirgen şeker tayini, Carrez çözeltileri kullanılarak rengi kaybolan ve seyreltilen şaraplarda Luff-Schoorl metoduna göre yapılmıştır (Ough and Amerine, 1988).

### Toplam Fenolik Bileşen Tayini

Toplam fenolik bileşen miktarı Folin yöntemine göre (Slinkard and Singleton, 1997) Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak tayin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar gallik asit kalibrasyon eğrisinden mg L<sup>-1</sup> olarak gallik asit ekivalenti (GAE) olarak hesaplanmıştır.

Sonuçlar Eşitlik 1’e göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ DPPH Radikal Giderme Aktivitesi} = [(A_0 - A_1) / A_0] * 100$$

$A_0$  = Kontrol absorbans değeri

$A_1$  = Örneğin absorbans değeri

### İndirgeyici Güç

Yaban mersini şarabının indirgeyici gücünün tayini Oyaizu metoduna göre yapılmıştır (Oyaizu, 1986). 2.5 mL şarap örneğine 2.5 mL 0.2 M fosfat tamponu (pH=6.6) ve 2.5 mL %1’lik potasyum ferrisiyanür [ $K_3Fe(CN)_6$ ] ilave edildikten sonra karışım 50°C’de 20 dakika inkübe edilmiştir. Bu işlemlerden sonra reaksiyon karışımına 2.5 mL %10’luk triklorasetik asit (TCA) ilave edilmiştir. 10 dakika boyunca 3000 rpm’de santrifüj edilip ve santrifüj sonrası üst fazdan 2.5 mL alınarak başka

### Antosiyanin Tayini

Toplam antosiyanin miktarının belirlenmesinde değişik pH yöntemi kullanılmıştır. Yöntemde örnekler pH=4.5 ve pH=1 tampon çözeltileri ile karıştırılmış ve spektrofotometrede örneklerin maksimum absorbans gösterdiği 510 ve 700 nm’de absorbans değerleri tespit edilmiştir. Toplam antosiyanin miktarı siyanidin-3-glikozit cinsinden hesaplanmıştır (Ribereau-Gayon et al., 2000).

### Antioksidan Aktivite Tayini

Antioksidan aktivitesi tayinin de % DPPH radikal giderme aktivitesi ve indirgeyici güç yöntemleri kullanılmıştır.

### % DPPH Radikal Giderme Aktivitesi

DPPH Radikal giderme aktivitesi Brand-Williams et al., (1995) metoduna göre tayin edilmiştir.

DPPH radikalinin günlük olarak 20 mg L<sup>-1</sup> konsantrasyonun da olacak şekilde metanoldeki çözeltisi hazırlanmıştır.

Hazırlanan radikal çözeltisinden 1.5 mL alınarak üzerine 0.75 mL şarap örneği ilave edilmiştir. 30 dakikanın sonunda absorbanstaki değişim 517 nm’de kör çözeltiliye (metanol) karşı spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

(Eşitlik 1)

tüpe aktarılmıştır. Bu çözeltilerin üzerine 2.5 mL destile su ve % 0.1’lik 0.5 mL FeCl<sub>3</sub> ilave edildikten sonra absorbans 700 nm’de köre karşı okunmuştur. Kör olarak destile su kullanılmıştır. Standart olarak ise BHA ve α-tokoferol kullanılmıştır

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Fermantasyon sürecinde % alkol, toplam asitlik (g L<sup>-1</sup>), indirgen şeker (g L<sup>-1</sup>), fenolik bileşik (mg L<sup>-1</sup>GAE), antosiyanin (mg L<sup>-1</sup>) değişimi Çizelge 1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.** Yaban mersini şarabının fermantasyon süresince % alkol, toplam asitlik, indirgen şeker, fenolik bileşen ve antosiyanin değerleri

	1.hafta	2.hafta	3.hafta	4.hafta	5.hafta	6.hafta	7.hafta	8.hafta
<b>% Alkol</b>	1 ±0.0	2 ±0.0	5 ±0.0	9 ±0.0	10 ±0.0	11 ±0.0	12 ±0.0	12.8 ±0.0
<b>Toplam Asitlik (g L<sup>-1</sup>)</b>	11.6 ±0.1	11.4 ±0.1	11.1 ±0.1	10.3 ±0.1	9.7 ±0.1	9.3 ±0.1	8.9 ±0.1	8.7 ±0.1
<b>İndirgen Şeker (g L<sup>-1</sup>)</b>	50.2 ±0.1	46.5 ±0.1	33.6 ±0.1	23.9 ±0.1	14.8 ±0.1	9 ±0.1	6.9 ±0.1	6 ±0.1
<b>Toplam Fenolik Bileşen (mg L<sup>-1</sup>GAE)</b>	231.31 ±0.2	220.71 ±0.2	218.18 ±0.2	210.61 ±0.2	201.52 ±0.2	201 ±0.2	199.49 ±0.2	199.49 ±0.2
<b>Antosiyanin (mg L<sup>-1</sup>)</b>	570 ±0.5	408 ±0.5	293 ±0.1	184 ±0.5	120 ±0.5	88 ±0.5	61 ±0.5	15 ±0.1

\*Sonuçlar üç değerin ortalamasıdır(n=3).

### Alkol seviyesi

Bu araştırmada alkol seviyesi fermantasyon sürecinde artmış ve fermantasyon sonucunda %12.8'e ulaşmıştır (Çizelge 1). Resmi gazetede yayımlanan 27131 sayılı Türk Gıda Kodeksi Şarap Tebliği'ne göre (2009) ise, şarabın hacmen gerçek alkol miktarı en az % 9, toplam alkol miktarı en fazla %15 olması gerektiği belirtilmiştir. Bu alkol düzeyine 2-3 haftalık bir fermantasyon süreciyle ulaşılmaktadır. Çalışmada fermantasyonun beklenenden daha uzun sürmesi laboratuvar sıcaklığının 18-22°C olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Alkol düzeyi şarabın kalitesine ve dayanıklılığına etki eden bir faktördür. Alkol düzeyi az olan şaraplar mayaların ve bakterilerin etkilerine daha fazla maruz kalmaktadır. Şarabın dayanıklılığı açısından alkol düzeyinin %10'un altına düşmesi şarabın dayanıklılığını azaltmaktadır (Canbaş, 2005). Yapılan bir çalışmada böğürtlen şarabı için alkol oranı pastörize şarapta %14.02 olarak saptanmıştır (Togay, 2005). Bizim çalışmamızda ilave edilen şeker miktarı ile alkol seviyesinin 7. haftanın sonunda %12 olması hedeflenmiştir. Yapılan çalışmada hedeflenen alkol miktarı Türk Gıda Kodeksi Şarap Tebliği'ne uygun ve meyve şaraplarında yapılan çalışmalarla paralellik göstermektedir. Şarapta herhangi bir mikrobiyal bozulma gerçekleşmeden 16 aydır korunmasında alkol miktarının %10'un üzerinde olmasının etkisi gözlenmiştir.

### Toplam Asitlik Tayini

Çizelge 1'de görüldüğü gibi çalışmamızda fermantasyon başlangıcında 11.6 g L<sup>-1</sup> olan toplam asitlik seviyesi fermantasyon süresinin bitiminde 8.70 g L<sup>-1</sup>'ye azalmıştır. Toplam asitlik değeri şarapta serbest halde bulunan mineral ve organik asitlerin (tartarik, malik, sitrik, süksinik, laktik, asetik asit gibi) miktarını vermektedir. Toplam asitlik şarapların tat ve dayanıklılığı üzerinde etkilidir. Asitlik, hastalık yapan mikroorganizmaların etkisini önleyerek şaraba dayanıklılık ve tazelik kazandırır. Ayrıca tanenlerin burukluğunu artırarak aromayı da etkiler. Renk maddelerinin çözünmesini kolaylaştırarak rengin daha canlı olmasını sağlar ve şarapların renk tonu üzerinde etkili olur (Canbaş, 2005).

Rommel et al., (1992) toplam asitliğin sitrik asit cinsinden tanık böğürtlen şaraplarında 9.1-10.9 g L<sup>-1</sup> arasında, pastörize böğürtlen şaraplarında ise 10.3-11.9 g L<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Amerine et al., (1980) böğürtlen şarabı ile ilgili bir çalışmada toplam asitliği 8.9 g L<sup>-1</sup> olarak saptamışlardır. Rommel et al., (1990) pastörizasyon işleminin organik asitlerin enzimatik parçalanmasını engellediğinden toplam asit seviyesini koruduğunu bu sebeple pastörize olan şaraplarda asit miktarının tanık şaraplarına oranla daha yüksek seviyede olduğunu tespit etmişlerdir.



### İndirgen Şeker Tayini

İndirgen şeker seviyesinin fermantasyon süresince haftalara göre değişimi incelendiğinde 1 haftada 50.2 g L<sup>-1</sup> olarak ölçüldüğü, daha sonra bu miktarın giderek azalarak 8. hafta sonunda 6 g L<sup>-1</sup> olarak tespit edildiği görülmektedir (Çizelge 1). Fermantasyon süresince azalan şeker miktarı ve artan alkol oranı ilave edilen şekerin alkole dönüştüğünü göstermektedir.

Rommel et al., (1992), ürettikleri böğürtlen şaraplarına daha dengeli bir şarap elde etmek amacıyla şişeleme aşamasında 30 g L<sup>-1</sup> şeker ilavesini önermişlerdir. Türk ve Alman şarap yönetmeliklerine göre üzüm sü meyvelerden elde edilen şaraplarda toplam şeker miktarı çerez şaraplarda minimum 20 g L<sup>-1</sup> seviyesinde olmalıdır. Üzüm sü meyve olan çilekten yapılan çeşitli tipteki şaraplarda şeker içeriğinin 2.5-81.1 g L<sup>-1</sup> arasında değiştiği bildirilmiştir (Güven, 1994).

### Toplam Fenolik Bileşen İçeriği

Fenolik bileşikler; benzen halkası içeren organik maddelerdir. Bunlar bitkiler aleminde bulunan ikincil metabolitlerdir. Fenolik maddeler meyvelerde genellikle düşük miktarda bulunmasına rağmen bunların işlenmelerinde değişik sorunlara neden olabilen önemli bileşiklerdendir (Tosun ve Artık, 1998). Bu bileşikler, özellikle meyvenin ve elde edilen ürünün görünüşü, tadı ve aromasında önemli rol oynarlar (Tomas-Barberan and Espin, 2001).

Yaban mersini şarabındaki fenolik bileşik seviyesi gallik asit kalibrasyon eğrisi çizilerek gallik asit ekvivalenti cinsinden hesaplanmıştır. Fermantasyonun ilk haftasında 231.31 mg L<sup>-1</sup>GAE olan fenolik bileşen miktarı fermantasyon esnasında önemli bir azalma göstermeyerek fermantasyon sonunda 199.49 mg L<sup>-1</sup> GAE olarak ölçülmüştür. Su and Chien (2007), çalışmalarında yaban mersininin *Vaccinium ashei* türünden iki farklı işleme tekniğiyle yapılan şaraplarda fenolik bileşen içeriğini 85.8 ± 1.54 ve 115 ± 3.06 mg/100 mL GAE olarak tayin etmişlerdir.

Farklı kırmızı meyve çeşitlerinden imal edilen şarapların toplam fenolik madde düzeylerinin tespit edildiği bir çalışmada, toplam fenolik madde düzeyleri yüksekten düşüğe göre vişne şaraplarında 1080 mg L<sup>-1</sup>GAE, kırmızı böğürtlen ve siyah frenk üzümü şarabında, 1050 mg L<sup>-1</sup>GAE, siyah frenk üzümü ve yaban mersini şarabında 1040 mg L<sup>-1</sup>GAE, kırmızı

frenk üzümü şarabında ise 890 mg L<sup>-1</sup>GAE ve frenk üzümü şarabında 870 mg L<sup>-1</sup>GAE olarak bulunmuştur (Heinonen et al.,1998).

### Antosiyanin Tayini

Antosiyaninler, çoğu meyve, sebze ve çiçeklerin kırmızıdan maviye kadar değişen renklerini oluşturan ve suda çözünen doğal pigmentlerdir (Cemeroğlu ve ark., 2001). Bu çalışmada antosiyanin miktarının fermantasyon sürecindeki değişimi Çizelge 1’de görülmektedir.

Bu çalışmada fermantasyon sürecinde antosiyanin miktarı 1. haftada 570 mg L<sup>-1</sup>olarak tayin edilmiş, diğer haftalarda azalma göstererek 8.hafta sonunda 15 mg L<sup>-1</sup> seviyesine inmiştir. Rommel et al., (1992) antosiyanin düzeyin “Evergreen” çeşidi böğürtlenlerden ürettikleri tanık şaraplarda 29 mg L<sup>-1</sup>, pastörize şaraplarda 71 mg L<sup>-1</sup> olarak bulmuşlardır. Yaban mersini şarabının antosiyanin miktarı böğürtlen şarabından daha düşüktür. Üzüm sü meyve şarapları hakkında yapılan bir çalışmada toplam antosiyanin içeriğinin depolama sürecinde bizim çalışmamıza benzer olarak tüm şarap numunelerinde azalma gösterdiği saptanmıştır (Rein, 2005).

Pilando et al., (1985) üzüm sü meyvelerden üretilen şaraplardaki renk bozulmasında enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşmeyle beraber, antosiyanin pigmentlerindeki dayanıksızlığın etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yanında araştırmacılar üzüm sü meyve suyundaki antosiyaninin yalnızca %3-9’unun şaraba nüfuz edebildiğini saptamışlardır.

### DPPH Radikal Giderme Aktivitesi

DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) ticari olarak elde edilebilen stabil organik azot radikalidir (Huang et al., 2005). % DPPH radikal giderme aktivitesi analiz yöntemi doğal ekstraktların antioksidan kapasitesini ölçmede çok sık kullanılan bir metottur (Mot et al., 2011). Bu yöntemde antioksidan tarafından DPPH serbest radikale proton transferi reaksiyonu 517 nm’de absorbansın azalmasına neden olmaktadır. Bu metot basit, hızlı ve birçok örneğin radikal süpürme aktivitesini izlemek için farklı örneklerin çözünürlüklerine elverişli bir metot olarak tarif edilir. Bu çalışmada DPPH radikali giderme aktivitesi %52.5 olarak bulunmuştur. Güvenç ve arkadaşları (2011) ise, DPPH yöntemiyle Şirince Vincent yaban mersini şarabının antioksidan aktivitesini bizim şarabımızdan daha düşük %45 olarak

bulmuşlardır. Şirince şarabının alt türü bilinmemekle beraber antioksidan aktivitedeki farklılığın nedeninin meyvedeki yöresel farklılık olduğu ve şaraba işlemedeki farklılık olabileceği düşünülmüştür.

### İndirgeyici Güç

İndirgeyici güç analizi antioksidan aktivitenin bir göstergesidir.  $Fe^{+3}$ - $Fe^{+2}$ 'ye değişimiyle oluşan metal kompleksinin konsantrasyonuna bağlı olarak 700 nm'de absorpsiyon ölçülmektedir. Buna göre yaban mersini şarabının indirgeyici güç değeri 0.170 bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada Narince şarabı için indirgeyici güç değeri bizim değerimizden daha yüksek olarak 0.23 bulunmuştur (Baydar ve ark., 2011). Şarabın indirgeyici güç değeri standart olarak kullanılan  $\alpha$ -tokoferol ve BHA'nın indirgeyici güç değerlerinden daha düşük bulunmuştur.

### SONUÇ

Yaban mersininin içerdiği antioksidanlar kanser riskini azaltmaktadır. Özellikle 2000'li yıllarda yapılan araştırmalar antioksidan içeriği yüksek olan meyvelerin insan beslenmesi üzerine kullanımları konusunda yoğunlaşmıştır. Bu araştırmalara göre antioksidan içeriği en yüksek olan meyvelerden biri yaban mersinidir. Özellikle beyin fonksiyonlarını üzerine önemli derecede olumsuz etkiye sahip olan Alzheimer hastalığının oluşumunun önlenmesi üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir (Joseph et al., 2003)

### KAYNAKLAR

- Amerine MA, Berg HW, Konkae RG, Ough GS, Singleton VL, Webb AD, 1980. Fruit Wines. Technology of Wine Making, Fourth Edition, The AVI Publishing Company, Inc. Westport Connecticut, 515-531.
- Anonymous, 1990. Recueil des Methodes International d'analyses des Vins et des mouts. Office International de la Vigne et du Vin, Paris.
- Baydar NG, Babalık Z, Türk FH, Çetin ES, 2011. Phenolic composition and antioxidant activities of wines and extracts of some grape varieties grown in Turkey, Tarım Bilimleri Dergisi, 17: 67-76.
- Brand-Williams W, Cuvelier M, Berset C, 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie Food Science and Technology, 28: 25-30.
- Canbaş A, 2005. Şarap Teknolojisi Ders notları, (Yayınlanmamış), Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Balcalı, Adana.
- Cemeroğlu B, Yemenicioğlu A, Özkan M, 2001. Meyve ve sebzelerin bileşimi. Gıda, 24 (3): 21-25.

Yaban mersininden imal edilen şarap da antioksidan açısından zengindir. Bu araştırma yaban mersini şarabının antioksidan aktivitesini araştırmak için yapılmıştır. Laboratuvar şartlarında imal edilen yaban mersini şarabının oluşum sürecindeki değişimler haftalık periyotlar halinde izlenmiştir.

Fermantasyon sürecinde yaban mersini şarabının alkol seviyesinin 1. ve 4. haftalar arasında hızlı bir yükselme göstererek 9 katına çıktığı, 8. haftada yaklaşık %35 olarak arttığı saptanmıştır. Toplam asitlik seviyesinin giderek azalma gösterdiği ve başlangıçta 11.6 olan değer 8. hafta sonunda 8.7'ye azaldığı tespit edilmiştir. İndirgen şeker seviyesinin 8 haftalık süreçte yaklaşık 8 kat azaldığı görülmüştür. Toplam fenolik bileşen seviyesinin 8 haftalık süreçte 231.31 mg L<sup>-1</sup>GAE'den 199.49 mg L<sup>-1</sup>GAE'ye azaldığı saptanmıştır. Fermantasyon sürecinde antosiyanin miktarı 1. haftada 570 mg L<sup>-1</sup>'ye çıkmış, diğer haftalarda azalma göstererek 8. hafta sonunda 15 mg/L seviyesine inmiştir. Bu araştırmada yaban mersini şarabının % DPPH radikal giderme aktivitesi %52.5 olarak bulunmuştur. Antioksidan aktivitenin bir göstergesi olan indirgeyici güç değeri 0.170 olarak ölçülmüştür. Yaban mersini şarabı da yaban mersininin meyvesi gibi önemli oranda antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle yaban mersini şarabının dengeli bir şekilde diyetle eklenmesinin vücudu oksidatif strese karşı koruyucu olacağı düşünülmektedir.

- Çelik H, 2006, Karadeniz Meyvesi İçin Yeni Bir Meyve Türü Yaban Mersini (Likapa). 2. Ulusal Üzümü Meyveler Sempozyumu, Eylül, Tokat.
- Fidan I, Anlı RE, 2000. Meyve Şarapları Üretimi, Özel Şaraplar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Kavaklıdere Eğitim Yayınları, no:3, 117, 170.
- Güven S, 1994. Bazı Meyvelerden Çeşitli Tipte Şarap Üretimi Üzerine Araştırmalar. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Çanakkale, TAGEM-GY-04-E-2 No:21, 22s..
- Güvenç A, Gül H, Uzun E, 2011. Yaban mersini posasının antioksidan kapasitesi ve trans-resveratrol derişimi üzerine ses ötesi dalgaların etkisinin incelenmesi. BAP Proje, 11Ö4343001, s25.
- Heinonen IM, Lehtonen PJ, Hopia AI, 1998. Antioxidant activity of berry and fruit wines and liquors. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 25-31.
- Huang D, Ou B, Prior RL, 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 1841-1856.

- Joseph, JA., Denisova, NA., Arendash, G, Gordon, M, Diamond, D, Shukitt-Hale, B, 2003. Blueberry supplementation enhances signaling and prevents behavioral deficits in an Alzheimer disease model. *Nutritional Neuroscience*, 6: 153-162.
- Li Z, Chi LZ, Zhu JK, Zhang YY, Wang QJ, He PT, 2011. Simultaneous determination of active ingredients in blueberry wine by CE-AD. *Chinese Chemical Letters*, 22: 1237-1240.
- Mot CA, Dumitrescu SR, Sarbu C, 2011. Rapid and effective evaluation of the antioxidant capacity of propolis extracts using DPPH bleaching kinetic profiles, FT-IR and UV-VIS spectroscopic data. *Journal of Food Composite and Analysis*, 24, 516-522.
- Ough CS, Amerine MA, 1988. *Methods for analysis of Musts and Wines*. John Wiley and Sons, New York.
- Oyaizu M, 1986. Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Japanese Journal of Nutrition*. 44: 307-315.
- Pilando LS, Wrolstad RE, Heatherbell DA, 1985. Influence of fruit composition maturity and mold contamination on the color and appearance of strawberry wine. *Journal of Food Science*, 50: 1121-1125.
- Rein M, 2005. Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins. Academic Dissertation, University of Helsinki, Helsinki, 87s.
- Ribereau-Gayon P, Glories Y, Maujean A, Dubourdieu U, 2000. Anthocyanin copigmentation reactions. *The Chemistry of Wine and Stabilization and Treatments, Handbook of Enology, Volume 2*, John Wiley and Sons Ltd., 166-167.
- Rommel A, Wrolstad RE, Heatherbell DA, 1992. Blackberry juice and wine: processing and storage effects on anthocyanin composition, color and appearance. *Journal of Food Science*, 57 (2): 385-391.
- Rommel A, Heatherbell DA, Wrolstad RE, 1990. Red raspberry juice and wine: Effect of processing and storage on anthocyanin pigment composition, color and appearance. *Journal of Food Science*, 55 (4): 1011-1017.
- Slinkard K, Singleton VL, 1997. Total phenols analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28: 49-55.
- Su MS, Chien PJ, 2007. Antioxidant activity, anthocyanins, and phenolics of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei*) fluid products as affected by fermentation. *Food Chemistry*, 104: 182-187.
- Togay A, 2005. Böğürtlen Şarabı Üretimi Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Tomàs-Barberà, FA, Espín, JC, 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81: 853-876.
- Tosun İ, Artık N, 1998. Böğürtlenin kimyasal bileşimi üzerine araştırma. *Gıda*, 23 (6): 403-413.
- Türk Gıda Kodeksi Şarap Tebliği, 2009. Tebliğ No 2008/67, Sayı 27131, Madde 5.
- Yavuzeser, A, 1989. Şaraplarda Kimyasal ve Analitik Yöntemler ve Şarap İşletmeleri Denetimi Üzerine Araştırmalar. Tekel Enstitüleri Yayınları, No. 33, İstanbul.



## Fırat Havzası'ndaki Eksik Akım Verilerinin Debi Süreklilik Çizgileri ve Regresyon Modelleri ile Tahmin Edilmesi

Fatih TOSUNOĞLU<sup>1</sup>, Muhammed Nuri İSPİRLİ<sup>2</sup>, Faruk GÜRBÜZ<sup>1</sup>, Selim ŞENGÜL<sup>2</sup>

**ÖZET:** Herhangi bir bölgedeki su yapılarının tasarımı, planlanması ve işletilmesinde akım verileri oldukça önemli rol oynamaktadır. Bu akım verilerinin amaca ulaşmada etkin bir biçimde kullanılabilmesi için istatistiksel açıdan yeterli uzunlukta olması ve gözlem süresinde eksik verisinin bulunmaması gerekmektedir. Fakat, akım ölçümlerinde genellikle eksik kısımlar bulunmakta ve bu eksik verilerin güvenilirliği ispatlanmış yöntemler ile tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, Fırat Havzası'nın Yukarı ve Orta Fırat kısımlarında bulunan 2119, 2151, 2149, 2158 ve 2122 nolu akım gözlem istasyonlarındaki (AGİ) eksik akım verileri Debi Süreklilik Çizgileri ve Regresyon Modelleri ile tahmin edilmiştir. Her bir istasyon için kurulan alternatif modeller içerisinde en iyi modelin belirlenmesi aşamasında modelin determinasyon ( $R^2$ ) ve hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE) katsayıları kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre her iki yöntemde de yüksek  $R^2$ 'ye sahip oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Buna ek olarak, 2151, 2119, 2122 ve 2158 nolu istasyonlar için Regresyon modelleri, 2149 nolu istasyon için ise Debi Süreklilik Çizgileri yöntemi ile yapılan tahminlerin tarihi serilerin temel istatistiksel özelliklerini (ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı vb.) korumada daha başarılı olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Fırat Havzası, debi süreklilik çizgileri, eksik akım verileri, regresyon modelleri

## Estimation of Missing Streamflow Records in the Euphrates Basin using Flow Duration Curves and Regression Models

**ABSTRACT:** Streamflow records play important role for design, planning and management of water structures in any region. In order to use the streamflow efficiently for these purposes, the length of data records must be statistically sufficient and complete. But, there are usually some gaps at the streamflow records and these gaps must be infilled by means of reliable methods. In this study, the missing streamflow records in the gauge stations 2119, 2151, 2149, 2158 and 2122, which are located in the upper and middle parts of the Euphrates Basin, were estimated using Flow Duration Curves and Regression Models. To define the best model among alternatives, determination coefficient ( $R^2$ ) and Root Mean Square Error (RMSE) were used. According to the results, both of the models produced successful results with a high value of  $R^2$ . Moreover, the results showed that the Regression Models for the stations 2151, 2119, 2122 and 2158 and Flow Duration Curves for the station 2149 were more capable to preserve the main statistical properties of the historical data.

**Keywords:** Euphrates Basin, flow duration curves, missing streamflows, regression models

<sup>1</sup> Fatih TOSUNOĞLU(0000-0002-8423-1089), Faruk GÜRBÜZ(0000-0002-7485-1110), Erzurum Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye  
<sup>2</sup> Muhammed Nuri İSPİRLİ(0000-0001-6621-7868), Selim ŞENGÜL(0000-0002-0041-1454), Atatürk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Fatih TOSUNOĞLU, ftosunoglu@erzurum.edu.tr

## GİRİŞ

İnsan hayatında suyun iki önemli yeri vardır. Bunlardan ilki, su kaynaklarının evsel, endüstriyel, tarımsal ve rekreasyonel amaçlı kullanımını içeren su yapılarına olan taleptir. Bu talepler hem nitelik hem de nicelik bakımından ne kadar tatmin edici olursa yeryüzündeki yaşam kalitesi de o kadar iyi olur. Ancak bununla ilgili sorun, suyun istenilen miktarda ve kalitede her zaman mevcut olmadığıdır. İkincisi ise, istenmeyen su miktarı yani taşkınlardır. Bununla ilgili sorun ise özellikle kısa süreli olarak suyun kontrol edilemeyecek miktarda olması durumunda, insan hayatının kaybedilmesine ve mülkiyette büyük hasarlara neden olmasıdır. Karşımıza çıkan bu sorunları aşabilmek için su kaynaklarının etkili bir biçimde yönetilmesine ve bu kaynaklar üzerine inşa edilecek su yapılarının doğru planlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmalarda meteorolojik ve hidrolojik verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu verilerin eksiksiz olması planlanan çalışmalar açısından oldukça önemlidir. Ancak veriler temin edilirken geçmiş yıllara ait kayıtlarda çeşitli nedenlerle eksiklikler ortaya çıkabilmektedir. Bu veri eksiklikleri insan kaynaklı olabileceği gibi çevresel etkilerden de kaynaklanabilir. Özellikle ülkemizdeki kayıt altına alınan hidrolojik verilerde bahsi geçen nedenlerden ötürü önemli miktarda veri eksiklikleri gözlenmektedir (Usul, 2005). Bu eksiklikler nedeni ile ortaya çıkabilecek sorunların önüne geçebilmek için mevcut veri setlerindeki eksikliklerin aslımı en iyi temsil edebilecek bir şekilde tahmin edilmesi gereklidir. Bunun için literatürde çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Bu metotlara enterpolasyon, tekli ve çoklu regresyon analizi (Tencaliec et al., 2015), yapay sinir ağları (Keskin ve Taylan, 2009; Dastorani et al., 2010; Gümüş ve Kavşut, 2013) ve zaman serisi analizi (Elshorbagy et al., 2000) gibi metotlar öncülük etmektedir. Ayrıca bir havzadaki mevcut Akarsu akım gözlem istasyonu (AGİ) verilerindeki eksikliklerin giderilebilmesi için debi süreklilik çizgilerinden de (DSC) faydalanılabilir (ör. Hughes and Smakhtin, 1996; Mohamoud, 2008). Kullanılan yöntemlerden bağımsız olarak öncelikle istasyonlar arasında yüksek

bir korelasyonun varlığına bakılmalıdır (Burgess and Webster, 1980). Böylece gözlemi olmayan bir istasyon için tek bir istasyon yerine birden çok istasyon arasında karşılaştırma yapma olanağı sağlanmış olur (Bakış ve Göncü, 2015). Bu çalışmada Fırat Havzası'ndaki akım gözlem istasyonlarından (AGİ) alınan günlük akım verilerindeki eksikliklerin tahmini için literatürde güvenilirliği ispatlanmış olan debi süreklilik çizgileri ve regresyon modelleri kullanılmıştır. Çalışma kapsamında Fırat Havzasının seçilme sebebi ülke geneli su potansiyelinin büyük bir bölümünü kapsamasıdır. Bu nedenle çalışma kapsamında Fırat Havzası'nda bulunan eksik akım verilerinin sağlıklı bir şekilde tahmin edilmesiyle gözlem süresi uzun ve kesintisiz akım veri setleri elde edilecektir. Bu veri setleri sayesinde havzada gelecekte planlanması muhtemel su yapılarının tasarımında optimum çözümlere ulaşılabilecektir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Tek ve çok değişkenli regresyon yöntemi

İki veya daha fazla sayıda rastgele değişkenin aynı gözlem sırasında aldıkları değerler arasındaki bağıntıların belirlenmesi hidrolojik olayların analizinde oldukça önemli rol oynamaktadır. Söz konusu değişkenler arasında anlamlı bir bağıntının varlığı saptanır ve bu bağıntının biçimi belirlenirse değişkenlerden birinin herhangi bir gözlem sırasındaki değerini diğer değişkenin bulunduğu kabul edilen değerlerine göre tahmin etmek mümkün olabilir (Bayazit, 1981). Bu amaçla kullanılan yöntemlerden literatürde yaygın olarak kullanılanlardan biri Regresyon analizidir. Regresyon analizi ile bir rastgele değişken ile bir veya birden fazla rastgele değişken arasındaki istatistiksel ilişkinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Söz konusu rastgele değişkenin varyansının olabildiğince büyük bir kısmını açıklayacak şekilde kurulan regresyon denklemi ile ilgili değişkenin bir olayda alacağı değerler, alınan değerleri bilinen rastgele değişkenlere bağlı olarak tahmin edilip, güven aralıkları belirlenecektir. Y bağımlı değişkeni ile  $X_j$  ( $j=1,2,\dots,k$ ) bağımsız değişkenleri arasındaki doğrusal ilişki

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + e$$

(1)

denklemler ile ifade edilir. Bu denklemde  $b_j$  ( $j=0,1,2,\dots,k$ ) regresyon katsayıları,  $e$  kalıntı (hata) terimidir. Denklemde parametre sayısı (regresyon katsayılarının sayısı)  $p=k+1$ 'dir. Gözlemlerin sayısı  $n$  ise serbestlik derecesi  $s.d=n-p$  olur. Tek ve çok değişkenli regresyon analizinde değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu kabul edilmektedir. İyi bir regresyon modelinde tahmin edilen değerler ile bilinmeyen gerçek değerler arasındaki farklar olan kalıntı terimlerinin bağımsız,

varyansı sabit (homosedastik) ve normal dağılmış olmaları gerekmektedir (Bayazıt ve Önöz, 2008). Alternatif tek ve çok değişkenli regresyon modelleri arasından en iyi regresyon modelinin belirlenmesinde çeşitli kriterler kullanılmaktadır. Bu kriterlerden en önemli iki tanesi regresyon modelinin açıkladığı varyans oranını ifade eden  $R^2$  determinasyon katsayısı ve RMSE (root mean square error- hata karelerinin ortalamasının karekökü)'dir.

$$R^2=1-\frac{SSE}{SS_Y} \quad SSE=\sum_{i=1}^n e_i^2 \quad \text{ve} \quad SS_Y=\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (2)$$

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (3)$$

Burada regresyon modeliyle tahmin edilen değerleri,  $e$  ise hata (kalıntı) terimleridir. Bu iki katsayıdan (kriterlerden)  $R^2$  si en büyük (0 ile 1 arasında) ve RMSE'si en küçük olan model en iyi model olarak değerlendirilir.

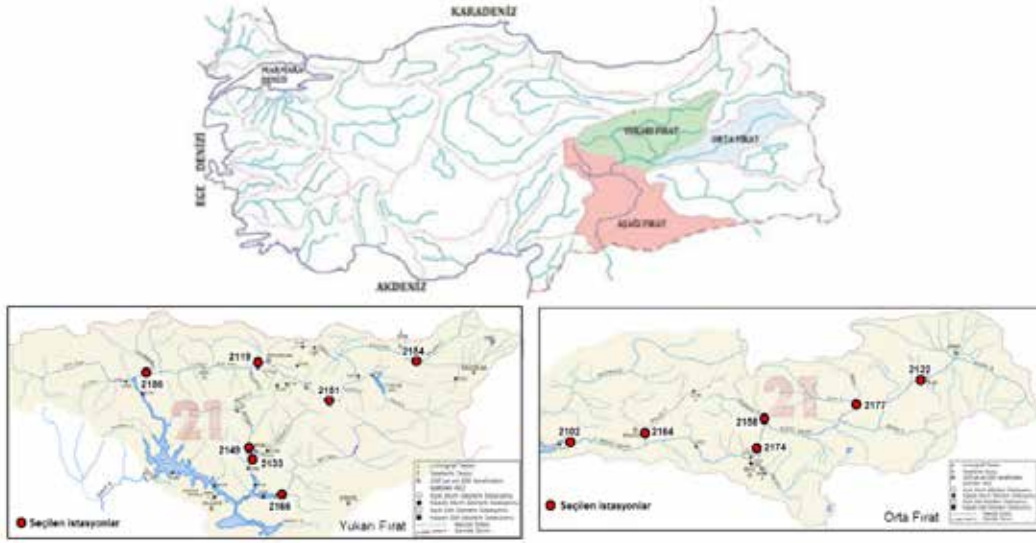
### Debi Süreklilik Çizgileri

Debi süreklilik çizgisi gözlenmiş verilere göre akarsuda belli bir debinin aşıldığı zaman yüzdesini gösterir. Akarsuyun düşük akım karakteristiklerini iyi ifade eden bu çizgi genellikle düşey ekseninde debi, yatay ekseninde aşılma yüzdesi olacak şekilde çizilir. Debi süreklilik çizgisi istatistiki açıdan yeterli uzunluğa sahip (minimum 25-30 yıl) günlük akım verileri kullanarak çizilmelidir. Verilerin sayısı çok olduğundan veriler uygun sayıda sınıf aralığına ayrılarak her bir aralık için gözlenen debilerin frekansları hesaplanır. Bu frekanslar en büyük debiden başlayarak toplanıp aşılma yüzdeleri elde edilir. Bu yüzdeleri sınıf aralıklarının alt sınırına karşı gelecek şekilde noktalarla süreklilik çizgisi çizilir. Günlük akımlar yerine aylık akımlar kullanılırsa ayların içinde debinin değişimi göz önüne alınmamış olur, bu büyük havzalarda önemli bir fark yaratmaz. Debi süreklilik çizgisinden %50 aşılma yüzdesine karşı okunan debi yılın bir gününde aşılma olasılığı %50 olan debi değil, yılın %50'sinde aşılması beklenen debidir. Debi süreklilik çizgisi belirlendikten sonra bu çizgiden zamanın belli bir yüzdesinde akarsuda mevcut olan debi okunabilir. Bu bilgiler biriktirmesiz hidroelektrik

tesislerinde, su alma yapılarında, su kalitesi ile ilgili çalışmalarda proje debisinin seçilmesinde kullanılır. Çeşitli akarsuların debi süreklilik çizgilerini birbirleriyle karşılaştırarak bölgesel analizde kullanabilmek için debiler birim havza alanından gelen özgül debi olarak ( $m^3 s^{-1} km^2$  cinsinden) ifade edilir ya da debiler yıllık ortalama (veya medyan) debiye bölünerek boyutsuz hale getirilir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

### ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olan Fırat nehri başlangıcını Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki Murat ve Karasu nehirlerinden alarak önce batıya sonra güneye doğru akıp ülke sınırlarını terk ederek Basra Körfezi'nden denize dökülür. Havza  $127\,304 km^2$ 'lik yüzölçümü,  $1009.87 m$  ortalama yüksekliği ile Türkiye'nin en büyük su havzasıdır. Fırat Havzası'na düşen ortalama yağış  $540.1 mm yıl^{-1}$  ve ortalama yıllık akış ise  $31.61 km^3$  olup, ülkemizin ortalama yıllık akış miktarı yönünden en büyük havzasıdır (Turan, 2005). Havzada 19 adet büyük baraj bulunmaktadır. Bu barajlar içerisinde topladığı su hacmi yönünden Atatürk Barajı, gövde yüksekliği yönünden ise Keban ve Karakaya Barajları dikkat çekmektedir. Fırat havzası kendi içerisinde Aşağı Fırat, Orta Fırat ve Yukarı Fırat olarak üçe ayrılmıştır. Çalışmada havza üzerinde işletmesi Devlet Su İşleri'ne (DSİ) ait olan ve havzanın Yukarı ve Orta kısımlarında bulunan 13 adet AGİ ele alınmıştır. Bu AGİ'lerin havzadaki konumları Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Fırat Havzası'nın Yukarı ve Orta bölümleri ve çalışmada kullanılan AGİ'ler

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında kullanılan istasyonların geneli hakkındaki bilgiler Çizelge 1'de sunulmuştur. Çizelge 1'den görüldüğü üzere Yukarı Fırat Havzasındaki 2151, 2119 ve 2149 nolu AGİ'lerin verilerinde, Orta Fırat Havzasında bulunan 2122, 2158 ve 2174 nolu AGİ'lerin verilerinde eksik yıllar bulunmaktadır. Bu eksik verilerin tahmini için öncelikle boyutsuz Debi Süreklilik Çizgileri (DSC) kullanılmıştır. Bayazit ve Önöz (2007) tarafından çeşitli akarsuların debi süreklilik çizgilerini birbiriyle

karşılaştırmak için debilerin boyutsuzlaştırılmasının uygun olacağı ifade edilmektedir. Bu çalışmada, debilerin boyutsuzlaştırılması işlemi debilerden ortalamanın çıkarılarak standart sapmaya bölünmesi suretiyle yapılmıştır. Ayrıca veriler tahmin edilmeden önce ve sonra ilgili AGİ verilerinin homojenlik kontrolleri Pettitt, Buishand testleri ve Çift Toplam Eğrisi yöntemleri kullanılarak yapılmıştır (testler için detaylı bilgi Sahin ve Cigizoglu, 2010; Tosunoglu, 2014 çalışmalarında mevcuttur).

Çizelge 1. Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Özet Bilgi

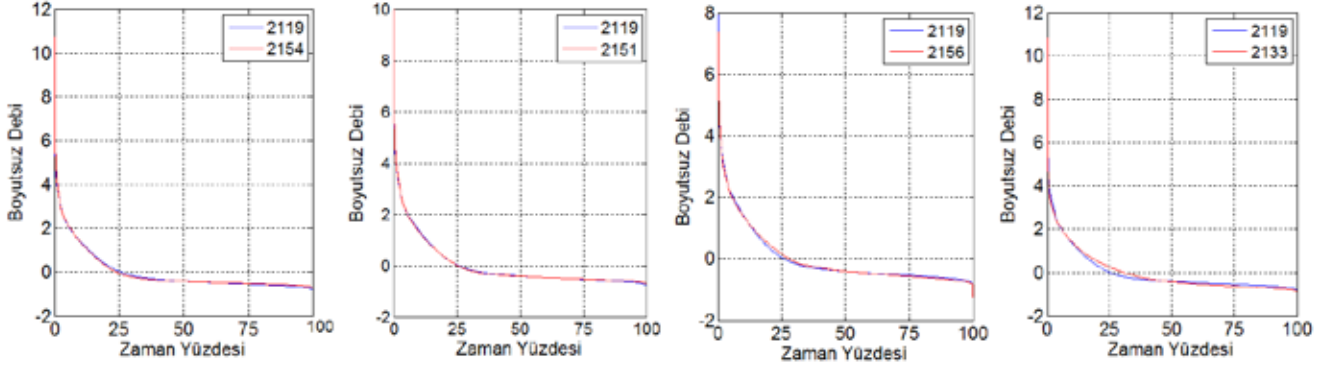
AGİ No.	Yağış Alanı(km <sup>2</sup> )	Yaklaşık Kot (m)	Gözlem Süresi
Yukarı Fırat Havzası			
2154	2886	1675	1969-2010
2151	8185.6	1355	1964-2013 (1970, 2012 eksik)
2119	10356	1123	1961-2013 (1988-1994 eksik)
2156	15562	865	1969-2011
2149	1669	900	1963-2011 (1989-1990, 1999-2000 eksik)
2133	3284.8	875	1968-2009
2166	5385.8	845	1970-2011
Orta Fırat Havzası			
2122	5882.4	1552	1969-2011 (1974 eksik)
2177	2995.3	1452	1986-2014
2158	1577.6	1310	1969-2014 (1993 eksik)
2174	17435.1	1285	1983-2011 (1989-1995 eksik)
2164	2232	990	1969-2011
2102	25515.6	852	1968-2011



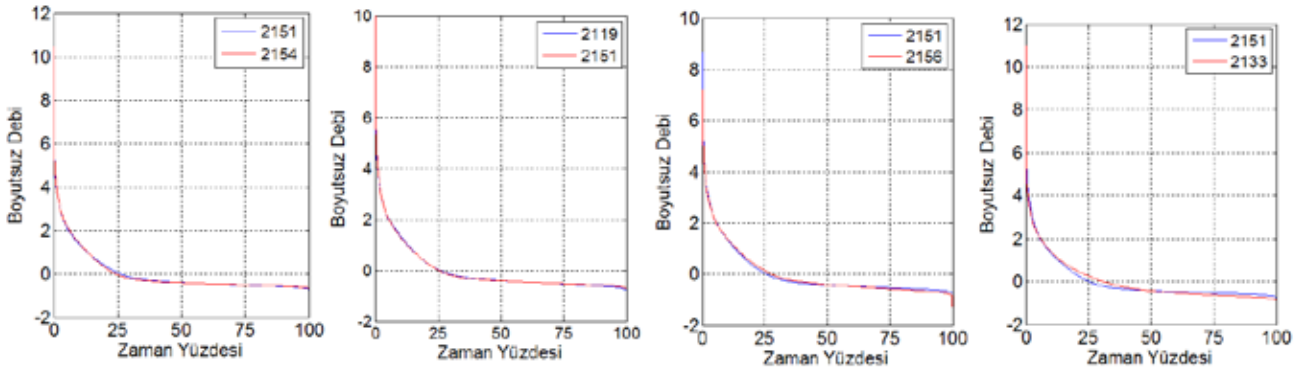
### Yukarı Fırat Havzasındaki AGİ'lerin Eksik Akımlarının Tahmini

Şekil 3,4 ve 5'de Yukarı Fırat Havzasında bulunan

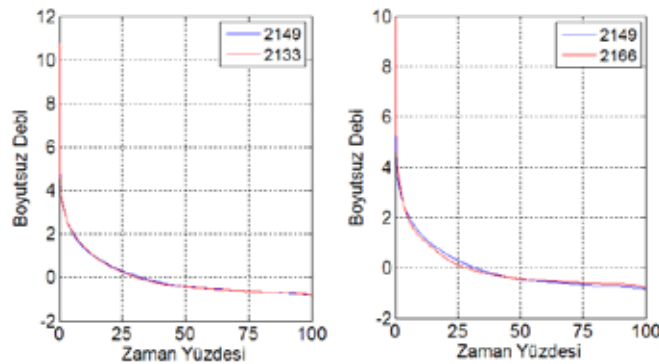
ve eksik verisi olan 2151, 2119 ve 2149 nolu AGİ'lerin civardaki diğer AGİ'lerin DSC'leri ile karşılaştırmaları verilmiştir.



Şekil 3. 2119 Nolu akım gözlem istasyonu ile diğer akım gözlem istasyonlarının boyutsuz debi süreklilik çizgilerinin karşılaştırılması



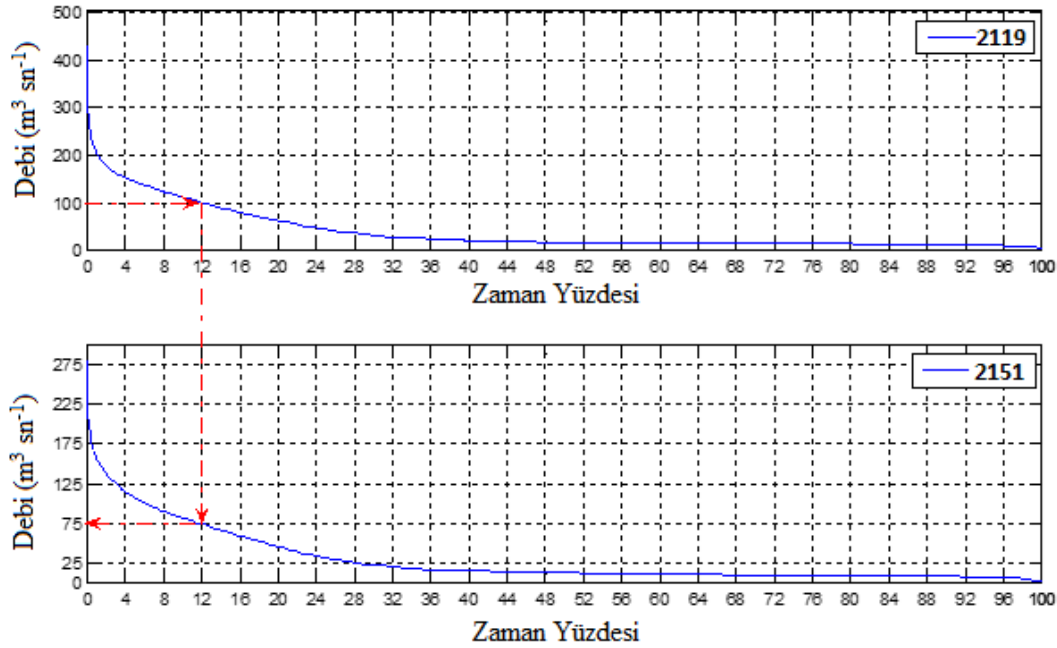
Şekil 4. 2151 Nolu akım gözlem istasyonu ile diğer akım gözlem istasyonlarının boyutsuz debi süreklilik çizgilerinin karşılaştırılması



Şekil 5. 2149 Nolu akım gözlem istasyonu ile diğer akım gözlem istasyonlarının boyutsuz debi süreklilik çizgilerinin karşılaştırılması

Şekil 3,4 ve 5 incelendiğinde, sırasıyla 2119 nolu AGİ'nin DSC'si ile 2151 nolu AGİ'nin DSC'nin ve 2149 nolu AGİ'nin DSC'si ile 2133 nolu AGİ'nin DSC'nin hemen hemen üst üste çakıştığı görülmektedir. Bu nedenle, 2119 nolu AGİ'deki eksik akım verileri 2151 nolu AGİ'nin

DSC'si, benzer şekilde 2151 nolu AGİ'deki eksik akım verileri 2119 nolu AGİ'nin DSC'si ve 2149 nolu AGİ'deki eksik akım verileri 2133 nolu AGİ'nin DSC'si kullanılarak tahmin edilmiştir. Şekil 6'da, kullanılan DSC yöntemi ile eksik akım verilerinin nasıl tahmin edildiği gösterilmiştir.



Şekil 6. Debi Süreklilik Çizgisi ile eksik akım verisi tahmini

Örneğin 2151 nolu AGİ de ölçüm yapılmadığı bir günde 2119 nolu AGİ de debisi  $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  olsun. 2119 nolu AGİ'nin DSC'sine bakıldığında bu debinin zamanın %12 sinde mevcut olduğu görülmektedir. Buradan hareketle 2151 nolu AGİ'nin eksik olan debisi, yani DSC'inden zamanın %12 sinde mevcut olan debi  $75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  olarak okunur. Eksik olan bütün veriler MATLAB programı altında bir bilgisayar kodu yardımı ile yukarıda anlatıldığı şekilde tahmin edilmiştir. Eksik akım verilerinin tahmininden sonraki istatistikler öncekilerle birlikte Çizelge 2'de görülmektedir. Debi Süreklilik Çizgisi yöntemine ek olarak Regresyon modelleri kullanarak eksik akım verileri tahmin edilmiştir. Bilindiği üzere, Regresyon modellerinin uygulanmasında en önemli şartlardan birisi verilerin normal dağılıma uygun olması ve verilerde içsel bağımlılığın olmamasıdır. Bu nedenle, eldeki akım veri serilerinin çarpıklıklarının fazla olması ve mevsimsellik özelliği taşımalarından dolayı modelleme işlemlerine geçmeden önce ilk olarak her bir verinin logaritması alınmış daha sonra da serilerin periyodikliği giderilip stasyoner hale getirilerek standart normal seriler elde edilmiştir. Daha sonra, normal dağılıma sahip standart veriler elde edilerek eksik verisi olan istasyonların günlük verilerinin tahmini işlemine geçilmiştir. Herhangi bir istasyona ait günlük verilerin tahmininde eksik veriye sahip istasyona yakın ve arasındaki korelasyonu yüksek

olan istasyonlar kullanılmıştır. Her bir istasyon için kurulan alternatif tekli ve çoklu regresyon modelleri arasında  $R^2$  değeri en büyük ve RMSE değeri en küçük olan model en uygun regresyon modeli olarak seçilmiştir. Ayrıca en uygun regresyon modelinin kontrolü aşamasında hata terimlerinin içsel bağımlılık (otokorelasyon) ve normal dağılım kontrolleri de yapılmıştır. Kurulan en iyi Regresyon modelinin hata terimlerinin içsel bağımlılığı olmayan normal dağılım gösteren rastgele sayılar olduğu sonucuna varılmıştır. Son olarak, Debi Süreklilik Çizgisi ve Regresyon modeli (REG) ile yapılan tahminlerin karşılaştırılması yapılmış ve sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde, hem DSC hem de Regresyon yöntemi ile eksik akım verilerinin tahmini için kurulan modellerin  $R^2$  sonuçlarının oldukça yüksek olması her iki modelinde bu amaç için başarı ile kullanılabileceğini göstermektedir. Buna ek olarak, kurulan modellerin performansları AGİ'lere ait eksik akım verilerinin tahmininden sonra temel istatistiklerinin korunup korunmadığı kontrolü ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kurulan modeller ile eksik akım verilerinin tahmininden sonra temel istatistiklerin korunduğu görülmektedir. Fakat tahmin edilen debileri detaylı bir şekilde incelediğimizde, debideki değişimlerin 2151 ve 2119 nolu istasyonlar için Regresyon yöntemi ile 2149 nolu istasyon için ise DSC yöntemi ile daha iyi tahmin edildiği görülmüştür.

**Çizelge 2.** Yukarı Fırat Havzası eksik akım verilerinin DSC ve Regresyon ile tahmininden sonraki ve önceki istatistikler

		2151	2119	2149
<b>Ortalama (m<sup>3</sup> sn<sup>-1</sup>)</b>	DSC	59.59	81.55	52.94
	REG	59.63	81.97	52.62
	Önceki	60.13	82.41	53.89
<b>Standart Sapma (m<sup>3</sup> sn<sup>-1</sup>)</b>	DSC	76.67	90.15	46.61
	REG	76.69	90.21	46.48
	Önceki	77.51	90.58	47.64
<b>Çarpıklık Katsayısı</b>	DSC	3.012	2.912	2.249
	REG	3.008	2.918	2.285
	Önceki	2.998	2.939	2.220
<b>R<sup>2</sup></b>	DSC	0.974		0.972
	REG	0.975		0.977
<b>RMSE</b>	DSC	12.556		7.859
	REG	12.179		7.028
<b>Model Girdisi</b>		2119	2151	2133

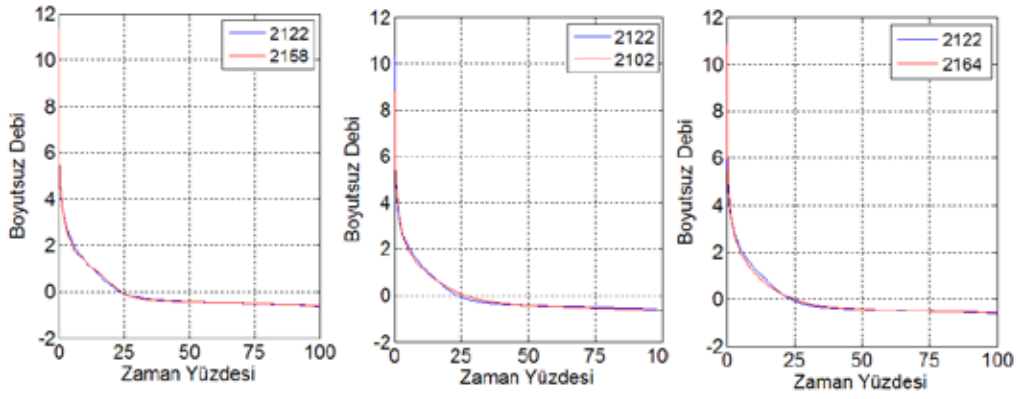
### Orta Fırat Havzasındaki AGİ'lerin Eksik Akımlarının Tahmini

Şekil 8 ve Şekil 9'da Orta Fırat Havzasında bulunan ve eksik verisi olan 2122 ve 2158 nolu AGİ'lerin civardaki diğer AGİ'lerin DSC'leri ile karşılaştırmaları verilmiştir. Şekil 8 ve 9 incelendiğinde, sırasıyla 2122 nolu AGİ'nin DSC'si ile 2158 nolu AGİ'nin DSC'nin hemen hemen üst üste çakıştığı görülmektedir. Bu da 2122 nolu AGİ'deki eksik akım verilerinin 2158 nolu AGİ'nin DSC'si ile benzer şekilde 2158 nolu AGİ'deki eksik akım verilerinin 2122 nolu AGİ'nin DSC'si ile tahmin edilebileceğini göstermektedir. Yine bir önceki bölümde olduğu gibi tahminlerin güvenilirliğini artırmak için Regresyon modelleri de kurulmuş olup elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te özetlenmiştir.

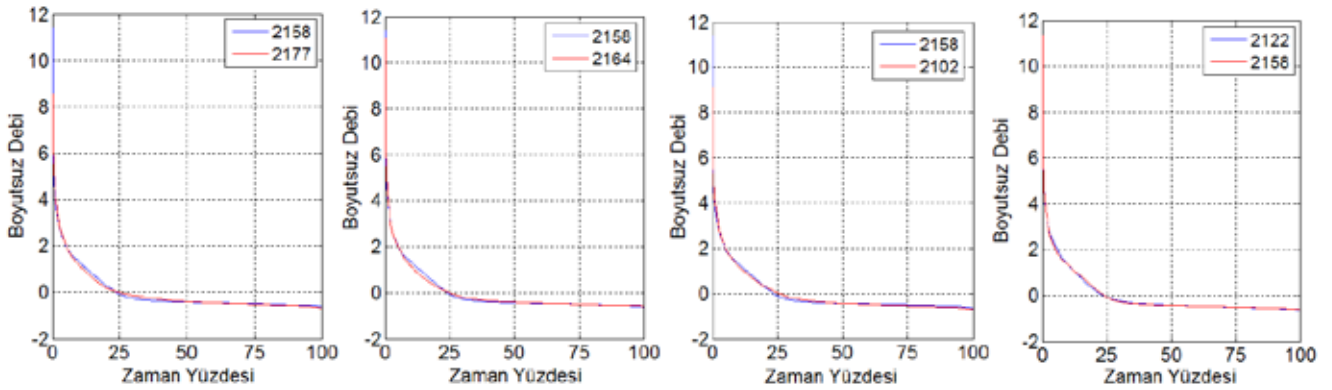
Çizelge'3 teki sonuçlara göre her iki yöntem de yüksek R<sup>2</sup> 'ye sahip oldukça başarılı sonuçlar

vermişlerdir. Kurulan modellerin performansları bir önceki bölümde olduğu gibi AGİ'lerin eksik akım verilerinin tahmininden sonra temel istatistiklerinin korunup korunmadığı kontrolü ile gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre kurulan modeller ile eksik akım verilerinin tahmininden sonra temel istatistiklerin korunduğu görülmektedir. Bu istatistiksel analizler sonucunda hem R<sup>2</sup> değeri daha yüksek olması hem de tahminden sonraki istatistik değerleri tahminden önceki değerlere daha yakın sonuç vermesinden dolayı Regresyon yöntemi ile yapılan tahminlerin daha doğru olacağı sonucuna varılmıştır. Bu istasyonlara ek olarak, Orta Fırat Havzasında bulunan 2174 nolu istasyonun eksik verilerinin tahmin edilmesine yönelik bir çalışma yapılmamış ve çalışma dışında tutulmuştur. Bunun sebebi, gözlem süresinin istatistiksel açıdan yeterli olmaması ve eksik olan yıl sayısının çok fazla (ard arda 7 yıl) olmasıdır.



**Şekil 8.** 2122 Nolu akım gözlem istasyonu ile diğer akım gözlem istasyonlarının boyutsuz debi süreklilik çizgilerinin karşılaştırılması



**Şekil 9.** 2158 Nolu akım gözlem istasyonu ile diğer akım gözlem istasyonlarının boyutsuz debi süreklilik çizgilerinin karşılaştırılması

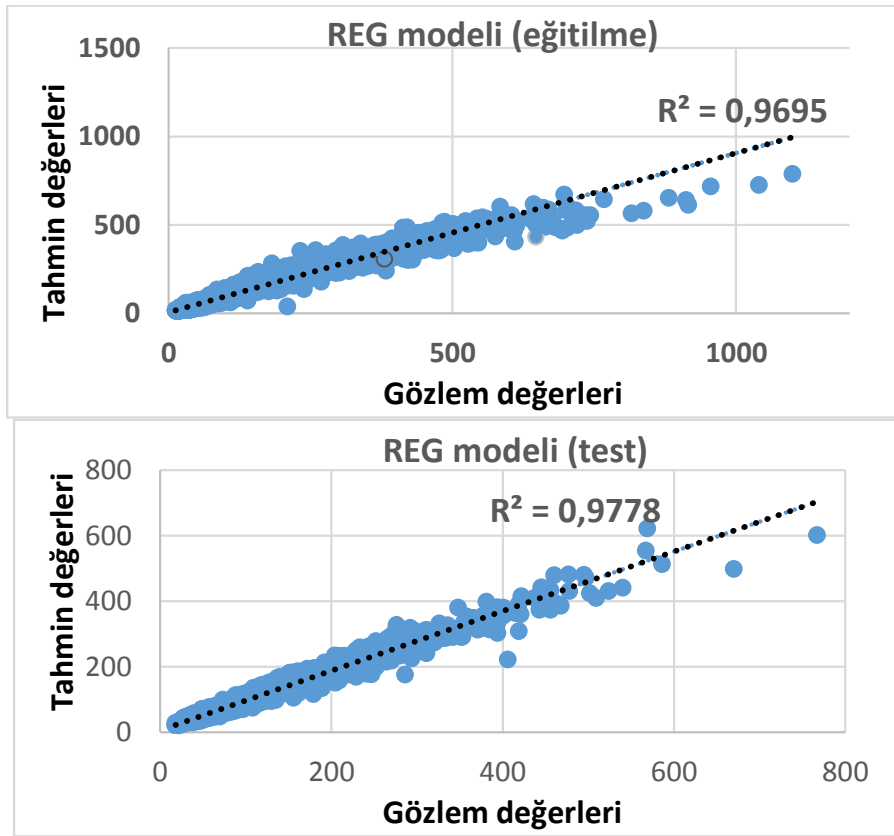
**Çizelge 3.** Orta Fırat Havzası eksik akım verilerinin DŞÇ ve Regresyon ile tahmininden sonraki ve önceki istatistikler

		2158	2122
Ortalama ( $m^3 sn^{-1}$ )	DŞÇ	18.41	48.72
	REG	18.34	48.74
	Önceki	18.31	48.89
Standart Sapma ( $m^3 sn^{-1}$ )	DŞÇ	28.24	74.21
	REG	28.11	74.31
	Önceki	28.13	74.48
Çarpıklık Katsayısı	DŞÇ	3.076	2.983
	REG	3.071	2.987
	Önceki	3.094	2.989
R <sup>2</sup>	DŞÇ	0.822	
	REG	0.845	
RMSE	DŞÇ	30.757	
	REG	28.596	
Model Girdisi		2122	2158

Kurulan DŞÇ ve REG modellerinin güvenilirliğinin test edilmesi için her bir istasyona ait verilerin %70'lik

kısmı modelin eğitilmesinde ve %30'luk kısmı da modelin test edilmesinde kullanılmıştır. Her bir DŞÇ ve REG modeli için model eğitilme (model training) ve test edilme (model testing) kısımlarına ait  $R^2$ ler hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hesaplanan  $R^2$  değerleri oldukça yüksek değerlerdir. Buna örnek olarak 2151 ile 2119 istasyonları verilerine ait

kurulan REG modelinin eğitilme ve test kısımlarına ait sonuçlar Şekil 10'da verilmiştir. Bu noktada şunu vurgulamak gerekir ki REG modelleri (eğitme ve test) özellikle ekstrem akım değerlerinin tahmininde gözlem değerlerinin altında sonuç vermektedir.



Şekil 10. 2119 nolu istasyonuna ait REG modeli grafikleri (girdi istasyon: 2151)

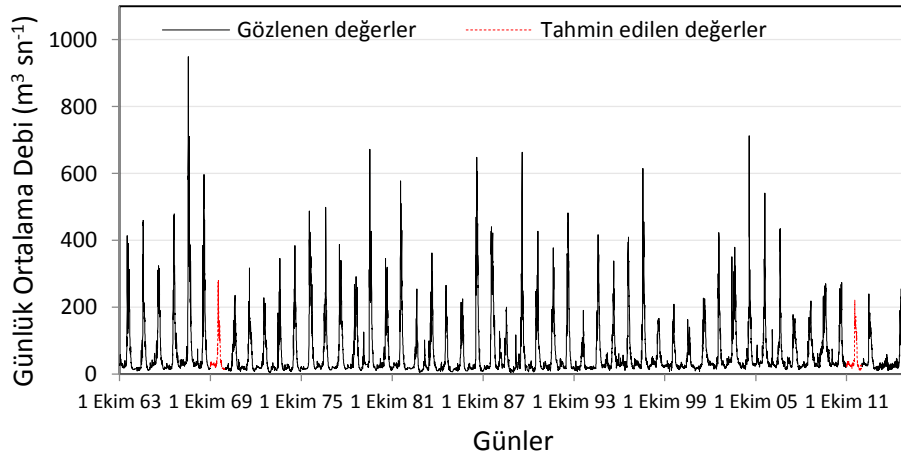
## SONUÇ

Bu çalışmada, Yukarı Fırat Havzası'nda bulunan 2151, 2119 ve 2149 nolu AGİ'lerde ve Orta Fırat Havzası'nda bulunan 2122 ve 2158 nolu AGİ'lerdeki eksik günlük akım verileri literatürde güvenilirliği ispatlanmış Regresyon Modelleri (REG) ile Debi Süreklilik Çizgisi (DŞÇ) yöntemleri kullanılarak tahmin edilmiştir.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda her iki yöntemde Fırat Havzası'ndaki eksik akımların tahmininde oldukça başarılı sonuçlar verdiği

gözlenmesine rağmen, Regresyon Modeli ile yapılan tahminlerin tarihi serinin temel istatistiksel özelliklerini (ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı vb.) çoğunlukla daha iyi koruduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, Fırat Havzası için söz konusu istasyonlardaki eksik akım verileri başarılı bir şekilde tahmin edilerek bölgedeki su yapılarının planlanma, tasarım ve işletimi için istatistiksel olarak yeterli uzunluğu sahip eksiksiz veri setleri oluşturulmuştur (Şekil 11).



Şekil 11. 2151 Nolu Akım Gözlem İstasyonuna Ait Tahmin Edilmiş Veriler

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın tamamı TÜBİTAK 115Y673 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiş olup, çalışmanın

yazarları olarak ilgili proje kapsamında tarafımıza sunulan maddi ve manevi destek için TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

- Bakış R, Göncü S, 2015. Akarsu Debi Ölçümlerinde Eksik Verilerin Tamamlanması: Zap Suyu Havzası Örneği, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik, 16(1):63-79
- Bayazıt M, Önöz B, 2008. Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Nobel Akademik yayıncılık.
- Bayazıt M, 1981. Hidrolojide İstatistik Yöntemler, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.
- Burgess TM, Webster R, 1980. Optimal Interpolation and Isarithmic Mapping of Soil Properties I, the Semivariogram and Punctual Kriging. Journal of Soil Science, 31(3):315-331.
- Dastorani MT, Moghadamnia A, Piri J, Rico-Ramirez M, 2010. Application of ANN and ANFIS models for reconstructing missing flow data, Environmental Monitoring and Assessment, 166(1-4):421-434.
- Elshorbagy AA, Panu US, Simonovic SP, 2000. Group-based estimation of missing hydrological data: I. Approach and general methodology, Hydrological Sciences Journal, 45(6):849-866.
- Gümüş V, Kavşut E, 2013. Zamanti Nehri- Ergenüşağı İstasyonu Eksik Aylık Akım Verilerinin Tahmini, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım Ve Teknoloji, 1(2):81-91.
- Hughes DA, Smakhtin V, 1996. Daily Flow Time Series Patching or Extension: A Spatial Interpolation Approach Based on Flow Duration Curves, Hydrological Sciences Journal, 41(6):851-871.
- Keskin ME, Taylan D, 2009. Artificial Models for inter basin flow prediction in southern Turkey, Journal of Hydrologic Engineering, 14(7):752-758.
- Mohamoud YM, 2008. Prediction of daily flow duration curves and streamflow for ungauged catchments using regional flow duration curves, Hydrological Sciences Journal, 53(4):706-724.
- Sahin S, Cigizoglu HK, 2010. Homogeneity analysis of Turkish meteorological data set, Hydrological Process, 24(8): 981-992.
- Tencaliec P, Favre AC, Prieur C, Mathevet T, 2015. Reconstruction of missing daily streamflow data using dynamic regression models, Water Resources Research, DOI: 10.1002/2015WR017399.
- Turan EN, 2005. Fırat Havzasındaki Barajların Sismik Tehlike ve Potansiyel Risk Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Osman Gazi Üniversitesi.
- Usul N, 2005. Engineering Hydrology, Book, 403, METU Press, Turkey.

## Comparison of Mohr-Coulomb and Hardening Soil Models' Numerical Estimation of Ground Surface Settlement Caused by Tunneling

Semet ÇELİK<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** Due to in depth tunnel excavation, tensions in the soil are eased, causing elastic and plastic deformations in the area of tunnel and leading to surface settlement at the ground level. Currently, along with the use of numerical methods in analysis and design of engineering projects, it is known that this method has used extensively in the analysis of problems related to geotechnical engineering and tunneling. Selection of the appropriate parameters and soil model can have a significant impact on the results of numerical analysis. The Mohr-Coulomb elastic-plastic model (MC) is one of the most widely used models, used in cases evaluating the hardness of materials, independent of the surface tension. If the Mohr-Coulomb used for numerical modeling of tunnel where in-depth tunneling excavation is involved and where an increase in maximum ground surface settlement and decrease in the reliability of stability of tunnels can be seen, which may not be appropriate in some conditions. The more appropriate model should be used to solve this problem, one that can model the hardness of materials based on changes in the level of stress. In this study, the maximum ground surface settlement due to tunnel excavation, obtained from Mohr-Coulomb model was compared with those of Hardening Soil (HS) Model results. Therefore, the ground surface settlement because of an assumption tunnel in different depths was analyzed with Mohr-Coulomb and Hardening Soil models by using PLAXIS 2D. As a result of the analyzes, it is observed that as the depth of the tunnel increases, the settlements on the ground surface decrease according to Mohr-Coulomb and approach the real values.

**Keywords:** Finite element method, material models, plaxis, surface settlement, tunneling

## Tünel Kazısından Dolayı Zemin Yüzeyindeki Oturmaların Mohr-Coulomb ve Pekleşen Zemin Modelleriyle Nümerik Tahminlerinin Karşılaştırılması

**ÖZET:** Zemin içinde yapılan tünel kazısı nedeniyle, zemindeki gerilmeler boşalarak kazı alanında elastik ve plastik deformasyonlara yol açmakta ve zemin yüzeyinde oturmalar meydana gelmektedir. Günümüzde, mühendislik projelerinin tasarım ve analizinde sayısal yöntemlerin kullanımı ile birlikte, Geoteknik mühendisliği ve tünel ile ilgili problemlerin çözümünde bu yöntemin yaygın bir şekilde kullanıldığına tanıklık etmekteyiz. Uygun parametrelerin ve zemin modelinin seçilmesi, nümerik analiz sonuçlarını üzerinde önemli etkiye sahiptir. Mohr-Coulomb (MC) elasto-plastik model malzemelerin sertliğinin yüzey gerilmelerden bağımsız olarak tanımlandığı durumlarda kullanılan en yaygın zemin davranış modellerinden biridir. Tünel modellemelerinde Mohr-Coulomb kullanılması halinde, kazı derinliği arttıkça zemin yüzeyindeki oturmaların gerçek değerlerden fazla çıktığı ve güvenilirliğin azaldığı görülmektedir. Bu problemin çözümü için, gerilme düzeyindeki değişikliklere bağlı olarak malzemelerin sertliğini modelleyebilen daha uygun bir davranış modeli kullanılmalıdır. Bu çalışmada, tünel kazısından dolayı Mohr-Coulomb modelinden elde edilen maksimum zemin yüzey oturmaları Pekleşen Zemin modeli (HS) ile karşılaştırılmıştır. Bu nedenle, varsayılan farklı derinliklerdeki bir tünelden dolayı zemin yüzeyinde oluşacak oturmalar PLAXIS kullanılarak Mohr-Coulomb ve Pekleşen Zemin malzeme modelleriyle analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, Pekleşen Zemin modelinde tünelin derinliği arttıkça zemin yüzeyindeki oturmaların Mohr-Coulomb'a göre azaldığı ve gerçek değerlere daha yaklaştığı görülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Sonlu elemanlar metodu, malzeme modelleri, plaxis, yüzey oturması, tünel

<sup>1</sup> Semet ÇELİK (0000-0002-9674-8579), Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Semet ÇELİK, scelik@atauni.edu.tr

## INTRODUCTION

Due to urbanization and population growth in recent decades, the topic of efficient use of urban spaces, including underground space, has been frequently discussed (Chakeri et al., 2013). Underground space applications include development of urban infrastructure, transportation, water supply lines, and so on (Salimi et al., 2013). Ground surface settlement caused by tunnel excavation, especially in urban areas, has special significance. The process of these settlements differs according to the depth of excavation in different areas, increasing or decreasing depending on the depth of excavating (Melis et al., 2002; Chakeri et al., 2013; Papastamos et al., 2015). Notably, when excavation exceeds a certain depth, ground surface settlement will decrease (Boscardin and Cording, 1989; Guglielmetti et al., 2008). In order to prevent damage to surface structures and existing buildings due to tunnel excavation, a correct and reliable estimate of ground surface settlement is necessary (Fasihnikoutalab et al., 2012). A variety of different methods are provided to estimate ground surface settlement due to tunneling.

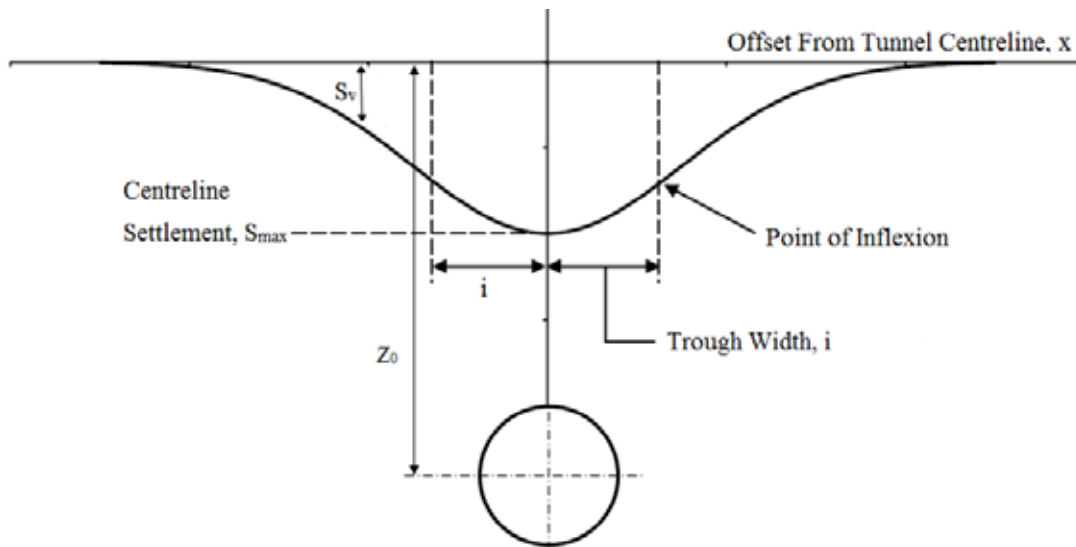
$$S_v = S_{\max} e^{-\frac{x^2}{2i^2}} \quad (1)$$

According to Peck, the trough settlement shape in a cross section is approximated with acceptable accuracy by a normal distribution curve (curve of Gauss), and

These methods have been categorized into three groups: experimental, analytical and numerical methods. The experimental and analytical methods are only useable in specific geological conditions, for in some geological conditions they are not reliable (Franzius, 2002). Thanks to advancements in computer science and, accordingly, the development of advanced models for introduction of materials, numerical methods command a high acceptance rate among designers.

According to measurements in place, analytical and empirical relations, the geometry of circles settlement, and the general pattern of movement of the ground surface due to tunneling is such that, after the increase in excavation depth, the settlement of the ground surface is low and the trough forms a wider depression. That is, by reducing the depth of tunnel excavation, the settlement of the ground surface increases, and the shape of the trough grows narrower (Chou and Bobet, 2002). Most empirically functional relationships are based on studies by Peck (Peck, 1969), which are expressed in the equation 1.

the maximum settlement coincides with the axis of the tunnel at ground level (Figure 1).



**Figure 1.** Ground surface settlement trough induced by a single tunnel (Ma et al., 2014)



In equation (1), “ $S_v$ ” is the amount of ground surface settlement at a point of “ $x$ ” distance from the axis of the tunnel; “ $S_{max}$ ” is the maximum ground surface settlement at “ $x = 0$ ”; and “ $i$ ” is the horizontal distance from the

$$S_{max} = 0.313 \frac{V_1 D^2}{k Z_0} \quad (2)$$

In this equation, “ $V_1$ ” is the parameter of volume loos which is determined based on the procedure of tunneling; “ $D$ ” is the diameter of tunnel; “ $k$ ” is a dimensionless trough width parameter and “ $Z_0$ ” is the depth of the tunnel. Further studies have been conducted by other researchers and are in line with the conclusions of the Pack reports (Attewell and Farmer, 1974; Attewell and Woodman, 1982; O’Reilly and New, 1982).

The general form of relationship “ $i$ ” is set as “ $i = kZ_0$ ”. According to this relationship, with increasing insertion depth of the tunnel, when the value of “ $i$ ” increases, according to equation (1), the amount of ground surface settlement is reduced and, thus, the width of the trough settlement increases. Therefore, it is necessary to determine the optimal depth of tunnel excavation based on the amount of settlement in the preliminary design of the track and the depth of the tunnel insertion.

Numerical modeling of the tunneling with simple models has proven inaccurate due to the lack of ability to properly simulate the phenomenon of unloading and the lack of distinction between the hardships of initial loading and unloading/reloading; thus, the pattern of movement of the ground and settlement values have been incorrectly and illogically expressed (Schanz et al., 1999; Boháč et al., 2002). The process of excavating a tunnel in the ground is such that, along with the excavating, the fulcrum portion of the soil will be removed. In other words, the weight of excavated soil is like a body force downward, which disappears after the tunnel is created. Consequently, when excavating and removing a body force downward on the floor of the tunnel is equivalent to adding a body force

tunnel centerline to the point of inflection on the ground surface settlement, estimated according to the depth of the tunnel and the soil type. The value of “ $S_{max}$ ” is calculated from equation (2) (O’Reilly and New, 1982).

upwards, which leads to the creation of high-scurry on the floor of the tunnel (Corp, 2002). This conclusion is justified according to Newton’s Third Law and the principle of action and interaction. Of course, on the run, high-scurry on the floor of the tunnels, especially at shallow depths, due to low side pressure results in only a small amount of pressure. In numerical modeling, especially with simple linear models, such as linear elastic and the Mohr-Coulomb models, the rate of high-scurry is expected to be higher than that found in reality. Thus, using simple models causes a change in the expected pattern of movement and the subsequent change of ground surface settlement (Leca et al., 2007). In this paper the performance of numerical modeling in the estimation of ground movement patterns caused by excavating a hypothetical tunnel at various depths was modeled with Mohr-Coulomb and advanced Hardening Soil models using PLAXIS 2D, and a comparison was made between the general trend of ground surface settlement and high-scurry on the floor of the tunnel.

### Features of the Mohr-Coulomb model

In the discussion of numerical modeling, it will be determined that the model and corresponding input parameters have critical effects on the results of analysis. In fact, models suggest a mathematical description of the mechanical behavior of materials, which affect important aspects of material behavior. The Mohr-Coulomb model is a perfect linear elastic-plastic model requiring five input parameters to express the stress-strain behavior. Among models, this model, because of the simplicity of formulation as well as the lesser data input determined by simple tests, has more applications than other models. With this model, problems such as the bearing capacity of

soil or slope stability can easily have designed. In contrast, this model has fundamental flaw with respect to analyzing deformation problems such as tunneling and excavation (Obrzud, 2010). One of the weaknesses of this model on issues related to excavating has to do with the constant of stiffness and lack of distinction between initial loading and unloading/loading of

materials, especially in soil. The difference between prediction of the stiffness in this model and that of actual tests such as triaxial and consolidation on a sample of soil is shown in Figure (2). In this figure, it is seen that there is a considerable difference between the actual behavior of material and that predicted by the Mohr-Coulomb model.

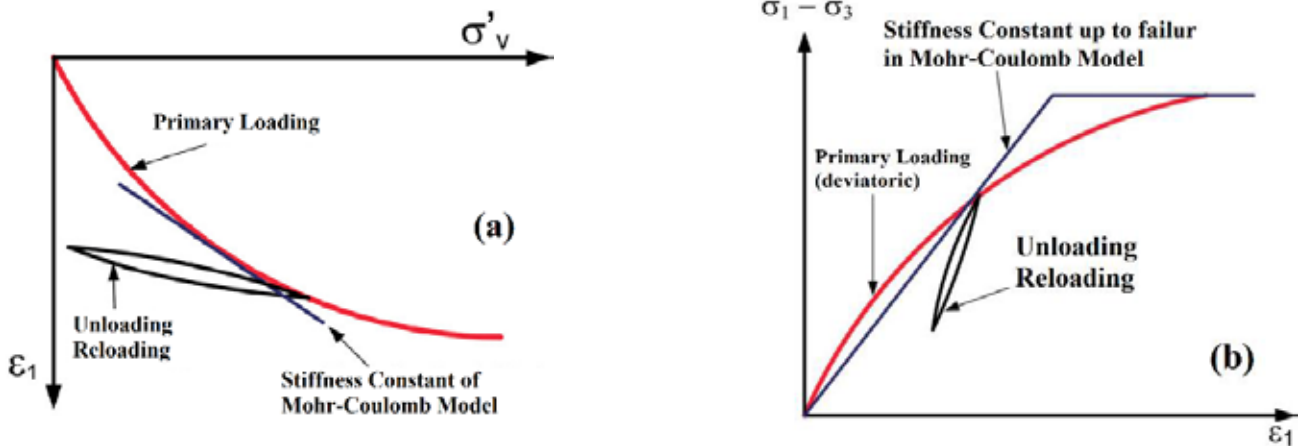


Figure 2. Typical schematic results from compression tests. (a) one-dimensional (b) triaxial (Schweiger, 2008)

### Features of Hardening Soil model

Advanced models, despite representing important behavioral aspects of materials and having fewer parameters and simpler equations, are acceptable to most designers. One of these models is the Hardening Soil model. The Hardening Soil model was established in 1999 by (Schanz et al., 1999) in the framework of the theory of elasticity. In this model, the strains (elastic

and plastic) are calculated based on the hardness of the surface tension and this hardness is different for the initial loading and unloading/loading (Obrzud, 2010). In this model, the behavior of material is nonlinear before the break, and after defeating, behavior is determined based on Mohr-Coulomb strength parameters (cohesion and angle of internal friction). The overall behavior of the stress-strain, along with a variety of stiffness parameters is shown in Figure 3.

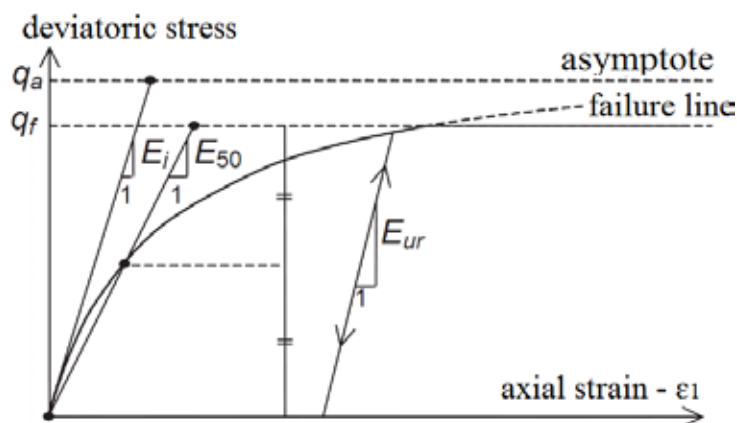


Figure 3. Hyperbolic stress-strain relationship used in Hardening Soil model (Obrzud, 2010)

Three types of stiffness have been defined in this model: loading stiffness, based on the results of triaxial pressure test; unloading stiffness, based on the results of triaxial unloading pressure test; and stiffness loading, based on the results of a one-dimensional consolidation test. The approximate relationship between the hardness parameters is suggested by and for most soil materials (Obrzud, 2010; Brinkgreve and Al-Khoury, 2016). In this paper, the performance of this model compared to the Mohr-Coulomb model in tunneling projects and ground motion pattern prediction is investigated.

## MATERIALS AND METHOD

### Plane Strain Soil Model

To evaluate the performance of the Mohr-Coulomb and Hardening Soil models to estimate the

ground surface settlement caused by tunnel excavating at various depths and to investigate the pattern of movement in the area around the tunnel, the geometry of the tunnel with a diameter of 7 meters for different depths was modeled, as shown in Figure 4. The intent was to investigate the effect of depth factors ( $h/d$ ) for different values 1, 2, 3 and 4. Simulations for different depths for both types of models, Mohr-Coulomb and Hardening Soil, was done. The distance between the boundary of the floor of the model and the lower boundary of the tunnel plays an important role in the pattern of displacement, particularly with high-scurry on the floor of the tunnels in the simulation (Schweiger, 2008). To eliminate the effect of this factor, the bottom line intended at a fixed distance ( $2d$ ) for all models and the only variable is the depth of tunnel placement in each model.

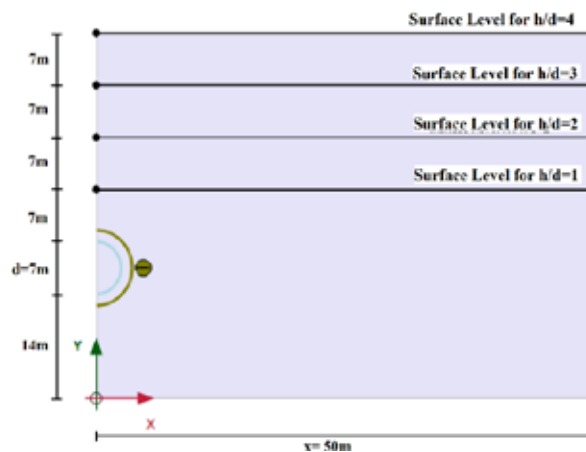


Figure 4. Geometry of the tunnel for different depths

In Table 1, the physical and mechanical parameters of a medium dense sand sample used for both models

is shown (Das and Sobhan, 2016; Brinkgreve and Al-Khoury, 2016).

Table 1. Properties of dense sand for MC and HS models

Material	Type	$\gamma_{wet}$	$\gamma_{sat}$	$\nu$	$c_{ref}$	$\phi$	$\Psi$	$m$			
		$kN m^{-3}$	$kN m^{-3}$	$kN m^{-2}$	$kN m^{-2}$	$kN m^{-2}$	-	$kN m^{-2}$	[°]	[°]	-
Medium dense Sand	HS	16.5	18	34e3	34e3	102e3	0.35	0.2	32	0	0.5
	MC	16.5	18	34e3	-	-	0.35	0.2	32	0	-

One of the reasons for using the Hardening Soil model is its association with the parameters of the Mohr-Coulomb model. As with the Mohr-Coulomb

model, parameters such as cohesive strength, friction angle, and angle of dilation control failure area. As mentioned before, the major difference between these

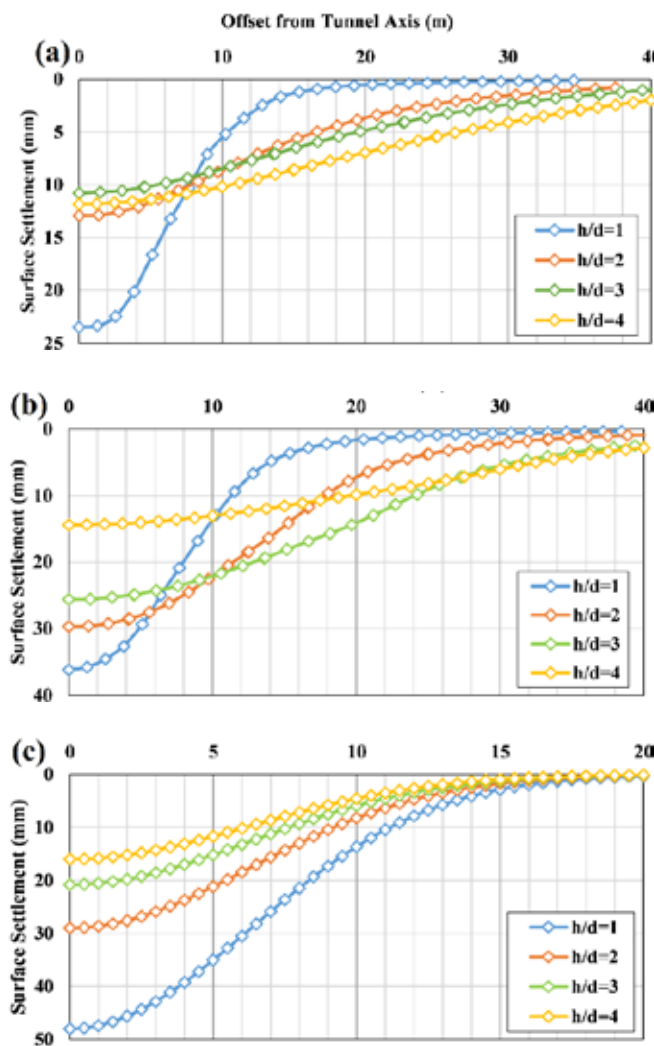
two models is the definition of soil stiffness during loading/unloading and behavior of stress-strain before nonlinear failure.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

Results of the modeling are presented in Figure (5) and Figure (6). In Figure (5), maximum ground surface settlement and in Figure (6), the pattern of

displacement for different values of  $(h/d)$  are presented for both models.

It can be observed from Figure (5a) that in simulations with the Mohr-Coulomb model the increase in settlement does not occur along with reduction in depth. In this way, the maximum amount of surface settlement is estimated for  $(h/d = 1)$ , but the process of settlement reduction is not repeated along with the ratio of  $(h/d)$ .



**Figure 5.** Surface settlement curves due to tunneling in different depths (a) MC model (b) HS model (c) Peck equation

The pattern of deformation around the tunnel in Mohr-Coulomb model is shown in Figure (6a). According to the figure, it is observed that the high-scurry on the floor of the tunnels modeled with Mohr-Coulomb occurs even for shallow depths of tunnel insertion, and this makes the paradigm shift in the movement of the crown of the tunnel and, as a result,

the surface settlement of the ground. In this case, the upward force in the area of the floor (uplift) has reduced deformation down the tunnel walls and the crown. Thus, in the Mohr-Coulomb model, the value of surface settlement is less than the Hardening Soil model. On the other hand, according to Figure (5b) by using the Hardening Soil model, with reducing the depth of the

tunnels, the settlement steadily increased and the trough shape became narrower and deeper, a position also demonstrated according to the empirical analysis of the settlement, as mentioned in the introduction and shown in Figure (5c). According to Figure (6b), it is observed that the movement concentration is on the crown of the tunnel, and with increasing excavation depth, part

of the movement is seen in the range of the tunnel excavation (as the high-scurry on the floor). These values are more rationally obtained than those from the Mohr-Coulomb model. Compared with Hardening Soil model, the Mohr-Coulomb model shows a large amount of uplift, even at shallow depths, less often seen in the implementation of shallow tunnels.

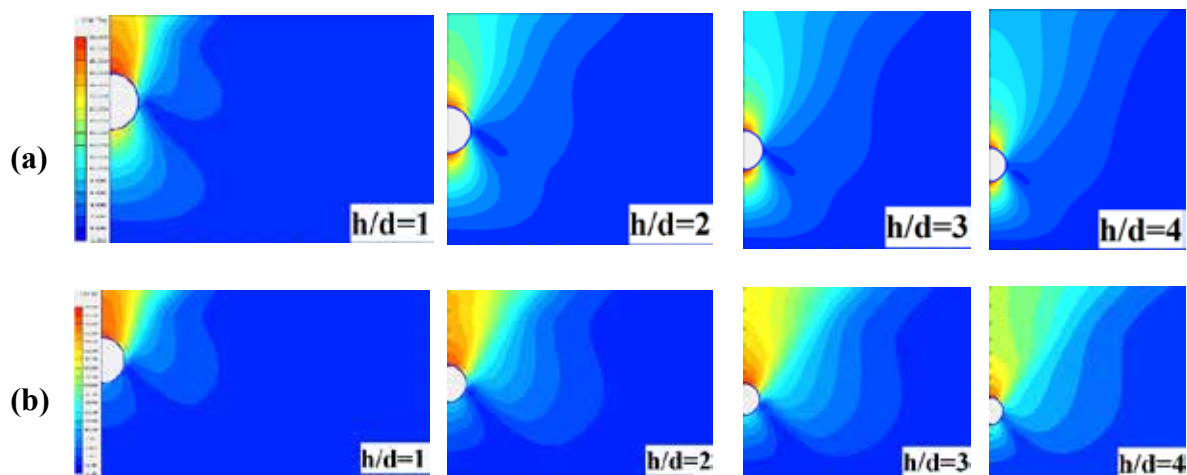


Figure 6. Pattern of deformation around tunnel (a) Mohr-Coulomb model (b) Hardening Soil model

## CONCLUSION

Materials behavior in numerical modeling of geotechnical engineering problems has an important role in predicting movement patterns. Overall, a reasonable estimate of the ground movement, especially in urban areas, due to the impact of underground excavating, requires use of suitable models having the ability to simulate the behavior of the most important aspects of the soil. Stiffness of stress in the behavioral models and distinguishing of stiffness between initial loading and unloading/reloading are important aspects of simulation in the discussion of excavation issues, all which play an important role in the prediction of ground movement. The overall pattern of movement due to high-scurry

on the floor is the most important issue in numerical simulation of underground excavating. In this paper, it will be evident that the pattern of movement represented by the Hardening Soil model is a more accurate representation of reality than that rendered by the Mohr-Coulomb model for a number of reasons having to do with factors such as: stiffness definition and difference in loading/unloading stiffness, high-scurry on the floor of the tunnel, and its focus of movement of the tunnel's crest and walls. In the Hardening Soil model, increases in ground surface settlement have been well anticipated along with a decrease in depth. Therefore, it is recommended that analysts employ advanced models to simulate excavation issues.

## REFERENCES

- Attewell PB, Farmer IW, 1974. Ground disturbance caused by shield tunnelling in a stiff. *Canadian Geotechnical Journal*, 11: 380–395.
- Attewell PB, Woodman JP, 1982. Predicting the dynamics of ground settlement and its derivatives caused by tunneling in soil. *Ground Engineering*, 15:13–22.
- Boháč J, Herle I, Mašín D, 2002. Stress and strain dependent stiffness in a numerical model of a tunnel. *Proc 2nd International Conference on Soil Structure Interaction in Urban Civil Engineering*, 7-8 March 2002, Zurich.
- Boscardin MD, Cording EJ, 1989. Building response to excavation-induced settlement. *Journal of Geotechnical Engineering*, 115:1–21.
- Brinkgreve RBJ, Al-Khoury R, 2016. *PLAXIS version 2016 reference manual*.
- Chakeri H, Ozelik Y, Unver B, 2013. Effects of important factors on surface settlement prediction for metro tunnel excavated by EPB. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 36: 14–23.
- Chou WI, Bobet A, 2002. Predictions of ground deformations in shallow tunnels in clay. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 17: 3–19.

- Corp IC, 2002. Fast Lagrangian Analysis of Continua, Flac 2D Manual, Minneapolis, 3058 p.
- Das BM, Sobhan K, 2014. Principles of Geotechnical Engineering. 8th Edition, Cengage Learning, Stamford, USA, 746 p.
- Fasihnikoutalab MH, Huat BBK, Asadi A, Daneshmand S, 2012. Numerical stability analysis of tunnel by PLAXIS. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, 17: 451–461.
- Franzius JNN, 2002. Behavior of building due to tunnel induced settlement. University of London, Imperial College of Science Technology and Medicine, PhD thesis, 360p.
- Guglielmetti V, Grasso P, Mahtab A, Xu S, 2008. Mechanized tunnelling in urban areas: design methodology and construction control, Taylor & Francis, Turin, Italy, 504p.
- Leca E, New B, Reporter G, 2007. Settlements induced by tunneling in Soft Ground. Tunnelling and Underground Space Technology, 22:119–149.
- Ma L, Ding L, Luo H, 2014. Non-linear description of ground settlement over twin tunnels in soil. Tunnelling and Underground Space Technology, 42:144–151.
- Melis M, Medina L, Rodríguez, JM, 2002. Prediction and analysis of subsidence induced by shield tunnelling in the Madrid Metro extension. Canadian Geotechnical Journal, 39:1273–1287.
- O'Reilly MP, New BM, 1982. Settlement above tunnels in the United Kingdom-their magnitude and prediction. In Proceedings of the 3th tunnelling conference, London.
- Obrzud R, 2010. On the use of the Hardening Soil Small Strain model in geotechnical practice. Numerics in Geotechnics and Structures, 16p.
- Papastamos G, Stiros S, Saltogianni V, Kontogianni V, 2015. 3-D strong tilting observed in tall, isolated brick chimneys during the excavation of the Athens Metro. Applied Geomatics, 7: 115–121.
- Peck RB, 1969. Deep excavations and tunneling in soft ground. In Proceedings of the 7th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Mexico City.
- Salimi AR, Esmaeili M, Salehi B, 2013. Analysis of a TBM Tunneling Effect on Surface Subsidence: A Case Study from Tehran-Iran, International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering, 7: 1131–1135.
- Schanz T, Vermeer A, Bonnier P, 1999. The hardening soil model: formulation and verification. Beyond 2000 Computational Geotechnics-10 years PLAXIS, Amsterdam, Netherlands, 281p.
- Schweiger HF, 2008. The Role of Advanced Constitutive Models in Geotechnical Engineering. Geomechanik und Tunnelbau, 1: 336–344.

## New Banach Sequence Spaces That Is Defined By The Aid Of Lucas Numbers

Murat KARAKAŞ<sup>1</sup>, Ayşe Metin KARAKAŞ<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** In this work, we establish a new matrix by using Lucas numbers and define a new sequence space. Besides, we give some inclusion relations and investigate the geometrical properties such as Banach-Saks type , weak fixed point property for this space.

**Keywords:** Banach-Saks property, difference matrix, difference sequence spaces, lucas numbers, weak fixed point property

## Lucas Sayıları Yardımıyla Tanımlanan Yeni Banach Dizi Uzayları

**ÖZET:** Bu makalede, Lucas sayılarını kullanarak yeni bir matris oluşturuyoruz ve yeni bir dizi uzayı tanımlıyoruz. Ayrıca bu uzay için bazı kapsama bağıntıları veriyoruz ve uzayın p tipi Banach-Saks, zayıf sabit nokta gibi geometrik özelliklerini araştırıyoruz.

**Anahtar Kelimeler:** Banach-Saks özelliği, fark matrisi, fark dizi uzayları, lucas sayıları, zayıf sabit nokta özelliği

<sup>1</sup> Murat KARAKAŞ (0000-0003-1968-2040), Ayşe Metin KARAKAŞ (0000-0003-3552-0105), Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik, Bitlis, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Murat KARAKAŞ, mkarakas@beu.edu.tr

## INTRODUCTION

Recently, (Kara, 2013) has defined and studied Fibonacci difference sequence spaces. According to his study, we have examined the Lucas difference sequence space and have shown that this space is a Banach -space and also is linear isomorphic to  $\ell_p$  for  $1 \leq p \leq \infty$ .

All real and complex valued sequences are represented by  $w$ . A sequence space is linear subspace of  $w$ . Throughout the paper  $\ell_\infty, \ell_p (1 \leq p < \infty), c, c_0$ ,

characterise the spaces of all bounded,  $p$  -absolutely summable, convergent and null sequences.

Let  $B = (b_{nk})$  be an infinite matrix of real numbers  $b_{nk} (n, k = 1, 2, \dots)$  and  $X, Y$  be two sequence spaces. It is said that the matrix  $B$  describes a matrix transformation from  $X$  into  $Y$ , and we symbolize it  $B: X \rightarrow Y$ , if the sequence  $Bx = (B_n(x))$  is in  $Y$  for every  $x = (x_k) \in X$  where

$$B_n(x) = \sum_k b_{nk} x_k \quad (1)$$

The sequence  $Bx$  is said to be the  $B$ -transform of  $x$  by the matrix  $B$ . The notation  $(X, Y)$  shows the class of matrices  $B$  such that  $B: X \rightarrow Y$ . Therefore  $B \in (X, Y)$  iff the series on the equality (1) converges for each  $n \in \mathbb{N}$  and every  $x \in X$ , and  $Bx \in Y$  for all  $x \in X$ .

The matrix domain of  $B$  for a sequence space  $X$  is given by

$$X_B = \{x \in w: Bx \in X\} \quad (2)$$

which is a sequence space.

For the sequence whose  $n^{th}$  term is 1 and others are 0 for each  $n \in \mathbb{N}$ , we'll write  $e^{(n)}$  and also use  $e = (1, 1, \dots)$ .

$$\Delta_{nk} = \begin{cases} (-1)^{n-k}, & n \geq k \geq n-1 \\ 0, & k > n \text{ or } 0 \leq k < n-1 \end{cases}$$

and

$$\Delta'_{nk} = \begin{cases} (-1)^{n-k}, & n \leq k \leq n+1 \\ 0, & k > n+1 \text{ or } 0 \leq k < n \end{cases}$$

Recently, several authors have made use of the view of constituting sequence space by the help of matrix domain of an infinite triangle matrix, e.g., (Mursaleen and Noman, 2010; Mursaleen and Noman, 2011), (Mursaleen et al., 2006), (Altay et al., 2006), (Başar and Altay, 2003), (Altay and Başar, 2005), (Savaş et al., 2009), (Karakas, 2015), (Kara and Başarır, 2012).

The matrix domain  $\lambda_\Delta$  is called the difference sequence space if  $\lambda$  is a normed or paranormed sequence space where  $\Delta$  symbolizes the backward difference matrix  $\Delta = (\Delta_{nk})$  and  $\Delta' = (\Delta'_{nk})$  symbolizes the transpose of the matrix  $\Delta$ , the forward difference matrix, which are identified by



for all  $k, n \in \mathbb{N}$ ; ; respectively. (Kızmaz, 1981) first presented the concept of difference sequence spaces and determined the following sequence spaces:

$$X(\Delta) = \{x \in w: (x_k - x_{k+1}) \in X\}, \quad X = \ell_\infty, c, c_0.$$

(Altay and Başar, 2007) examined the difference sequence space  $bv_p$  which involves sequences  $(x_k)$  such that  $(x_k - x_{k-1})$  in the case  $0 < p < 1$ . For  $1 \leq p \leq \infty$ , (Çolak et al., 2004) examined this difference space. In addition, authors analyzed certain difference sequence spaces, see (Et, 1993), (Mursaleen, 1996), (Gaur and Mursaleen, 1998), (Et and Esi, 2000), (Et and Çolak, 1995), (Et and Başarır, 1997), (Karakaş et al., 2013).

The primary aim of this note is to establish the Lucas difference matrix  $\hat{E}$  and introduce new sequence spaces  $\ell_p(\hat{E})$  and  $\ell_\infty(\hat{E})$  connected with matrix domain of  $\hat{E}$  for sequence spaces  $\ell_p$  and  $\ell_\infty$  where  $1 \leq p < \infty$ .

In the second part of this paper, we give some formulas and basic notions about Lucas sequence and a  $BK$  -space. In the third part, by using Lucas numbers, we introduce the sequence spaces  $\ell_p(\hat{E})$  and  $\ell_\infty(\hat{E})$ , and establish some inclusion relations. Also, we construct the basis of  $\ell_p(\hat{E})$  for  $1 \leq p < \infty$ . Finally, we analyze some geometric properties for the space  $\ell_p(\hat{E}), 1 \leq p < \infty$ .

$$\sum_{i=0}^n L_i = L_{n+2} - 1,$$

$$\sum_{i=1}^n L_i^2 = L_n L_{n+1} - 2,$$

## MATERIAL AND METHODS

A  $K$ -space is a sequence space with a linear topology provided each maps  $\tau_k: X \rightarrow \mathbb{C}, \tau_k(x) = x_k$  is continuous for all  $k \in \mathbb{N}$ . If a  $K$ -space  $X$  is a complete linear metric space, then  $X$  is called a  $FK$ -space. A Banach  $K$ -space is a normed  $FK$ -space. The sequence spaces  $\ell_\infty, c, c_0$  are Banach -spaces with the norm  $\|x\|_\infty = \sup_k |x_k|$ . Also  $\ell_p$ , is a Banach -space with  $\|x\|_{\ell_p} = (\sum_k |x_k|^p)^{1/p}, 1 \leq p < \infty$ .

For a normed linear space  $X$ , the sequence  $(b^{(n)})_{n=0}^\infty$  is called Schauder basis if there is a unique sequence  $(\gamma_n)_{n=0}^\infty$  of scalars such that  $x = \sum_{n=0}^\infty \gamma_n b^{(n)}$  for every  $x \in X$ , that is,

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \|x - \sum_{n=0}^m \gamma_n b^{(n)}\|_X = 0$$

The Lucas sequence  $(L_n)$  is defined by using Fibonacci recurrence relation and different initial conditions as:

$$L_0 = 2, L_1 = 1 \text{ and } L_n = L_{n-1} + L_{n-2}, n \geq 2.$$

Lucas numbers are closely related to Fibonacci numbers. In spite of this relation, they exhibit distinct properties. Some fundamental characteristics of Lucas sequences are given as follows (Koshy, 2001), (Vajda, 2008):

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{L_n}{L_{n-1}} = \varphi \text{ (golden section),}$$

$$L_{n-1}L_{n+1} - L_n^2 = -5 \cdot (-1)^n.$$

It can be easily derived by placing in the last equality that  $L_{n-1}^2 + L_n L_{n-1} - L_n^2 = -5(-1)^n$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

In the present section, we'll firstly give the following new double band matrix  $\hat{E} = (\hat{L}_{nk})$  by means of the sequence  $(L_n)$  of Lucas numbers for all  $n, k \in \mathbb{N} - \{0\}$ :

$$\hat{L}_{nk} = \begin{cases} -\frac{L_n}{L_{n-1}}, & k = n - 1 \\ \frac{L_{n-1}}{L_n}, & k = n \\ 0, & \text{other} \end{cases}$$

The inverse of the above Lucas matrix can be easily calculated and it is given by

$$\hat{L}^{-1} = \begin{cases} \frac{L_n^2}{L_{k-1}L_k}, & n \geq k > 0 \\ 0, & n < k \end{cases}.$$

Now, we define the  $\hat{E}$ -transform of a sequence  $x = (x_n)$  in the form:

$$y_n = \hat{E}_n(x) = \frac{L_{n-1}}{L_n} x_n - \frac{L_n}{L_{n-1}} x_{n-1}, \quad n \geq 1. \quad (3)$$

And now, let's introduce the Lucas difference sequence spaces  $\ell_p(\hat{E})$  and  $\ell_\infty(\hat{E})$  in the form of

$$\ell_p(\hat{E}) = \left\{ x \in w: \sum_n \left| \frac{L_{n-1}}{L_n} x_n - \frac{L_n}{L_{n-1}} x_{n-1} \right|^p < \infty \right\}, \quad 1 \leq p < \infty$$

$$\ell_\infty(\hat{E}) = \left\{ x \in w: \sup_n \left| \frac{L_{n-1}}{L_n} x_n - \frac{L_n}{L_{n-1}} x_{n-1} \right| < \infty \right\}.$$

These spaces can be redefined with the help of equality (2) by

$$\ell_p(\hat{E}) = (\ell_p)_{\hat{E}}, \quad 1 \leq p < \infty \text{ and } \ell_\infty(\hat{E}) = (\ell_\infty)_{\hat{E}}. \quad (4)$$

**Theorem 3.1.** The sets  $\ell_p(\hat{E})$  and  $\ell_\infty(\hat{E})$  are Banach K-spaces with

$$\|x\|_{\ell_p(\hat{E})} = \left(\sum_n |\hat{E}_n(x)|^p\right)^{1/p}, 1 \leq p < \infty \text{ and } \|x\|_{\ell_\infty(\hat{E})} = \sup_n |\hat{E}_n(x)|.$$

**Proof.** By the Theorem 4.3.12 of (Wilansky, 1984), we obtain that  $\ell_p(\hat{E})$  and  $\ell_\infty(\hat{E})$  are Banach K-spaces with the above norms since the matrix  $E$  is triangle and equality (4) holds.

$\ell_p(\hat{E})$  and  $\ell_\infty(\hat{E})$  are the sequence spaces of non-absolute type. So indeed,

$$\|x\|_{\ell_p(\hat{E})} \neq \| |x| \|_{\ell_p(\hat{E})} \text{ and } \|x\|_{\ell_\infty(\hat{E})} \neq \| |x| \|_{\ell_\infty(\hat{E})}.$$

This means that the absolute property is not valid on the spaces  $\ell_p(\hat{E})$  and  $\ell_\infty(\hat{E})$  for fewest one sequence where  $|x| = (|x_k|)$ .

$$x_k = \sum_{j=1}^k \frac{L_k^2}{L_{j-1}L_j} y_j. \tag{5}$$

Next, we obtain that

$$\begin{aligned} \|x\|_{\ell_p(\hat{E})} &= \left(\sum_k \left| \frac{L_{k-1}}{L_k} x_k - \frac{L_k}{L_{k-1}} x_{k-1} \right|^p\right)^{\frac{1}{p}} \\ &= \left(\sum_k \left| \frac{L_{k-1}}{L_k} \sum_{j=1}^k \frac{L_k^2}{L_{j-1}L_j} y_j - \frac{L_k}{L_{k-1}} \sum_{j=1}^{k-1} \frac{L_{k-1}^2}{L_{j-1}L_j} y_j \right|^p\right)^{\frac{1}{p}} \\ &= (\sum_k |y_k|^p)^{\frac{1}{p}} = \|y\|_{\ell_p} < \infty \text{ and} \end{aligned}$$

$$\|x\|_{\ell_\infty(\hat{E})} = \sup_k \left| \frac{L_{k-1}}{L_k} x_k - \frac{L_k}{L_{k-1}} x_{k-1} \right| = \sup_k |y_k| = \|y\|_{\ell_\infty} < \infty.$$

**Theorem 3.2.** The Lucas difference sequence space  $\ell_p(\hat{E})$  of non-absolute type is linear isomorphic to  $\ell_p$  for  $1 \leq p \leq \infty$ .

**Proof.** Let  $1 \leq p \leq \infty$  and consider the transformation  $Z$  from  $\ell_p(\hat{E})$  to  $\ell_p$  defined by  $x \rightarrow y = Zx$  with the notation of equality (3). Then, we have  $Zx = y = \hat{E}x \in \ell_p$  for every  $x \in \ell_p(\hat{E})$ . It is trivial that  $Z$  is linear. Additionally, it is easy to see that  $x=0$  if  $Zx=0$  is injective.

Besides, let  $y = (y_k) \in \ell_p$  and consider the sequence  $x = (x_k)$  by

This means that  $x \in \ell_p(\hat{E}), 1 \leq p \leq \infty$ .  $\ell_p(\hat{E})$  and  $\ell_p$  are linear isomorphic. Hence, we see that  $Z$  is surjective and preserves the norm. Therefore,  $Z$  is a linear bijection and so  $\ell_p \subset \ell_p(\hat{E})$  strictly holds.

**Theorem 3.3.** If  $1 \leq p \leq \infty$ , then the inclusion

$\ell_p \subset \ell_p(\hat{E})$  strictly holds.

**Proof.** Let  $x \in \ell_p, 1 < p \leq \infty$ . It can be easily seen that the inequalities  $\frac{L_{k-1}}{L_k} \leq 2$  and

$\frac{L_k}{L_{k-1}} \leq 3$  hold. By means of these inequalities and equality (3), we have

$$\sum_k |\hat{E}_k(x)|^p \leq \sum_k 6^{p-1} (|2x_k|^p + |3x_{k-1}|^p) \leq 6^{2p-1} (\sum_k |x_k|^p + \sum_k |x_{k-1}|^p),$$

$$\sup_k |\hat{E}_k(x)| \leq 5 \sup_k |x_k|.$$

Hence, for  $1 < p \leq \infty$ , we obtain

$$\|x\|_{\ell_p(\hat{E})} \leq 36 \|x\|_p \text{ and } \|x\|_{\ell_\infty(\hat{E})} \leq 5 \|x\|_\infty. \quad (6)$$

Additionally, the sequence  $x = (x_k) = (L_k^2) = (1, 3^2, 4^2, 7^2, \dots)$  is in  $\ell_p(\hat{E}) - \ell_p$ . This

gives that the inclusion  $\ell_p \subset \ell_p(\hat{E})$  is strict in the case  $1 < p \leq \infty$ . Also, the inequality

(6) holds for  $p = 1$ .

**Theorem 3.4.**  $\ell_p(\hat{E}) \subset \ell_s(\hat{E})$  for  $1 \leq p < s$ .

**Proof.** Let  $y$  be the sequence given by equality (3). If we take  $x \in \ell_p(\hat{E})$ , then we have

$y \in \ell_p$ . Since the inclusion  $\ell_p \subset \ell_s$  holds, we obtain that  $y \in \ell_s$ . This yields us

$x \in \ell_s(\hat{E})$  and so, the inclusion  $\ell_p(\hat{E}) \subset \ell_s(\hat{E})$  holds.

**Theorem 3.5.** The sequence  $(b^{(k)})_{k=1}^\infty$  which is established by

$$(b^{(k)})_n = \begin{cases} \frac{L_n^2}{L_{k-1}L_k}, & n \geq k \\ 0, & n < k \end{cases} \quad (7)$$

forms a basis for  $\ell_p(\hat{E})$  in the case  $1 \leq p < \infty$ . Also, every  $x \in \ell_p(\hat{E})$  has a unique representation of the form

$$x = \sum_k \hat{E}_k(x)b^{(k)}. \tag{8}$$

**Proof.** From equality (7),  $\hat{E}(b^{(k)}) = e^{(k)} \in \ell_p$  and this means that  $b^{(k)} \in \ell_p(\hat{E})$ . Now, let's take  $x \in \ell_p(\hat{E})$  and put  $x^{(m)} = \sum_{k=1}^m \hat{E}_k(x)b^{(k)}$  for every non-negative integer  $m$ .

Thus, it is obtained that

$$\hat{E}(x^{(m)}) = \sum_{k=1}^m \hat{E}_k(x)\hat{E}(b^{(k)}) = \sum_{k=1}^m \hat{E}_k(x)e^{(k)}$$

and also

$$\hat{E}_n(x - x^{(m)}) = \begin{cases} \hat{E}_n(x), & m < n \\ 0, & m \geq n \geq 0 \end{cases}$$

So, there is a non-negative integer  $m_0$  such that  $\sum_{n=m_0+1}^{\infty} |\hat{E}_n(x)|^p \leq \left(\frac{\varepsilon}{2}\right)^p$  for any  $\varepsilon > 0$ . Hence, we have that

$$\|x - x^{(m)}\|_{\ell_p(\hat{E})} = \left( \sum_{n=m+1}^{\infty} |\hat{E}_n(x)|^p \right)^{1/p} \leq \left( \sum_{n=m_0+1}^{\infty} |\hat{E}_n(x)|^p \right)^{1/p} \leq \frac{\varepsilon}{2} < \varepsilon$$

for every  $m \geq m_0$ , that is,

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \|x - x^{(m)}\|_{\ell_p(\hat{E})} = 0.$$

Last, let's assume that  $x = \sum_k \beta_k(x)b^{(k)}$  to demonstrate the uniqueness of equality (8) for  $x \in \ell_p(\hat{E})$ . By using the continuity of the linear transformation  $Z$ , we have

$$\hat{E}_n(x) = \sum_k \beta_k(x)\hat{E}_n(b^{(k)}) = \sum_k \beta_k(x)\delta_{nk} = \beta_n(x).$$

Therefore, the proof is completed.

**Theorem 3.6.** The spaces  $\ell_p(\hat{E})$  and  $bv_p$  do not include each other for  $1 \leq p < \infty$ .

**Proof.** If we take  $x = (x_k) = (L_k^2) = (1, 3^2, 4^2, 7^2, \dots)$  and  $e = (1, 1, 1, \dots)$ , then we result that  $x \in \ell_p(\hat{E})$  and  $x \notin bv_p$  by reason of  $\hat{E}x = (2, 0, 0, \dots) \in \ell_p$  and  $\Delta x = (1, L_0L_3, L_1L_4, \dots, L_{k-2}L_{k+1}, \dots) \notin \ell_p$ . Now, we take the equation

$$\left| \frac{L_{k-1}}{L_k} - \frac{L_k}{L_{k-1}} \right| = \frac{|L_{k-1}^2 - L_k^2|}{L_{k-1}L_k} = \frac{|(-5)(-1)^k - L_{k-1}L_k|}{L_{k-1}L_k}$$

into consideration. If  $k$  is even, then  $L_{k-1}L_k < |(-5)(-1)^k - L_{k-1}L_k|$ . Hence, the series  $\sum_k \left| \frac{L_{k-1}}{L_k} - \frac{L_k}{L_{k-1}} \right|^p$  is not convergent for  $1 \leq p < \infty$ . Thus,  $\hat{E}e = \left( \frac{L_{k-1}}{L_k} - \frac{L_k}{L_{k-1}} \right) \notin$

$\ell_p$  in the case  $1 \leq p < \infty$  and it is clear that  $e \in \ell_p$ . In conclusion, the spaces  $\ell_p(\hat{E})$  and  $bv_p$  coincide but they do not contain one another.

A Banach space  $Y$  possess Banach-Saks property if any bounded sequence in  $Y$  approves a subsequence

$$R(X) = \sup \left( \liminf_{n \rightarrow \infty} \|x_n + x\| \right)$$

He also proved that a Banach space  $X$  with  $R(X) < 2$  has the weak fixed point property.

Of late years, some studies about geometrical properties of a sequence space can be seen in (Et and Karakaya, 2014), (Karakaya and Altun, 2014), (Mursaleen et al., 2007).

**Theorem 3.7.**  $\ell_p(\hat{E})$  holds the Banach-Saks property of type  $p$ .

whose arithmetic mean converges in norm. Similarly, a Banach space  $Y$  holds weak Banach-Saks property if any weakly null sequence in  $X$  admits a subsequence whose arithmetic mean strongly converges in norm.

Let  $X$  be a Banach space. (Garcia-Falset, 1994) defined the coefficient  $R(X)$  as:

**Proof.** It can be proved by standard technic which is available in (Karakaya et al., 2013).

**Remark 3.1.** As  $\ell_p(\hat{E})$  is linearly isomorphic to space  $\ell_p$ , we take in consideration .

$$R(\ell_p(\hat{E})) = R(\ell_p) = 2^{1/p}.$$

Since  $R(\ell_p(\hat{E})) < 2$ , it can be given the below theorem:

**Theorem 3.9.** The space  $\ell_p(\hat{E})$  possess the weak fixed point property for  $1 < p < \infty$ .

## REFERENCES

- Altay B, Başar F, 2005. Some Euler sequence spaces of nonabsolute type. *Ukrainian Math. J*, 57: 1-17.
- Altay B, Başar F, 2007. The fine spectrum and the matrix domain of the difference operator  $\Delta$  on the sequence space  $\mathcal{L}_p$ . *Commun. Math. Anal.*, 2: 1-11.
- Altay B, Başar F, Mursaleen M, 2006. On the Euler sequence spaces which include the spaces  $\mathcal{L}_p$  and  $\mathcal{L}_p^I$ . *Inform. Sci*, 176: 1450-1462.
- Başar F, Altay B, 2003. On the space of sequences of  $\Delta$ -bounded variation and related matrix mappings. *Ukrainian Math. J*, 55: 136-147.
- Çolak R, Et M, Malkowsky E, 2004. *Some topics of sequence spaces, Lecture notes in Mathematics. Firat Univ. Press*, 1-63.
- Et M, 1993. On some difference sequence spaces. *Doğa Mat.*, 17: 18-24.
- Et M, Başarır M, 1997. On some new generalized difference sequence spaces. *Period. Math. Hungar.*, 35: 169-175.
- Et M, Çolak R, 1995. On some generalized difference sequence spaces. *Soochow J. Math.*, 21: 377-386.
- Et M, Esi A, 2000. On Köthe-Toeplitz duals of generalized difference sequence spaces. *Bull. Malays. Math. Sci. Soc. (2)*, 23: 25-32.
- Et M, Karakaya V, 2014. A new difference sequence set of order  $\alpha$  and its geometrical properties. *Abstr. Appl. Anal.*, Art. ID 278907: 4 p.
- García-Falset J, 1994. Stability and fixed points for nonexpansive mappings. *Houston J. Math.*, 20: 495-506.
- Gaur AK, Mursaleen M, 1998. Difference sequence spaces. *Internat. J. Math. Math. Sci.*, 21: 701-706.
- Kara EE, 2013. Some topological and geometrical properties of new Banach sequence spaces. *J. Inequal. Appl.*, 38: 15 pp.
- Kara EE, Başarır M, 2012. An application of Fibonacci numbers into infinite Toeplitz matrices. *Caspian Journal of Mathematics Sciences*, 1: 1-6.
- Karakaş M, 2015. A new regular matrix defined by Fibonacci numbers and its applications. *BEU Journal of Science*, 4: 205-210.
- Karakaş M, Çınar M, Et M, 2013. Some geometric properties of a new sequence space. *J. Comput. Anal. Appl.*, 15: 23-31.
- Karakaş M, Et M, Karakaya V, 2013. Some geometric properties of a new difference sequence space involving lacunary sequences. *Acta Math. Sci. Ser. B Engl. Ed.*, 33: 1711-1720.
- Karakaya V, Altun F, 2014. On some geometric properties of a new paranormed sequence space. *J. Funct. Spaces*, Art. ID 685382: 8 p.
- Kızmaz H, 1981. On certain sequence spaces. *Canad. Math. Bull.*, 24: 169-176.
- Koshy T, 2001. *Fibonacci and Lucas Numbers with Applications*. John Wiley&Sons, Canada. 672 p.
- Mursaleen M, 1996. Generalized spaces of difference sequences. *J. Math. Anal. Appl.*, 203: 738-745.
- Mursaleen M, Başar F, Altay B, 2006. On the Euler sequence spaces which include the spaces  $\mathcal{L}_p$  and  $\mathcal{L}_p^I$ . *Nonlinear Analysis*, 65: 707-717.
- Mursaleen M, Çolak R, Et M, 2007. Some geometric inequalities in a new Banach sequence space. *J. Inequal. Appl.*, Art. ID 86757: 6 p.
- Mursaleen M, Noman AK, 2010. On some new difference sequence spaces of non-absolute type. *Math. Comput. Modelling*, 52: 603-617.
- Mursaleen M, Noman AK, 2010. On the spaces of  $\Delta$ -convergent and bounded sequences. *Thai J. Math.*, 8: 311-329.
- Mursaleen M, Noman AK, 2011. On some new sequence spaces of non-absolute type related to the spaces  $\mathcal{L}_p$  and  $\mathcal{L}_p^I$ . *Filomat*, 25: 33-51.
- Savaş E, Karakaya V, Şimşek N, 2009. Some  $\Delta$ -type new sequence spaces and their geometric properties. *Abstr. Appl. Anal.*, Art. ID 696971: 12 pp.
- Vajda S, 2008. *Fibonacci and Lucas Numbers, and the Golden Section Theory and Applications*. Dover Edition, NewYork, USA. 189 p.
- Wilansky A, 1984. *Summability Through Functional Analysis*. Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam, The Netherlands. 317 p.





## Kumarin Yan Grup İçeren Poli(3-Benzoil Kumarin-7-il-Metakrilat) Homopolimerinin Termal Bozunma Kinetiği

Adnan KURT<sup>1</sup>

**ÖZET:** Yan grup olarak kumarin halkasını barındıran ve yeni bir metakrilat polimeri olan poli(3-benzoil kumarin-7-il-metakrilat) polimerinin termal bozunma kinetiği mevcut çalışmada detaylıca araştırıldı. Bu amaçla, belirli miktardaki polimer örneklerine farklı ısıtma hızlarında kontrollü bir ısıtma programı uygulanarak termogravimetrik analizi (TGA) yapıldı. TGA sonuçları incelendiğinde, ısıtma hızı artışı ile polimerin termal kararlılığının daha yüksek olduğu sonucuna varıldı. Polimerin termal bozunma aktivasyon enerjisi Flynn-Wall-Ozawa metoduna göre 155.01 kJ mol<sup>-1</sup> ve Kissinger metoduna göre ise 165.29 kJ mol<sup>-1</sup> olarak hesaplandı. Polimerin termal bozunma mekanizmasını belirlemek amacıyla Coats-Redfern kinetik metodu kullanıldı. Elde edilen kinetik veriler ışığında polimerin termal bozunma mekanizmasının optimum 10 °C dak<sup>-1</sup> ısıtma hızında D<sub>1</sub> tek boyutlu difüzyon tipi yavaşlama mekanizması üzerinden ilerlediği belirlendi.

**Anahtar Kelimeler:** Aktivasyon enerjisi, kumarin türevli polimer, termal bozunma kinetiği, termal bozunma mekanizması

## Thermal Degradation Kinetics of Poly(3-Benzoyl Coumarin-7-yl-Methacrylate) Homopolymer Containing Coumarin Side Group

**ABSTRACT:** In present study, thermal degradation kinetics of a new methacrylate polymer containing coumarin side group, poly(3-benzoyl coumarin-7-yl-methacrylate), was investigated in detail. For this purpose, thermogravimetric analysis (TGA) was performed by applying a controlled heating program at different heating rates to specific amounts of polymer samples. When the TGA results were examined, it was concluded that the thermal stability of polymer was higher with increasing the heating rate. Decomposition activation energies of polymer were calculated as 155.01 kJ mol<sup>-1</sup> and 165.29 kJ mol<sup>-1</sup> according to Flynn-Wall-Ozawa and Kissinger methods, respectively. Coats-Redfern method was also used to investigate the thermal decomposition mechanism of polymer. In the light of obtained kinetic data, it was determined that the thermal decomposition mechanism of coumarin derived polymer was followed by D<sub>1</sub> one dimensional diffusion type deceleration mechanism at 10 °C min<sup>-1</sup> optimum heating rate.

**Keywords:** Activation energy, coumarin derived polymer, thermal degradation kinetics, thermal decomposition mechanism

<sup>1</sup> Adnan KURT (0000-0001-6612-5234), Adıyaman Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya, Adıyaman, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Adnan KURT, adnkurt@gmail.com

## GİRİŞ

Kumarinler, polifenolik bileşik sınıfında yer alan önemli bir bileşik sınıfıdır (Chaudhary and Datta, 2014). Bu bileşikler birçok bitkide doğal olarak bulunur ve bu bitkilerden özütlenerek saflaştırıldığı gibi laboratuvar ortamında farklı fonksiyonel gruplu çok sayıda türevi de sentezlenebilmektedir (Ajani and Nwinyi, 2010). Ayrıca, kimyasal yapılarında hetero grup bulunması nedeniyle farklı alanlarda uygulaması olan bileşikler arasında da yer almaktadır (Nofal et al., 2000; Tasiar et al., 2015). Özellikle, son yıllarda kumarin türevli polimerler başarıyla sentezlenmiş ve bu polimerlerin biyolojik, fotokimyasal ve termal özellik gibi bazı özellikleri incelenmiştir (Tian et al., 2000; Patel et al., 2008; Gindre et al., 2016). Bu kapsamda, kumarin içerikli polimerlerin bazılarının rapor edildiği örnek birkaç çalışma aşağıda kısaca açıklanmıştır.

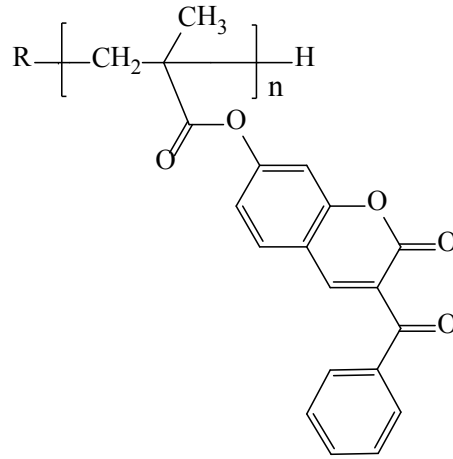
Bu çalışmalardan biri Patel ve arkadaşları tarafından rapor edilmiş ve 4-metil kumarin yan dallı poliakrilat türevlerinin sentezini, karakterizasyonu ve termal özelliklerini araştırmıştır (Patel et al., 2008). Elde edilen sonuçlardan polimerlerin orta düzeyli bir termal kararlılık sergiledikleri belirlenmiş ve ayrıca monomer reaktivite oranlarının tespitinde, kopolimer bileşiminde kumarin bileşeninin daha düşük reaktivite gösterdiği rapor edilmiştir. Diğer bir çalışmada, Essaidi ve arkadaşları kumarin içerikli polimerlerin sentezini ve optik özelliklerini araştırmışlardır (Essaidi et al., 2013). Bu amaçla, 4-metil kumarin pendant kromofor grubu içeren farklı metakrilat kopolimer ince filmleri hazırlanmış ve farklı spektral teknikler kullanılarak nonlineer optik özellikleri belirlenmiştir. Skowronski ve arkadaşları, metil kumarin türevli kopolimerlerin absorpsiyon katsayısı, kırılma indisi, optik band boşluğu vb. gibi optik özelliklerinin kumarin halkasında yer alan alkil türevlerine göre değişimlerini incelemiştir (Skowronski et al., 2015). Venkateson ve çalışma arkadaşları tarafından rapor edilen bir çalışmada, kumarin türevli metakrilat kopolimerlerin sentezi, karakterizasyonu, termal ve antibakteriyel özellikleri araştırılmıştır (Venkatesan et al., 2014). Tian ve arkadaşları, kumarin ortamlı polimerlerin sentezini

ve bu polimerlerin yan-grup sıvı kristal özelliklerini detaylıca açıklamışlardır (Tian et al., 2000). Çalışma grubumuz tarafından önceden rapor edilen bir çalışmada, kumarin türevli yeni bir polimer olan poli(3-asetil kumarin-7-il-metakrilat) polimerinin sentezini ve karakterizasyonu yapılmıştır (Kurt ve Koca, 2016). Ayrıca, bu polimer ortamına farklı oranlarda organokil takviyesi sonucu kumarin türevli polimer-kil nanokompozitleri hazırlanmış ve böylece kumarin polimer bilimine yeni bir bakış açısı kazandırılmıştır. Hem katkısız polimerin ve hem de polimer-kil nanokompozitlerinin termal bozunma kinetiği ayrı ayrı ve detaylıca araştırılmış ve birbiriyle karşılaştırılmalı olarak rapor edilmiştir.

Yukarıda kısaca özetlendiği gibi, kumarin türevli polimerin sentezi ve bir takım özelliklerinin araştırılmasına yönelik bazı çalışmalar rapor edilmiş olmasına rağmen, bu çalışmaların çok azı termal özelliklerinin araştırılmasına yöneliktir. Özellikle, önceki çalışmamız haricinde (Kurt ve Koca, 2016) kumarin polimerlerinin termal bozunma kinetiğinin detaylıca araştırıldığı çalışmalara literatür bilgimiz dahilinde rastlanılmamıştır. Bu açıdan mevcut çalışma, poli(3-benzoil kumarin-7-il-metakrilat) homopolimerinin termal bozunma kinetiğini farklı kinetik metotlar ışığında detaylıca araştırmaktadır.

## METERYAL VE YÖNTEM

Perkin Elmer Spectrum 100 model FTIR cihazı kullanılarak polimerin infrared karakterizasyonu gerçekleştirildi. Nükleer manyetik rezonans (<sup>1</sup>H-NMR) karakterizasyonu için Bruker 300 Mhz Ultrashield TM instrument model NMR cihazı kullanıldı. NMR spektrumu oda sıcaklığında, döteryumlu dimetil sülfoksit (d-DMSO) çözücü ve trimetilsilan (TMS) standart varlığında kaydedildi. Öte yandan, polimerin termogravimetrik analizinde SEIKO SII TG/DTA 7300 Simultane TG/DTA sistemi kullanıldı. Bu amaçla, belirli miktarlarda polimer örnekleri 5 °C dak<sup>-1</sup>, 10 °C dak<sup>-1</sup>, 15 °C dak<sup>-1</sup> ve 20 °C dak<sup>-1</sup> ısıtma hızlarında azot gazı atmosferinde oda sıcaklığından 500 °C'ye kontrollü bir ısıtma programı uygulanarak TGA analizleri yapıldı.

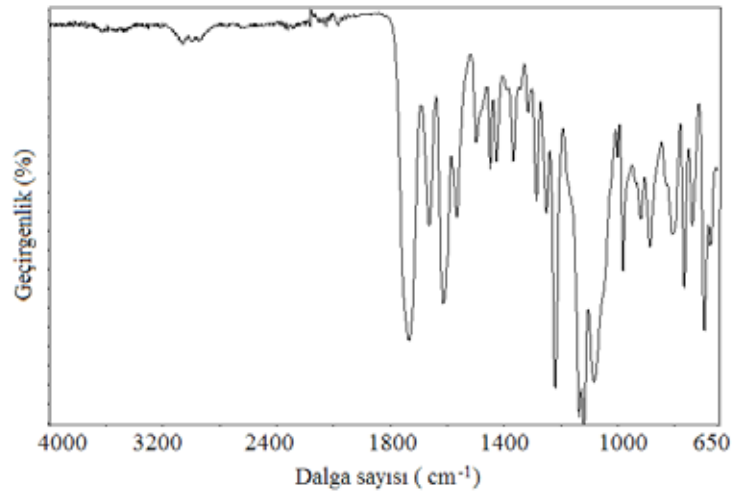


Şekil 1. Poli(3-benzoil kumarin-7-il-metakrilat) homopolimerinin şematik gösterimi

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Kumarin halkası içeren yeni bir metakrilat polimeri olan poli(3-benzoil kumarin-7-il-metakrilat) homopolimeri Şekil 1’de verilmiştir. Bu polimerin tüm sentez ve karakterizasyon

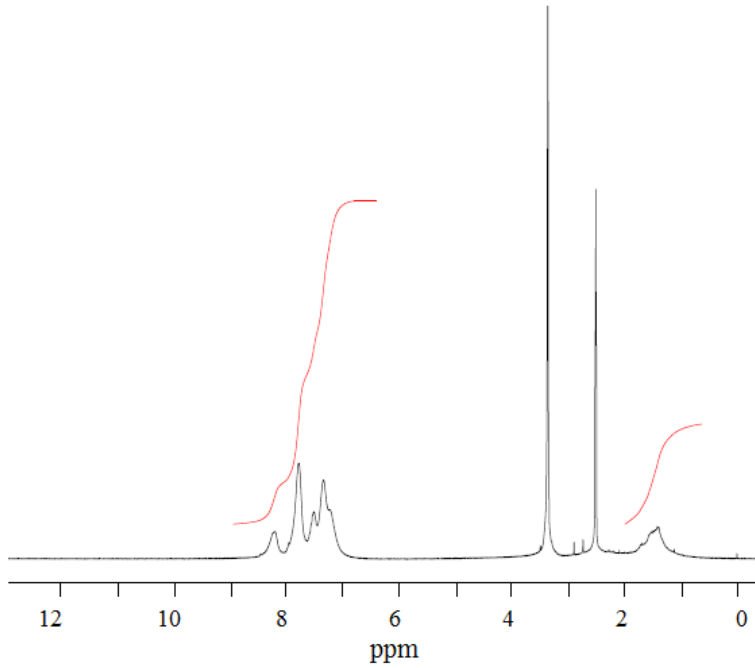
aşamaları önceki çalışmamız çerçevesinde gerçekleştirilmiştir (Ayhan, 2017). Buna ilave olarak, polimerin spektral karakterizasyonu FTIR ve <sup>1</sup>H-NMR teknikleri ile yeniden başarılmış ve mevcut çalışmada kısaca açıklanmıştır.



Şekil 2. Poli (3-benzoil kumarin-7-il-metakrilat)’ın FTIR spektrumu

Polimerin FTIR spektrumunda (Şekil 2) kaydedilen en karakteristik soğurum bandları 3122-3034 cm<sup>-1</sup> ve 2982-2846 cm<sup>-1</sup> frekans aralıklarında sırasıyla aromatik ve alifatik C-H gerilme titreşimlerine, 1737 cm<sup>-1</sup> bandı metakrilat karbonili gerilme titreşimine, 1731 cm<sup>-1</sup> bandı kumarin halkası benzoil karbonili gerilme titreşimine, 1696 cm<sup>-1</sup> bandı lakton karbonili gerilme titreşimine ve 1613 cm<sup>-1</sup> bandı aromatik C=C gerilme titreşimine atfedilmiştir. Polimerin <sup>1</sup>H-NMR spektrumu Şekil

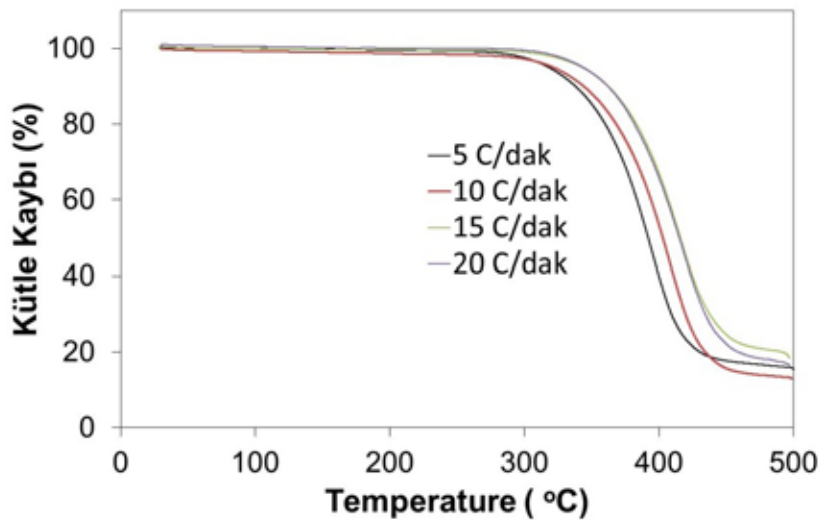
3’de gösterilmiştir. Bu spektrumda, 8.19 ppm kimyasal kayması kumarin lakton halkasındaki =CH- protonu için yorumlanmıştır. 7.78 ppm – 7.22 ppm aralığında görülen rezonanslar benzoil ve kumarin halkasındaki aromatik =CH- protonlarına atfedilmiştir. Polimer ana zincirinde yer alan metilen ve metil protonları sırasıyla 1.69 ppm ve 1.45 ppm kimyasal kayma bölgesinde görülmüştür. Spektrumda mevcut 3.35 ppm ve 2.50 ppm sinyalleri DMSO çözücüsünden kaynaklanmaktadır.



Şekil 3. Poli (3-benzoil kumarin-7-il-metakrilat)'ın <sup>1</sup>H-NMR spektrumu

Poli(3-benzoil kumarin-7-il-metakrilat) homopolimerinin termal bozunma kinetiği değerlendirmek amacıyla belirli miktarlarda alınan polimer örnekleri termogravimetrik analiz (TGA) yöntemiyle farklı ısıtma hızlarında (5, 10, 15 ve 20 °C dak<sup>-1</sup>) analiz edildi. Elde edilen TGA termogramları, Şekil 4'de gösterildi. İlgili termogramlardan, bozunmanın yaklaşık olarak 320 °C ile 450 °C arasında tek kademedede gerçekleştiği görüldü. Bu termal bozunma sıcaklık değeri, literatürde kumarin türevli polimerler için kaydedilen değerler

ile uyum halindedir. Örnek olarak, Patel ve arkadaşları tarafından rapor edilen 4-metil kumarin yan dallı poliakrilat türevli bir seri polimerin termal bozunmalarının tek basamakta ve 263 – 458 °C sıcaklık aralığında gerçekleştiği bildirilmiştir (Patel et al., 2008). Diğer bir çalışmada Fomine ve arkadaşları sentezledikleri kumarin içerikli polimerlerin termal stabilitelerinin 370 – 415 °C arasında değişiklik gösterdiğini rapor etmişlerdir (Fomine et al., 1998).



Şekil 4. Polimer için farklı ısıtma hızlarında kaydedilen TGA termogramları

Isıtma hızının artışına bağlı olarak eğrilerin pik sıcaklıklarında da pozitif yönde bir değişim gözlemlendi. Bu değişim birçok polimer için gözlenen bir davranış olup literatürde buna yönelik bilgiler rapor edilmiştir (Meng et al., 2007; Kurt ve Koca, 2016). Yüksek ısıtma hızlarında, polimerik materyalin bozunma sıcaklığına maruz kalma süresinin daha kısa olması nedeniyle pik sıcaklıklarında bir artış meydana gelmektedir. Daha yüksek ısıtma hızlarında, bozunan materyalin dış yüzeyi ile iç kısmı arasında bir ısı uyumsuzluğu

oluşur. Materyalin dış yüzeyi iç kısmından daha çok ısınacağından, dış yüzeydeki bozunma reaksiyonları ısıtma hızındaki artışa bağlı olarak daha yüksek sıcaklıklarda meydana gelecektir (Aboukhas ve El Harfi, 2008). Ayrıca, homopolimerin her bir ısıtma hızındaki başlangıç ve bitiş bozunma sıcaklıkları, %50 kütle kayıplarının olduğu sıcaklıklar, farklı sıcaklık değerlerine karşılık gelen bozunma yüzdeleri vb. farklı termal karakteristikler Çizelge 1'de detaylıca özetlenmiştir.

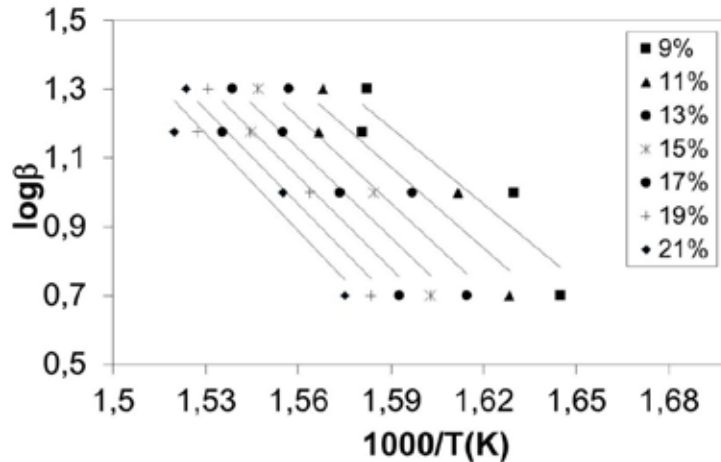
Çizelge 1. Polimerin farklı ısıtma hızlarındaki termal davranışları.

Isıtma Hızı (°C dak <sup>-1</sup> )	T <sub>a</sub> (°C)	T <sub>b</sub> (°C)	%Ağırlık Kaybı (350 °C)	%Ağırlık Kaybı (400 °C)	500 °C'de % Artık
5	318.02	391.95	14.66	60.05	15.62
10	321.37	402.79	11.91	46.65	12.98
15	342.88	415.86	6.47	32.93	18.49
20	343.48	415.02	6.44	34.27	16.53
T <sub>a</sub> ve T <sub>b</sub> : Sırasıyla %5 ve %50 Ağırlık Kayıpları					

Polimerin termal bozunma aktivasyon enerjisi değerinin hesaplanmasında reaksiyon mertebesinde bağımsız olan Flynn-Wall-Ozawa ve Kissinger integral metotları kullanıldı. Bu yöntemlerden Flynn-Wall-Ozawa metodu aşağıdaki eşitliği kullanılmaktadır (Flynn and Wall, 1966; Ozawa, 1986):

$$\log \beta = \log \left[ \frac{AE}{g(\alpha)R} \right] - 2.315 - \frac{0.457 E}{RT} \quad (1)$$

Bu eşitlikte,  $\beta$ : ısıtma hızına (°C dak<sup>-1</sup>), T: ortam sıcaklığına ve R: ideal gaz sabitine karşılık gelmektedir. Bu eşitliğe göre,  $\log \beta - 1000/T$  grafiğinin eğiminden (-0.457 E/R) aktivasyon enerjisi hesaplanabilmektedir.



Şekil 5. Farklı dönüşümlerdeki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri

**Çizelge 2.** Flynn-Wall-Ozawa metoduyla hesaplanan aktivasyon enerjileri

$\alpha$ (%)	E (kJ mol <sup>-1</sup> )	R
9	134.27	0.8657
11	142.75	0.8792
13	151.19	0.8914
15	157.03	0.8965
17	161.91	0.8980
19	166.90	0.9035
21	171.03	0.9039
Ortalama	155.01	

Farklı dönüşümlerde (%9, %11, %13, %15, %17, %19 ve %21) ölçülen  $1000/T$  değerlerine karşılık  $\log \beta$  değerleri Şekil 5’de gösterildiği gibi grafiğe alındı. Her bir dönüşüm değerine karşılık gelen termal bozunma aktivasyon enerjileri ayrı ayrı hesaplandı ve Çizelge 2’de özetlendi. Buna göre, polimer için %9 - %21 bozunma aralığında ortalama aktivasyon enerji değeri 155.01 kJ mol<sup>-1</sup> olarak hesaplandı. Ayrıca, bu değerler arasında,

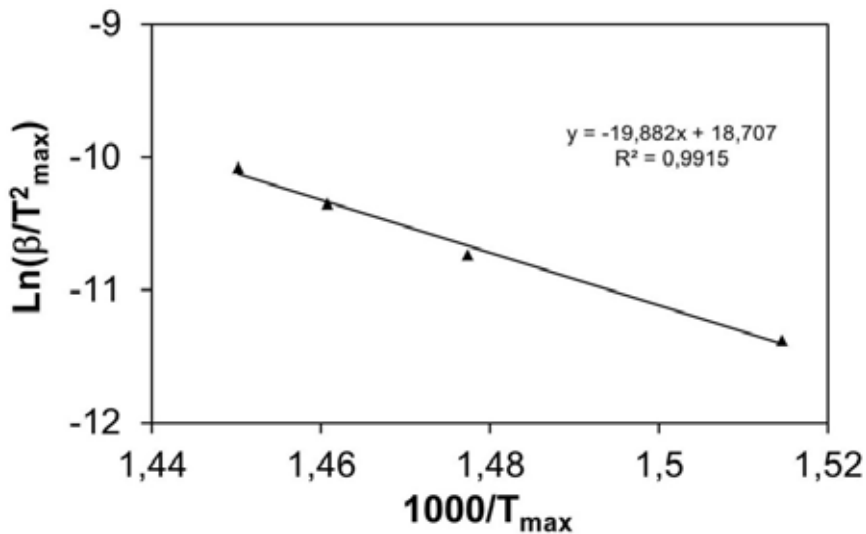
155.01 kJ mol<sup>-1</sup>’lük ortalama aktivasyon enerji değerine en yakın değer ( $E=157.03$  kJ mol<sup>-1</sup>), %15’lik dönüşüm değerinde elde edilmiştir.

Aktivasyon enerjisinin hesaplanmasında reaksiyon mekanizmasından bağımsız olan diğer bir kinetik metot da Kissinger metodudur (Kissinger, 1957). Bu metoda göre:

$$\ln\left(\frac{\beta}{T_{\max}^2}\right) = \left\{ \ln \frac{AR}{E} + \ln \left[ n(1 - \alpha_{\max})^{n-1} \right] \right\} - \frac{E}{RT_{\max}} \quad (2)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlikte,  $T_{\max}$ : bozunmanın maksimum hızda gerçekleştiği sıcaklığa karşılık gelir. Farklı ısıtma hızlarındaki bu değer DTG

eğrilerinden ölçülmektedir. Ayrıca,  $\alpha_{\max}$  maksimum dönüşüm yüzdesi ve “n” reaksiyon derecesi olarak tanımlanır.

**Şekil 6.** Kissinger metoduna göre  $\ln(\beta/T_{\max}^2)$ ’e karşı  $1000/T_{\max}$  eğrisi

Kissinger metoduna göre aktivasyon enerjisinin hesaplanmasında farklı ısıtma hızlarında elde edilen  $\ln(\beta/T_{\max}^2)$  değerlerine karşı  $1000/T_{\max}$  değerleri Şekil 6'da olduğu gibi grafiğe geçirildi. Bu amaçla gerek duyulan maksimum bozunma hızına karşılık gelen  $T_{\max}$  sıcaklık değerleri DTG türev eğrilerinden 5, 10, 15 ve 20 °C dak<sup>-1</sup> ısıtma hızlarında sırasıyla 387.11 °C, 403,75 °C, 411.45 °C ve 416.41 °C olarak ölçüldü. Şekil 6'da elde edilen doğrunun

$$\ln \frac{g(\alpha)}{T^2} = \ln \frac{AR}{\beta E} - \frac{E}{RT} \quad (3)$$

burada  $g(\alpha)$  dönüşümün integral fonksiyonu olarak tanımlanır. Polimerler için bozunma prosesi ya sigmoidal bir proses ya da bir yavaşlama fonksiyonunu takip ederek ilerler (Fraga and Nunez, 2001). Bu çerçevede gerek duyulan her bir  $g(\alpha)$  fonksiyonu için uygun mekanizmalar ayrı ayrı denklemler şeklinde literatürde önerilmiştir (Chen and Wang, 2007). Bu  $g(\alpha)$  fonksiyonlarına karşılık gelen aktivasyon enerjileri, her bir fonksiyon için  $\ln[g(\alpha)/T^2]$  değerlerine karşı  $1000/T$  grafiğinin eğiminden hesaplandı. Çizelge 3, farklı ısıtma hızlarında (5, 10, 15 ve 20 °C dak<sup>-1</sup>) her bir  $g(\alpha)$  fonksiyonu için hesaplanan termal bozunma aktivasyon enerjilerini ve lineer regresyon (R) değerlerini içermektedir.

Kinetik açıdan termal bozunma mekanizmasının belirlenmesinde, reaksiyon mekanizmasından bağımsız olan iki metot Flynn-Wall-Ozawa veya Kissinger metotları referans olarak alınmakta ve Coats-Redfern metoduyla karşılaştırılmaktadır. Bu iki referans metottan elde edilen değerlere en yakın aktivasyon enerjisinin bulunduğu mekanizma, polimerin termal bozunma mekanizması olarak kabul edilir (Nunez and Fraga, 2000; Kurt ve

eğiminden polimerin termal bozunma aktivasyon enerjisi, Kissinger metoduna göre 165.29 kJ mol<sup>-1</sup> olarak hesaplandı.

Poli(3-benzoil kumarin-7-il-metakrilat) polimerinin termal bozunma mekanizmasının belirlenmesi amacıyla integral metotlardan biri olan Coats-Redfern metodu kullanıldı (Coats and Redfern, 1964). Bu metot aşağıdaki eşitliği önermektedir:

Koca, 2016). Bu açıdan Çizelge 3'de özetlenen ve tüm ısıtma hızları için hesaplanan aktivasyon enerji değerleri analiz edildiğinde,  $D_n$  difüzyon tipi yavaşlama mekanizmaları için hesaplanan aktivasyon enerjilerinin referans metot olarak alınan Kissinger metoduyla ( $E = 165,29$  kJ mol<sup>-1</sup>) oldukça uyum halinde olduğu görülmektedir. Bu mekanizmalar ( $D_n$ ) arasında 10 °C dak<sup>-1</sup> ısıtma hızında,  $D_1$  tek boyutlu difüzyon tipi yavaşlama mekanizması oldukça dikkat çekicidir. Zira, 10 °C dak<sup>-1</sup> ısıtma hızında bu mekanizma ( $D_1$ ) için belirlenen aktivasyon enerjisi  $E = 178.21$  kJ mol<sup>-1</sup> olarak hesaplanmış ve bu değerın Kissinger metoduna ( $E = 165,29$  kJ mol<sup>-1</sup>) en yakın değere karşılık geldiği görülmüştür. Ayrıca 10 °C dak<sup>-1</sup> ısıtma hızı ve  $D_1$  mekanizması için kaydedilen lineer regresyon değeri  $R = 0.9999$  olup ölçümün doğrusallığının oldukça iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak kinetik değerlendirmede, poli(3-benzoil kumarin-7-il-metakrilat) polimerinin termal bozunma mekanizmasının optimum 10 °C dak<sup>-1</sup> ısıtma hızında  $D_1$  tek boyutlu difüzyon tipi yavaşlama mekanizması üzerinden ilerlediği belirlenmiştir.

**Çizelge 3.** Coats-Redfern Metoduna göre hesaplanan aktivasyon enerjileri

Mekanizma	Isıtma hızı							
	5 °C dak <sup>-1</sup>		10 °C dak <sup>-1</sup>		15 °C dak <sup>-1</sup>		20 °C dak <sup>-1</sup>	
	E (kJ mol <sup>-1</sup> )	R	E (kJ mol <sup>-1</sup> )	R	E (kJ mol <sup>-1</sup> )	R	E (kJ mol <sup>-1</sup> )	R
A <sub>2</sub>	44.27	0.9998	40.52	0.9996	51.72	0.9999	54.65	0.9999
A <sub>3</sub>	26.07	0.9998	23.53	0.9995	30.90	0.9999	32.86	0.9999
A <sub>4</sub>	16.97	0.9997	15.04	0.9994	20.49	0.9999	21.97	0.9998
R <sub>1</sub>	90.71	1.00	83.88	0.9999	104.81	0.9998	110.22	0.9999
R <sub>2</sub>	94.73	0.9999	87.64	0.9998	109.43	0.9999	115.05	1.00
R <sub>3</sub>	96.09	0.9999	88.91	0.9998	110.99	0.9999	116.67	0.9999
D <sub>1</sub>	191.74	1.00	178.21	0.9999	220.36	0.9998	231.16	1.00
D <sub>2</sub>	197.03	1.00	183.15	0.9999	226.42	0.9999	237.50	1.00
D <sub>3</sub>	202.52	0.9999	188.27	0.9998	232.72	0.9999	244.07	0.9999
D <sub>4</sub>	198.85	1.00	184.85	0.9999	228.52	0.9999	239.69	1.00
F <sub>1</sub>	98.86	0.9998	91.50	0.9996	114.17	1.00	120.00	0.9999
F <sub>2</sub>	6.45	0.8821	5.21	0.8399	8.49	0.9215	9.38	0.9201
F <sub>3</sub>	23.23	0.9594	20.86	0.9533	27.72	0.9683	29.48	0.9653

## SONUÇ

Kumarin türevli yeni bir polimer olan poli(3-benzoil kumarin-7-il-metakrilat) homopolimerinin termal bozunma kinetiği farklı kinetik metotlar ışığında araştırıldı. Polimerin termal bozunma aktivasyon enerjisi Flynn-Wall-Ozawa ve Kissinger metotlarına göre sırasıyla 155.01 kJ mol<sup>-1</sup> ve 165.29 kJ mol<sup>-1</sup> olarak

hesaplandı. Coats-Redfern metodundan elde edilen kinetik veriler ışığında polimerin termal bozunma mekanizmasının optimum 10 °C dak<sup>-1</sup> ısıtma hızında D<sub>1</sub> tek boyutlu difüzyon tipi yavaşlama mekanizması üzerinden ilerlediği belirlendi. Ayrıca polimerin TGA sonuçlarından ısıtma hızı ile polimerin termal kararlılığı arasında pozitif bir ilişki tespit edildi.

## KAYNAKLAR

- Aboulkas A, El Harfi K, 2008. Study of the kinetics and mechanisms of thermal decomposition of moroccan tarfaya oil shale and its kerogen. *Oil Shale*, 25: 426–443.
- Ajani OO, Nwinyi OC, 2010. Microwave-assisted synthesis and evaluation of antimicrobial activity of 3-{3-(s-aryl and s-heteroaromatic)acryloyl}-2H-chromen-2-one derivatives. *Journal of Heterocyclic Chemistry*, 47: 179-187.
- Ayhan AF, 2017. Kumarin Türevli Kopolimer Sistemlerinin Geliştirilmesi, Adıyaman **Üniversitesi** Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 24s.
- Chaudhary R, Datta M, 2014. Synthesis of coumarin derivatives: A green process. *European Chemical Bulletin*, 3: 63-69.
- Chen Y, Wang Q, 2007. Thermal oxidative degradation kinetics of flame-retarded polypropylene with intumescent flame-retardant master batches in situ prepared in twin-screw extruder. *Polymer Degradation and Stability*, 92: 280–291.
- Coats AW, Redfern JP, 1964. Kinetic parameters from thermogravimetric data. *Nature*, 201: 68-69.
- Essaidi Z, Krupka O, Iliopoulos K, Champigny E, Sahraoui B, Sallé M, Gindre D, 2013. Synthesis and functionalization of coumarin-containing copolymers for second order optical nonlinearities. *Optical Materials*, 35: 576–581.
- Flynn JH, Wall LA, 1966. A quick, direct method for the determination of activation energy from thermogravimetric data. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Letters*, 4: 323–328.



- Fomine S, Rivera E, Fomina E, Ortiz A, Ogawa T, 1998. Polymers from coumarines: 4. Design and synthesis of novel hyperbranched and comblike coumarin-containing polymers, *Polymer*, 39: 3551-3558.
- Fraga F, Nunez ER, 2001. Activation energies for the epoxy system BADGE n=0/m-XDA obtained using data from thermogravimetric analysis. *Journal of Applied Polymer Science*, 80: 776-782.
- Gindre D, Iliopoulos K, Krupka O, Evrard M, Champigny E, Sallé M, 2016. Coumarin-Containing polymers for high density non-linear optical data storage. *Molecules*, 21: 147.
- Kissinger HE, 1957. Reaction kinetics in differential thermal analysis. *Analytical Chemistry*, 29: 1702-1706.
- Kurt A, Koca M, 2016. Synthesis, characterization and thermal degradation kinetics of poly(3-acetylcoumarin-7-yl-methacrylate) and its organoclay Nanocomposites. *Journal of Engineering Research*, 4: 46-65.
- Meng XL, Huang YD, Yu H, Lv ZS, 2007. Thermal degradation kinetics of polyimide containing 2,6-benzobisoxazole units, *Polymer Degradation and Stability*, 92: 962-967.
- Nofal ZM, El-Zahar M, Abd El-Karim S, 2000. Novel coumarin derivatives with expected biological activity. *Molecules*, 5: 99-113.
- Nunez L, Fraga F, Nunez MR, Villanueva M, 2000. Thermogravimetric study of the decomposition process of the system BADGE (n=0)/1,2 DCH. *Polymer*, 41: 4635-4641.
- Ozawa T, 1986. Applicability of Friedman plot. *Journal of Thermal Analysis*, 31: 547-551.
- Patel HJ, Patel MG, Patel RJ, Patel KH, Patel RM, 2008. Synthesis, characterization, thermal studies, and antimicrobial screening of poly (acrylate)s bearing 4-methyl coumarin side groups. *Iranian Polymer Journal*, 17: 635-644.
- Skowronski L, Krupka O, Smokal V, Grabowski A, Naparty M, Derkowska-Zielinska B, 2015. Optical properties of coumarins containing copolymers. *Optical Materials*, 47: 18-23.
- Tasior M, Kim D, Singha S, Krzeszewski M, Ahn KH, Gryko DT, 2015.  $\pi$ -Expanded coumarins: synthesis, optical properties and applications. *Journal of Materials Chemistry C*, 3: 1421-1446.
- Tian Y, Akiyama E, Nagase Y, Kanazawa A, Tsutsumi O, Ikeda T, 2000. Liquid crystalline coumarin polymers, Synthesis and properties of side-group liquid crystalline polymers with coumarin moieties. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 201: 1640-1652.
- Venkatesan S, Ranjithkumar B, Rajeshkumar S, Basha KA, 2014. Synthesis, characterization, thermal stability and antibacterial activity of coumarin based methacrylate copolymers. *Chinese Journal of Polymer Science*, 32: 1373-1380.



## Saenen Keçi Sütünün Bazı Biyokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Ahmet ÖZKAYA<sup>1</sup>, Ali Serol ERTÜRK<sup>2</sup>, Mustafa Güçlü SUCAK<sup>3</sup>, Oğuz AĞYAR<sup>3</sup>, Eray YILMAZ<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de yetiştiriciliği yapılan Saenen keçi sütlerinin biyokimyasal parametrelerini karakterize etmektir. Bu amaçla, Saenen keçi sütü numunelerinin, element, yağ asidi ve kimyasal parametre seviyeleri, sırasıyla İndüklenmiş Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektrofotometresi (ICP-OES), Gaz Kromatografisi (GC) ve Foss Elektrik (FT-120) süt analizörü cihazları kullanılarak ölçüldü. Saenen keçi sütü ana elementlerden kalsiyum (Ca) 1212.87 mg L<sup>-1</sup>, magnezyum (Mg) 124.37 mg L<sup>-1</sup>, fosfor (P) 816.87 mg L<sup>-1</sup>, potasyum (K) 1557mg L<sup>-1</sup> olarak belirlendi. Saenen keçi sütünün kimyasal bileşimi %11.14 kuru madde, %8.06 yağsız kuru madde, %3.04 protein, %4.25 laktoz, %2.58 kazein ve % 3.60 yağ olarak bulundu. Toplam doymuş yağ asidi (ΣSFA) oran %64.65, tekli doymamış yağ asidi (ΣMUFA) %25.93 ve çoklu doymamış yağ asidi (ΣPUFA) %9.42 olarak bulundu. Sonuçlarımıza göre Saenen keçi sütünün, insan diyetinin önemli bir parçası olabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Elementler, kazein, saenen keçisi, süt, yağ asidi.

## Determination of Some Biochemical Properties of Saenen Goat Milk

**ABSTRACT:** The purpose of this study is to characterize the biochemical parameters of Saenen goat bred in Turkey. On the basis of this aim, elemental, fatty acid (FA) and chemical parameter levels of the Saenen goat milk samples were measured by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer (ICP-OES), Gas Chromatography (GC), and Foss Electric (FT-120) milk analyzer, respectively. Major elements in Saenen milk were determined as calcium (Ca) 1212.87 mg L<sup>-1</sup>, magnesium (Mg) 124.37 mg L<sup>-1</sup>, phosphorus (P) 816.87 mg L<sup>-1</sup>, and potassium (K) 1557 mg L<sup>-1</sup>. The chemical composition of the Saenen milk was found as 11.14% total solids, 8.06% non-solid fat, 3.04% protein, 4.25% lactose, 2.58% casein, and 3.60% fat. Proportions of total FAs were found as saturated FAs (ΣSFA) 64.65%, monounsaturated FAs (ΣMUFA) 25.93%, polyunsaturated FAs (ΣPUFA) 9.42%. In conclusion, the results of this study that the potential nutrient profile of Saenen goat milk is of great significance to human nutrition.

**Keywords:** Elements, casein, saenen goat, milk, fatty acid.

<sup>1</sup> Ahmet ÖZKAYA(0000-0002-0173-3084), Eray YILMAZ(0000-0001-7696-9174), Adıyaman Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Adıyaman, Türkiye

<sup>2</sup> Ali Serol ERTÜRK(0000-0001-5352-7939), Adıyaman Üniversitesi Eczacılık Fakültesi, Temel Farmasötik Bilimler Anabilim Dalı, Adıyaman, Türkiye

<sup>3</sup> Mustafa Güçlü SUCAK(0000-0001-6147-470X), Oğuz AĞYAR(0000-0002-6107-894X), Adıyaman Üniversitesi Kahta Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Adıyaman, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Ahmet ÖZKAYA, aozkaya01@gmail.com

## GİRİŞ

İnek, koyun, keçi ve manda sütleri insanların en yoğun olarak kullandığı besinlerdendir. İnsan beslenmesinde önemli rolleri olan biyokimyasal maddelerden protein, yağ, karbonhidrat, vitamin ve mineraller süt içeriğinde önemli düzeyde bulunmaktadır (Kliem et al., 2013). Keçi yetiştiriciliği birçok ülkede yaygın olarak yapılmaktadır. Özellikle keçinin zor çevresel ve iklimsel şartlara uyum sağlaması bu hayvanların yetiştiriciliğinde pozitif etki olarak ön plana çıktığı gözlenmektedir. Ayrıca keçiden elde edilen ürünlerin birçok alanda insanların ihtiyaçlarını karşıladığı bilinmektedir (Kalantzopoulos et al., 2004). Türkiye keçi sütü üretiminde dünyada 13. sırada yer almaktadır. Türkiye Akdeniz ülkelerindeki sıralamada ise Fransa, İspanya ve Yunanistan'dan sonra dördüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2004). 2013 yılında yapılan araştırmada Türkiye'deki süt üretiminin 15.977.838 tonunu inek, 51.947 tonunu manda, 415.743 tonunu keçi, 1.101.013 tonunu ise koyun sütü oluşturmaktadır (Köseman ve Şeker, 2015).

Avrupa'da yetiştiriciliği yapılan keçilerin süt veriminin yüksek olduğu görülmektedir. Saanen keçi ırklarının melezleme yöntemiyle süt veriminin arttığı tespit edilmiştir. Ülkemizde de bu tür keçiler üzerinde melezleme çalışması yapıldığı ve batı bölgelerinde ağırlıklı olarak çalışmaların devam ettiği belirtilmiştir (Kesenkas ve ark., 2010). Saanen ırkı keçiler ülkemizin ekolojik şartlarına uyum sağlayan ırklarındandır. Saanen keçi yetiştiriciliği Bolu ve Kahramanmaraş illerinde yaygın olarak yapılmaktadır. Elde edilen sütler işlenerek pastörize süt ve dondurma yapımında kullanılmaktadır. Ülkemizde yapılan bir çalışmada, Saanen keçi sütünün kimyasal kompozisyon bakımından inek sütü kadar değerli olduğu belirtilmiştir. Ayrıca süt bileşenlerinin insan sağlığı için önemli olduğu açıklanmıştır (Kesenkas ve ark., 2010).

İnsan metabolizmasının düzenli çalışabilmesi için birçok besinsel içerik gereklidir. Elementler, yağlar,

proteinler ve vitaminler bu içeriklerden en önemli olanlarıdır. Elementlerin, immünolojik reaksiyonlar ve enzim aktivitelerinin düzenlenmesinde rol oynadığı bilindiği gibi, deri hastalıkları ve enfeksiyon hastalıkları gibi bir çok hastalığı iyileştirici etkinliğe sahip oldukları da bilinmektedir (Selvaraju et al., 2009; Emsley, 2011). İnsanlar, metabolizmaları için gerekli olan yağları bitkisel ve hayvansal kaynaklardan temin etmektedirler.

Doymamış yağ asitlerinin, metabolizmada bağışıklık sistemi, kolesterol metabolizması, membran yapısı üzerinde ve beyin fonksiyonlarının düzenlenmesinde önemli rolleri bulunmaktadır. Ayrıca, bu yağ asitlerinin, deri hastalıkları, kardiovaskular hastalıklar, kanser, hipertansiyon ve ulseratif kolit gibi birçok hastalığa karşı pozitif etkileri olduğu bilinmektedir (Steffens and Wirth, 2005; Calder, 2006; Li and Hu, 2009). Yaptığımız literatür araştırmalarında ülkemizdeki Saanen keçilerinin süt besinsel düzeylerinin detaylı olarak çalışılmadığı tespit edildi. Bunun sonucu olarak, bu çalışmada, Türkiye'de yetiştirilen Saanen keçi türünün sütünde, biyokimyasal bileşenlerinden, yağ asitleri, element ve kimyasal içerik analizleri yapıldı. Elde edilen sonuçlar sağlık açısından değerlendirildi ve diğer ülkelerde yetiştirilen keçilerin süt besinsel düzeyleri ile karşılaştırıldı.

## MATERYAL VE METOT

### Araçlar

Mikrodalgada numune hazırlama işlemleri, MWS-2 marka sistem ile gerçekleştirildi. Süt numunelerinin yağ asidi analizleri SHIMADZU GC 2025 gaz kromatografisi kullanılarak tespit edildi. Minerallerden Ca, P, K, sodyum (Na), Mg, çinko (Zn), silisyum (Si), demir (Fe), ve mangan (Mn) konsantrasyonları ICP-OES Optima 5300DV (Perkin-Elmer, USA) ile belirlendi.

**Çizelge 1.** Mikrodalga çözme sistemi programı

Basamak	Güç (%)	Zaman (dk)	Sıcaklık (°C)
1	95%	20	130
2	85%	10	150
3	40%	5	100

### Süt Numunelerin Temini

Doğal otlaklarında beslenmiş Saanen keçi sütü numuneleri, Türkiye'nin Muş bölgesinden temin edildi. 50-65 kg ağırlığında ve ikinci laktasyon döneminde olan 20 adet Saanen keçi sütü numunesi FAO'nun kriterlerine uygun olarak veteriner kontrolünde toplandı. Sütler soğuk zincir kullanılarak laboratuvara getirildi (FAO, 2011).

### Kullanılan Kimyasallar

Çalışmalar esnasında kullanılan bütün kimyasal analitik safıktadır. Metanol, hekzan, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>, Ca, P, K, Na, Mg, Zn, Si, Fe ve Mn standart çözeltileri (1000 mg/L) Merck'ten tedarik edildi. Kalibrasyon standart çözeltileri, tekli stok standartların uygun seyreltmeleri ile hazırlandı.

### Kimyasal Bileşim Analizi

Keçi sütü numunelerinde kuru madde (%), yağsız kuru madde (%), protein (%), yağ (%), kazein (%) ve laktoz (%) seviyeleri FOSS MilkoScan™ FT-120 (Foss electric, Denmark) cihazı ile ölçüldü. MilkoScan™

FT-120' de yararlanılan FTIR analitik teknolojisi IDF (Uluslararası Süt Federasyonu) prensipleri ve AOAC (Resmi Analitik Kimyagerler Derneği) resmi prosedürleri ile uyumludur (Chemists and Horwitz, 2000).

### Elementel Analiz

Süt numuneleri (2 mL), mikrodalga çözme sisteminin DAP60-K PTFE kaplarına aktarıldı ve 4 mL HNO<sub>3</sub> (%65 a/h) ve 1 mL HClO<sub>4</sub> (%60 h/a) ilave edildi. Çözme sonrasında, çözülmüş numuneler 20 mL balon jöjelere aktarıldı ve 0.1 M HNO<sub>3</sub> ile son hacme kadar tamamlandı. Ayrıca, kör numuneler hazırlandı ve aynı şekilde çözüldü. Son olarak elde edilen çözeltiler ICP-OES kullanılarak analiz edildi (Ciftci ve ark. 2009). Kalibrasyonlar sulu standart çözeltilerine karşın direk kalibrasyonla gerçekleştirildi. Numunelerin kantitatif analizi için beş noktalı kalibrasyon eğrisi kullanıldı. Çözeltilerin uygun konsantrasyonları, 1000 mg/mL'lik Ca, P, K, Na, Mg, Zn, Si, Fe ve Mn elementlerinin standart çözeltilerinin seyreltilmesi ile hazırlandı. Mikrodalga cihazı çalışma koşulları Çizelge 1'de belirtilmiştir. Elementel analiz cihaz okuma şartları Çizelge 2'de özetlenmiştir.

**Çizelge 2.** 5300DV ICP-OES Optima için cihaz parametreleri ve çalışma koşulları

Güç (W)	1450
Taşıyıcı gaz hızı (L min <sup>-1</sup> )	0.5
Pompa hızı (rpm)	15
Yardımcı gaz akışı (L min <sup>-1</sup> )	0.3
Plazma gaz akışı (L min <sup>-1</sup> )	15
Geçikme süresi (sn)	50
Durulama süresi (her numune arası) (sn)	30
Stabilizasyon süresi(sn)	10
Tekrar	3

### Yağ Asiti İçeriklerinin Tayini

2 mL süt numunesi hekzan/isopropanol (3:2 h/h) karışımı içerisinde homojenize edilerek lipit ekstraktları 5000 rpm de 5 min' de santrifüjlendi. Sonrasında, çözücüler 40 °C'de uzaklaştırıldı (Hara

and Radin, 1978). Lipit ekstraktlarındaki yağ asitleri metanol içerisindeki %2'lik sülfürik asit (h/h) ile müdahale edildi ve metil esterlerine dönüştürüldü. Yağ asidi metil esterleri hekzan ile ekstrakte edildi (Christie, 1989). Lipit ekstraktlarında bulunan yağ asitleri, transform ettikten sonra gaz kromatografisi

(Alev iyonizasyonu detektörlü SHIMADZU GC 2025) ile TR-CN 100 kapiler kolonu (60 m x 0.20 mm iç çap ve 25 µm film kalınlığı) kullanılarak analiz edildi. Her numune için üç tekrar ölçüm alındı. Her bir yağ asidinin saptanması, saf metil ester standartlarının (Sigma-Aldrich) profillerinin alıkonma sürelerinin kıyaslanması ile doğrulandı. Sonuçlar her bir yağ asidinin toplam yağ asidi arasındaki toplam yüzdesi olarak ifade edildi. Hesaplamalar GC Solutions 2.42 programı kullanılarak gerçekleştirildi.

### İstatiksel Analiz

Tanımlayıcı istatistikler SPSS istatistik (SPSS 20.00, Chicago) yazılımı kullanılarak yapıldı. Veriler ortalama ± standart sapma olarak sunuldu.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Saanen keçi sütü kimyasal bileşen sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Kuru madde, yağ, protein, yağsız kuru madde, laktoz ve kazein yüzde düzeyleri %11.14, %3.60, %3.04, %8.06, %4.25 ve %2.58 olarak tespit edildi. İtalyada yetiştirilen *Fiurina* keçilerin süt kimyasal bileşenlerinden

yağ %3.58, protein %2.99, yağsız kuru madde %8.05, laktoz %4.41, kazein %2.45 düzeylerinde bulmuşlardır (Cornalea et al., 2014). İspanya'da yetişen Payoya türü keçilerde ise yağ %4.90, protein %3.75, yağsız kuru madde %8.53, laktoz % 4.09 ve kuru madde %13.55 düzeylerinde bulmuşlardır (Delgado-Pertineza ve ark. 2013). İran Saanen keçi sütünde yağ %3.42, protein %2.72, yağsız kuru madde %7.88, laktoz %4.44, kuru madde %11.30 düzeylerinde bulmuşlardır (Sedighi-Vesagh ve ark. 2015). Brezilyada yetiştirilen Saanen keçileri değişik kaktüslerle beslenerek besin düzeylerini artırmalarına yönelik çalışmada keçi sütü biyokimyasal parametrelerden yağ %3.2, protein %2.9, laktoz %4.4, kuru madde %11.3 düzeylerinde bulmuşlardır (Catunda ve ark. 2016). Türkiye İzmir'de Saanen keçilerinin biyokimyasal parametrelerinde yağ %3.42, protein %3.41, laktoz %4.31 ve kuru madde %11.74 düzeylerinde tespit etmişlerdir (Kesenkas ve ark. 2010). Ayrıca Türkiye Hatay ilinde yetiştirilen keçilerden temin edilen ham süt kimyasal bileşenleri kuru madde %12.32, yağ %4.37 ve protein %4.15 düzeylerinde gözlenmiştir (Güler, 2007). Çizelge 3 incelendiğinde, Saanen keçi sütü kimyasal bileşenlerinin literatürle iyi bir uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Saanen keçi sütü kimyasal bileşenleri

Kimyasal Bileşenler	Ortalama <sup>a</sup>	Standart sapma	İtalya <sup>b</sup>	İspanya <sup>c</sup>	İran <sup>d</sup>	Brezilya <sup>e</sup>	Türkiye <sup>f</sup> (İzmir)	Türkiye <sup>g</sup> (Hatay)
Kuru madde (%)	11.14	0.24	-	13.55	11.30	11.3	11.74	12.32
Yağ (%)	3.60	0.27	3.58	4.90	3.42	3.2	3.42	4.37
Protein (%)	3.04	0.17	2.99	3.75	2.72	2.9	3.41	4.15
Yağsız kuru madde (%)	8.06	0.20	8.05	8.53	7.88	-	-	-
Laktoz (%)	4.25	0.05	4.41	4.09	4.44	4.4	4.31	-
Kazein (%)	2.58	0.18	2.45	-	-	-	-	-

a: Bu çalışma; b: Cornalea et al., 2014; c: Delgado-Pertineza et al., 2013; d: Sedighi-Vesagh et al., 2015; e: Catunda et al., 2016; f: Kesenkas ve ark., 2010; g: Güler, 2007.

**Çizelge 4.** Saanen keçi sütü element düzeyleri (mg L<sup>-1</sup>)

Elementler	Ortalama <sup>a</sup>	Standart sapma	Türkiye <sup>b</sup> (Hatay)
Ca	1212.87	109.87	1342
P	816.87	83.14	823
K	1557.00	96.53	409
Na	317.50	16.57	433
Mg	124.37	6.43	510
Zn	3.60	0.66	4.68
Si	0.66	0.03	10.59
Fe	0.34	0.04	3.88
Mn	0.308	0.008	0.70
Cu, Ni, Pb, Al, Ba, Cd, Co, Cr	LOD <sup>c</sup>	-	-

a: Bu çalışma; b: Güler , 2007; c: Tespit limiti altında

Saanen keçi sütünde, major elementlerden Ca 1212.87 mg L<sup>-1</sup>, P 816.87 mg/L, K 1557.00 mg L<sup>-1</sup> ve Na 317.50 mg L<sup>-1</sup> tespit edilirken, minor elementlerden Mg 124.37 mg L<sup>-1</sup>, Zn 3.60 mg L<sup>-1</sup>, Si 0.66 mg L<sup>-1</sup>, Fe 0.34 mg L<sup>-1</sup> ve Mn 0.308 mg L<sup>-1</sup> düzeylerinde belirlendi. Ancak, Cu, Ni, Pb, Al, Ba, Cd, Co ve Cr element düzeyleri ölçümleri tayin sınırı altında kaldı ve belirlenemedi (Çizelge 4). Türkiye’de yapılan en kapsamlı keçi sütü element düzeyleri çalışmasında,

Ca, P, K, Na, Mg, Zn, Si, Fe ve Mn elementleri sırasıyla 1342, 823, 409, 433, 510, 4.68, 10.59, 3.88 ve 0.70 ppm düzeylerinde bulunmuştur (Güler, 2007). Çalışmamızda elde edilen sonuçlar, Ca, P, Zn ve Fe element düzeyler açısından Güler (Güler, 2007) tarafından yapılan çalışma ile iyi uyumluluk göstermekle birlikte diğer element düzeyleri farklılık göstermektedir. Bu farklılıkların çevresel ve beslenme kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz.

**Çizelge 5.** Saanen keçi sütü yağ asit düzeyleri (%)

SFA	Ortalama ± SS <sup>a</sup>	PUFA	Ortalama ± SS <sup>a</sup>	MUFA	Ortalama ± SS <sup>a</sup>
C8:0	0.70±0.11	C18:2n6c	1.51±0.04	C14:1	0.18±0.01
C10:0	2.61±0.16	C18:2n6t	0.78±0.05	C15:1	1.77±0.12
C12:0	1.36±0.17	C18:3n3	0.33±0.03	C16:1	1.14±0.05
C13:0	0.33±0.02	C18:3n6	0.65±0.02	C17:1	2.93±0.13
C14:0	8.79±0.18	C20:2	0.88±0.08	C18:1n9c	18.87±0.24
C15:0	0.73±0.05	C20:3n6	0.29±0.04	C20:1	0.17±0.005
C16:0	25.44±0.44	C20:3n3	1.21±0.70	C22:1n9	0.37±0.02
C17:0	0.80±0.07	C20:4n6	0.30±0.02	C24:1	0.50±0.02
C18:0	19.12±0.34	C20:5	0.38±0.02	ΣMUFA	25.93±1.25
C20:0	1.27±0.13	C22:2	1.31±0.40	ΣUSFA	35.35± 1.35
C21:0	0.37±0.05	C22:6	1.78±0.08		
C22:0	0.78±0.05	ΣPUFA	9.42± 0.35		
C24:0	2.35±0.14				
ΣSFA	64.65± 3.45				

a: SS: standart sapma

Sütün biyokimyasal içerikleri üzerine çevresel, genetik, laktasyon ve hayvanların beslenme durumları etkili olmaktadır (Kalac and Samkova, 2010). Çalışmamızda,  $\Sigma$ SFA %64,65,  $\Sigma$ MUFA %25,93,  $\Sigma$ PUFA % 9.42 düzeylerinde tespit edildi. Önemli doymuş yağ asitlerinden, palmitik asit (C16:0) %25.44, miristik asit (C14:0) %8.79, stearik asit (C18:0) %19.12 düzeylerinde ölçüldü. Çoklu doymamış yağ asitlerinde ise linoleik asit (C18:2n6c) %1.51, linoleaidik asit (C18:2n6t) %0.78, gama linolenik asit (C18:3n6) %0.65 ve dokosaheksaenoik asit (C22:6) %1.78 düzeylerinde gözlemlendi. En önemli tekli doymamış yağ asitlerinden oleik asit (C18:1n9c) %18.87, miristoleik asit (C14:1) %0.18 and palmiteloik asit (C16:1) %1.14 düzeylerinde tespit edildi. Talpur ve ark. keçi sütü yağ oranlarını  $\Sigma$ SFA %68.70,  $\Sigma$ MUFA %25.46,  $\Sigma$ PUFA %3.02 rapor ederken (Talpur ve ark. 2008), İtalya’da yetiştiriciliği yapılan keçi sütlerinde bu oranların %71.88, %23.39 ve %4.72 olarak belirtilmiştir (Cornalea ve ark. 2014). Talpur ve ark.’nın başka bir çalışmasında Kamori and Pateri keçi sütlerinin yağ asit düzeylerini  $\Sigma$ SFA %59.07-64.37,  $\Sigma$ MUFA %35.13-31.27 ve  $\Sigma$ PUFA %4.21-4.00 oranlarında tespit etmişlerdir (Talpur ve ark. 2009). Brezilya Saanen keçi sütü yağ asit düzeyleri  $\Sigma$ SFA %60.3,  $\Sigma$ MUFA %37.00 ve  $\Sigma$ PUFA %4.40 olarak bulunurken (Catunda ve ark. 2016), İran Saanen keçi sütü  $\Sigma$ SFA %59.09,  $\Sigma$ MUFA %34.50 ve  $\Sigma$ PUFA %6.34 olarak tespit edilmiştir (Sedighi-Vesagh ve ark. 2015). Bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, çalışmamızda, özellikle PUFA yağ asit düzeyinin literatüre göre yüksek çıktığı gözlemlendi (Çizelge 5).

Uzun zincirli doymamış yağ asitlerinden  $\Sigma$ PUFA’nın çocuk sağlığı ve beyinsel gelişim üzerine birçok pozitif etkisi vardır. Ayrıca MUFA ve PUFA yağ asit türevleri koroner kalp hastalık riskini azalttığı rapor edilmiştir (Cao ve ark. 2013). Eikosapentaenoik asit (C20:5n3) ve dokosaheksaenoik asit (C22:6) uzun zincirli omega-3 yağ asitleridir. Bu yağ asitleri özellikle kardiovaskular rahatsızlıklara karşı önemli rol oynarlar (Mensink ve ark. 2003, Harris ve ark. 2008). Çalışmamızda belirlenen

C18:2n6t, C18:3n6, cis-8,11,14-Eikosatrienoik asit (C20:3n6), cis-11,14-eikosadienoik asit (C20:2), cis-11,14,17-Eikosatrienoik asit (C20:3n3), erusik asit (C22:1n9), C18:2n6c, linolenik asit (C18:3n3) ve C18:1n9c uzun karbon zincirli tekli ve çoklu kimyasal bağa sahip doymamış yağ asitleri tespit edildi. Bu yağ asitlerinin birçoğunun kalp koruyucu etkinlikleri vardır (Bemelmans et al., 2002).

Keçi sütü içeriğinde bir çok bioaktif bileşen maddeler mevcuttur ve diğer sültere göre birçok üstünlükleri belirtilmiştir. Protein, kalsiyum ve fosfor bakımından oldukça zengindir. İnek sütüne göre yüksek oranda kısa ve orta zincir uzunluğunda yağ asitleri içermektedir. Sindirilebilirlik özelliği inek sütüne göre fazladır. Kolesterol düzeyi diğer sültere göre düşük olması, kalp rahatsızlığı olan insanlar için önemlidir. Ayrıca inek sütüne göre A ve C vitamin düzeyleri daha yüksektir (Telli ve Doğruer, 2014).

## SONUÇ

Bu çalışmada Saanen keçi sütünün birçok biyokimyasal parametreleri incelendi. Çalışmamızın sonuçları, metabolizmamız için gerekli olan birçok element ve zengin doymamış yağ asitlerinin Saanen keçi sütünde var olduğunu göstermektedir. Özellikle PUFA, Ca, P, K ve kimyasal bileşenleri yönünden zengin olduğu tespit edildi. Saanen keçi sütünün, inek sütüne göre biyokimyasal parametreler yönünden zengin olması insan sağlığı için önemini artırmaktadır. Bu nedenle keçi sütü tüketiminin daha fazla yaygınlaştırılarak sağlık açısından potansiyel bir ürün olabileceğini düşünmekteyiz.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı FEFYL/2015-0002 nolu proje ile destekleyen Adıyaman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Birimi’ne teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Bemelmans WJE, Broer J, Feskens EJM, Smit AJ, Frits AMJ, Lefrandt JD, Bom VJJ, May JF, Jong BM, 2002. Effect of an increased intake of  $\alpha$ -linolenic acid and group nutritional education on cardiovascular risk factors: the Mediterranean Alpha-linolenic Enriched Groningen Dietary Intervention (MARGARIN) study. *The American Journal Of Clinical Nutrition*. 75(2):221-227.
- Calder PC, 2006. n3 Polyunsaturated fatty acid, inflammation, and inflammatory diseases. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 83(6):1505-1519.

- Cao AH, Yu L, Wang YW, Wang GJ, Lei GF, 2013. Composition of long chain polyunsaturated fatty acids (LC-PUFAs) in different encephalic regions and its association with behavior in spontaneous hypertensive rat (SHR). *Brain Research*, 1528:49-57.

- Catunda KLM, Aguiar EMD, Neto PEDG, Silva JGMD, Silva JGMD, Moreira JA, Rangel AHDN, Junior DMDL, 2016. Gross composition, fatty acid profile and sensory characteristics of Saanen goat milk fed with Cacti varieties. *Tropical Animal Health and Production*, 48:1253-1259.



- Chemists AOOA, Horwitz W, 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17(1-2).
- Christie WW, 1989. Gas chromatography and lipids: a practical guide. The Oily Press, Ayr, Scotland.
- Ciftci H, Ozkaya A, Kariptas E, 2009. Determination of fatty acids, vitamins and trace elements in Pistacia terebinthus coffee. Journal of Food, Agriculture and Environment, 7:72-74.
- Cornalea P, Rennaa M, Lussiana C, Bigi D, Chessa S, Mimosi A, 2014. The Grey Goat of Lanzo Valleys (Fiurina): Breed characteristics, genetic diversity, and quantitative-qualitative milk traits. Small Ruminant Research, 116:1-13.
- Delgado-Pertineza M, Gutierrez-Pena R, Mena Y, Fernandez-Cabanas VM, Laberye D, 2013. Milk production, fatty acid composition and vitamin E content of Payoya goats according to grazing level in summeron Mediterranean shrublands. Small Ruminant Research, 114: 167-175.
- Emsley J, 2011. Nature's building blocks: an A-Z guide to the elements. Oxford, UK: Oxford University Press, 1-699.
- FAO, 2004. Statistical Year book, Food & Agriculture Organization, <http://www.fao.org>.
- FAO. 2011. Molecular genetic characterization of animal genetic resources. FAO Animal Production and Health Guidelines, No. 9. Rome.
- Guler Z, 2007. Levels of 24 minerals in local goat milk, its strained yoghurt and salted yoghurt (tuzlu yogurt). Small Ruminant Research, 71: 130-137.
- Hara A, Radin NS, 1978. Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. Analytical Biochemistry, 90:420-426.
- Harris WS, Kris-Etherton PM, Harris KA, 2008. Intakes of long-chain omega-3 fatty acid associated with reduced risk for death from coronary heart disease in healthy adults. Current atherosclerosis reports. 10(6):503-9.
- Kalac P, Samkova E, 2010. The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. Czech Journal of Animal Science, 55 (12):521-37.
- Kalantzopoulos G, Dubeuf JP, Vallerand F, Pirisi A, Casalta E, Lauret A, Trujillo T, 2004. Characteristics of sheep and goat milks: quality and hygienic factors for the sheep and goat dairy sectors. International Dairy Federation, 390: 17-28.
- Keskenas H, Dinkçi N, Kınık Ö, Gönç S, Ender G, 2010. General Properties of Saanen Goat Milk. Akademik Gıda, 8 (2): 45-48.
- Kliem KE, Shingfield KJ, Livingstone KM, Givens DI, 2013. Seasonal variation in the fatty acid composition of milk available at retail in the United Kingdom and implications for dietary intake. Food Chemistry, 141(1): 274-281.
- Köseman A, Şeker İ, 2015. Current Status of Cattle, Sheep and Goat Breeding in Turkey. Van Veterinary Journal, 26(2): 111-117.
- Li D, Hu X, 2009. Fish and its multiple human health effects in times of threat to sustainability and affordability: are there alternatives? Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 18(4): 553-563.
- Mensink RP, Zock PL, Kester AD, Katan MB, 2003. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. The American Journal Of Clinical Nutrition. 77(5):1146-55.
- Sedighi-Vesagh R, Naserian AA, Ghaffari MH, Petit HV, 2015. Effects of pistachio by-products on digestibility, milk production, milk fatty acid profile and blood metabolites in Saanen dairy goats. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 99: 777-787.
- Selvaraju R, Raman RG, Narayanaswamy R, Valliappan R, Baskaran R, 2009. Trace element analysis in hepatitis B affected human blood serum by inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy (ICP-AES). Romanian Journal of Biophysics, 19:35-42.
- Steffens W, Wirth M, 2005. Fresh water fish-an important source of n-3 polyunsaturated fatty acids: a review. Archives of Polish Fisheries, 13(1): 5-16.
- Talpur FN, Bhanger MI, Khooharo AA, Memon GZ., 2008. Seasonal variation in fatty acid composition of milk from ruminants reared under the traditional feeding system of Sindh, Pakistan. Livestock Science, 118:166-172
- Talpur FN, Bhanger MI, Memon NN, 2009. Milk fatty acid composition of indigenous goat and ewe breeds from Sindh, Pakistan. Journal of Food Composition and Analysis, 22: 59-64
- Telli AE, Doğruer Y, 2014. Keçi Sütünde Biyoaktif Bileşenler. Animal Health, Production and Hygiene, 3(1): 264-271



## Kenaf Hidrolizatının Gazlaştırılması ve Cevap Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu

Arif HASANOĞLU<sup>1</sup>, Bahar MERYEMOĞLU<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, kenaf hidrolizatının kesintisiz olarak atmosferik basınçta katalitik olarak buhar faz reformlama (AVPR) tekniği ile hidrojen zengin gaz üretim prosesinde sıcaklığın, hidrolizat akış hızının ve biyokütle konsantrasyonunun etkisi incelenmiştir. Deneysel parametrelerin gaz ürünlerin kompozisyonuna etkisi RSM (Response Surface Methodology: Cevap Yüzey Metodu) metodu kullanılarak araştırılmıştır. Bu metodun en büyük avantajlarından biri az sayıda deneysel çalışma yaparak, birden fazla deneysel parametrenin gazlaştırma verimine etkisinin incelemesini mümkün kılmasıdır. Deneysel sonuçlar sonucunda hidrojen verimi üzerine biyokütle konsantrasyonun, akış hızının ve bunların çeşitli kombinasyonlarının ikincil önemli parametreler olduğunu gösterirken sıcaklığın ana faktör olduğunu göstermiştir. Yapılan optimizasyon çalışmaları sonucu yüksek oranda hidrojen eldesi için sıcaklığın 295°C'nin üzerinde, biyokütle hidrolizat akış hızının 0.30 mL/dk akış hızında olması gerektiği gözlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Cevap yüzey metodu, gazlaştırma, hidrojen, kenaf, optimizasyon

## Gasification of Kenaf Hydrolysate and Optimization by Response Surface Methodology

**ABSTRACT:** In this study, the effect of temperature, feed flow rate and biomass feed concentration parameters on gasification performance of kenaf biomass hydrolysate using continuous atmospheric catalytic vapour phase (AVPR) reforming system was examined. The effect of experimental parameters on the composition of gas products were investigated using the RSM (Response Surface Methodology) method. One of the greatest advantages of this method that makes it possible to study the effect of gasification efficiency on several experimental parameters by carrying out a few experimental studies. The results showed that temperature was main factor on hydrogen-rich gas production while other parameters (biomass feed concentration, feed flow rate) were secondary. As a result of the optimization, it was observed that the temperature should be above 295 °C, and the flow rate of 0.30 mL / min for high yield hydrogen.

**Keywords:** Response surface methodology, gasification, hydrogen, kenaf, optimization

<sup>1</sup> Arif HASANOĞLU (0000-0002-1713-6946), Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Adana, Türkiye

<sup>2</sup> Bahar MERYEMOĞLU (0000-0002-4785-5917), Çukurova Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı, Adana, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Bahar MERYEMOĞLU, bmeriyemoglu@cu.edu.tr

## GİRİŞ

Ülkemizde enerji arzı ve tüketimi arasındaki fark her yıl artmaktadır. Türkiye'nin gelişmesini sürdürebilmesi için ihtiyacı olan enerjiyi zamanında, yeterli miktarda, ekonomik koşullarda ve çevreye zarar vermeden sağlayıp, kullanması gerekmektedir.

Biyokütle ana yenilenebilir enerji kaynağıdır ve daha az sülfür ve kül içerdiğinden çevreci yakıtlardan biridir. Ayrıca, kömürden daha fazla uçucu maddeye sahiptir. Böylece sera gaz emisyonlarının azaltılması için biyokütle olası muhtemel temiz bir yakıttır. Biyokütle enerji kaynaklarına örnek olarak kenaf, buğday samanı, sorgum, fil çimene ve dallı darı verilebilir.

Biyokütleden gaz ürünleri elde etmek için yanma, piroliz ve gazlaştırma gibi farklı prosesler kullanılabilir. Termokimyasal dönüşüm teknolojilerinden biri olan gazlaştırma, farklı kabon bazlı hammaddeleri doğal gaz, kömür, petrol, kok, biyokütle ve atıkları sınırlı bir hava arzında hidrojen ve karbon monoksit, karbon dioksit, su gibi gazlı ürünlere dönüştüren temiz bir teknolojidir. Ayrıca, char, kül ve tar, yağlar gibi yoğunlaştırılabilen katı ürünler üretir. Elde edilen bu gaz ürünleri, elektrik, hidrojen, kimyasallar ve sıvı nakil yakıtları üretmek için kullanılabilir. Gazlaştırma teknikleri arasında subkritik su ve süperkritik su (Williams and Onwudili, 2005) sulu faz reformlama (Huber et al., 2006), buhar faz reformlama (Rioche et al., 2005) bulunmaktadır. Buna tekniklere ek olarak sulu faz reformlama prosesinden elde edilenden çok daha yüksek verimle hidrojen üretimi konusunda teknik geliştirilmiştir (Hasanoğlu et al., 2016). Bu proseste, içerisinde organik madde çözünmüş olan sulu çözelti veya hidrolizat bir pompa yardımıyla boru şeklindeki paslanmaz çelikten veya kuvars tüpten yapılmış reaktörün içerisine gönderilmektedir. Bu koşullarda çözücü (su) buharlaşmakta ve lignoselülozik türevli organik maddeler kolon içerisindeki heterojen katalizörle etkileşmektedir. Organik maddelerin parçalanması ve gaz ürünlere dönüşümü katı katalizör yüzeyinde gerçekleşmektedir.

Gazlaştırma prosesini etkileyebilecek birçok proses parametresi vardır. Bu çalışmada sıcaklık, akış hızı ve biyokütle konsantrasyonu gibi parametrelerin hidrojen zengin gaz üretimi için gazlaştırma yöntemlerinden biri olan atmosferik

basınçta katalitik buhar faz reformlama prosesine etkisi Cevap Yüzey Metodu ile araştırılmıştır. Cevap Yüzey Metodu (RSM), optimizasyonu da içeren istatistiksel bir tekniktir. Basit modellerin üretildiği bu yöntem teknolojinin her alanında kullanılabilen bir optimizasyon tekniğidir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar arasında bir grup araştırmacı, sorgum hidrolizatının kesintisiz sulu faz reformlama yöntemi ile hidrojen zengin gaz üretiminde sıcaklık, hidrolizat akış hızı ve biyokütle konsantrasyonunun etkilerini RSM metodu ile incelemişler ve sıcaklığın hidrojen zengin gaz karışımı eldesinde ana faktör olduğunu gözlemlemişlerdir (Meryemoğlu et al., 2014). Başka bir grup ise yaptıkları bir çalışmada atık yüksek yoğunluklu polietilenlerin katalitik piroliz ile sıvı yakıtlara dönüştürülmesi prosesini optimize etmek için RSM kullanmışlardır. Reaksiyon sıcaklığı, katalizörlerin asitliliği ve kütle oranı (katalizör ve polietilen) bağımsız değişken olarak seçmişlerdir. Optimum koşullar olarak reaksiyon sıcaklığı 450°C, katalizör asitliliği 0,341 ve katalizör/atık HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) oranı 1:4 olarak bulunmuştur. Bu şartlar sağlandığında %78,7 verimle yakıt elde edilmiştir (Kumar et al., 2013). Bir çalışmada nohut samanının sabit yataklı tübüler bir reaktörde hızlı pirolizi gerçekleştirilmiştir. Piroliz sıcaklığı, azot akış hızı ve ısıtma hızı gibi proses parametrelerinin etkisi cevap yüzey metodu ile incelenmiş ve optimizasyonu yapılarak maksimum sıvı ürün veriminin elde edildiği koşullar belirlenmiştir (Degirmen ve ark., 2012).

Bu çalışmada da kenaf biyokütlesi suda çözüldürülmüş, yüksek verimlilikle hidrojen eldesi için en uygun akış hızı, sıcaklık ve biyokütle konsantrasyonu belirlenmiştir. Bunun için Cevap Yüzey Metodu (RSM) "Box-Behnken Design" (BBD) istatistik programı kullanılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Çalışmada biyokütle kaynağı olarak kullanılan Kenaf, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nden temin edilmiştir. Katalizör, %5 Ru Karbon (Sigma) ise 0.62 cm dış ve 0.40 cm iç çapındaki paslanmaz çelikten yapılmış ve uzunluğu 40 cm olan kolonun içerisine konarak kullanılmıştır.

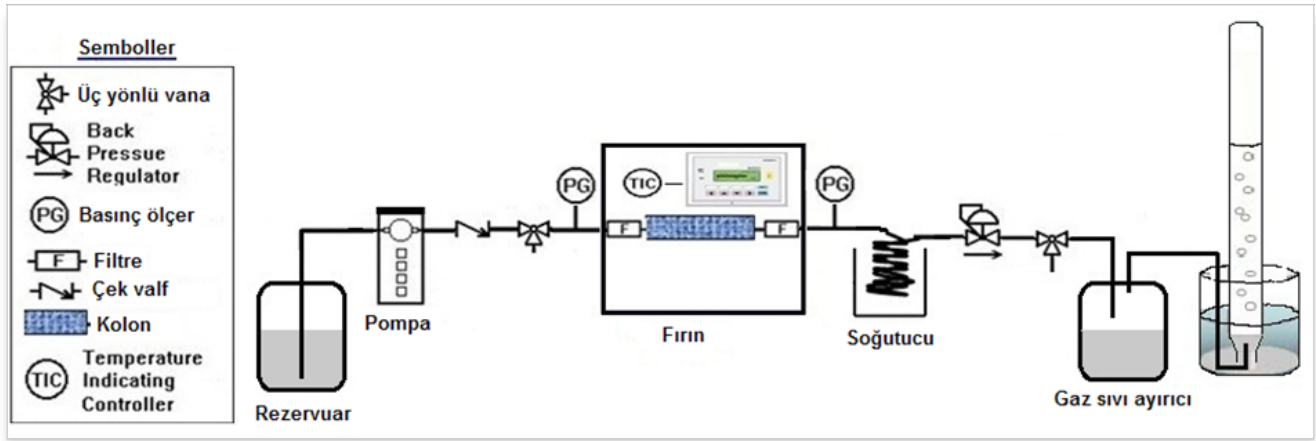
### Biyokütle Materyalinin Hidrolizi

Kenaf biyokütlesi sub-kritik su koşullarında çözündürülmüştür. Yönteme ait detaylar Meryemoğlu ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada verilmiştir (Meryemoğlu et al., 2010). Kenaf materyali karbondioksit basıncı altına alınmış sub-kritik su ( $100^{\circ}\text{C} < T < 374.2^{\circ}\text{C}$  ve  $P$ : Suyu sıvı fazda tutacak kadar yüksek,  $217.76 \text{ atm} < P$ ) ortamında hidroliz edilerek suda çözülmüş ürünlere dönüştürülmüştür. Kenaf biyokütlesi küçük parçalar halinde parçalayıcıda (blendarda) öğütüldükten sonra 500 mL'lik reaktör (Parr 4575 Model HP/HT) içinde hidroliz edilmiştir. Öğütülmüş kenaf biyokütlesi ve 350 ml su reaktöre konmuş ve kapağı kapatılan reaktörün içindeki hava  $\text{CO}_2$  gazı

ile sürüklenerek uzaklaştırılmıştır. Karışım  $4.7^{\circ}\text{C}/\text{dk}$  ısıtma hızıyla istenilen sıcaklığa ( $250^{\circ}\text{C}$ ) kadar ısıtılmış ve ISCO 260D pompa (Isco Inc., Lincoln, Nebraska) ile  $\text{CO}_2$  basılarak 4060 psi basınca getirilmiştir. Bu koşullarda 1000 rpm ile 120 dakika karıştırılarak biyokütle materyalinin çözünmesi sağlanmıştır. Bu süre sonunda reaktör su-buz karışımına daldırılarak soğutulmuştur. Reaktörün suya daldırılması ile tepkimenin sona erdiği kabul edilmiştir.

### Biyokütle Hidrolizatlarının Gazlaştırılması

Hidrolizatların atmosferik basınçta katalitik buhar faz reformlama prosesi Şekil 1'de gösterilen sistemde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Atmosferik basınçta katalitik buhar faz reformlama düzeneği

Hidrolizat çözeltileri katalizörün bulunduğu kolona pompa yardımı ile  $0.5 \text{ ml}/\text{dk}$  hızla gönderildi ( $\%5 \text{ Ru Karbon}$ ).  $0.62 \text{ cm}$  dış ve  $0.40 \text{ cm}$  iç çapındaki paslanmaz çelikten yapılmış ve uzunluğu  $40 \text{ cm}$  olan kolonun içerisine konarak hazırlandı. Katalizörün bulunduğu kolon tüp fırın içerisine yerleştirildikten sonra oda sıcaklığından başlayarak  $10 \text{ dk}$  içerisinde istenen sıcaklığa ( $250\text{-}300^{\circ}\text{C}$ ) kadar ısıtıldı. Bu sırada kolon içerisinden saf geçirildi. İstenilen sıcaklığa ulaştıktan sonra hidrolizat örnekleri katalizörün bulunduğu kolona gönderilerek reformlama deneyleri başlatılmış oldu. Katalizörün bulunduğu kolonun giriş ve çıkış kısmında  $900^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa kadar dayanıklı quartz yün kullanıldı.

### Gaz Analizleri

Gazlaştırma deneyleri sonucunda oluşan gaz hacimleri gaz büreti ile ölçülmüştür. Gaz karışımlarının kompozisyonları, birinden argon diğerinden helyum taşıyıcı gazların geçtiği iki kanallı ve iki termal iletkenlik dedektörlü Varian-450 Gaz kromatograf ile belirlenmiştir. Hidrojen dışındaki gazların ( $\text{C1-C5}$ ) saptandığı kanalda Varian Restek Shincarbon 100/120 mesh  $2\text{m}\times 1/16''\times 1\text{mm}$  kolon; hidrojen kanalında ise Varian Restek MolSieve 5A  $1\text{m}\times 1/8''$  Ultimetal kolon kullanılmıştır. Kolon fırın sıcaklık programı,  $40^{\circ}\text{C}$ 'de  $3 \text{ dk}$  bekleyip  $8^{\circ}\text{C}/\text{dk}$  ile  $230^{\circ}\text{C}$ 'ye yükselme ve bu sıcaklıkta  $5 \text{ dk}$  bekleme şeklinde toplam  $31.75 \text{ dk}$  süreden oluşmaktadır. Dedektör sıcaklığı  $230^{\circ}\text{C}$ , filament

sıcaklığı ise 300 °C olarak çalışılmıştır. Standart gaz karışımı olarak Elite Gaz Teknolojileri İnş. Tur. San. Tic. Ltd. Şti.'den (İstanbul, Türkiye) sağlanan içerisinde % mol olarak sırasıyla 1.8±0.04 asetilen, 4.0±0.1 etilen, 3.9±0.1 etan, 4.9±0.1 metan, 16.0±0.3 karbonmonoksit, 22.0±0.4 karbondioksit ve balans sağlayacak miktarda hidrojen (47.4±0.5) bulunan gaz karışımı kullanılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Box-Behnken tasarımı kullanılarak (Design Expert 7.0.0) oluşturulan deneysel parametreler (15 farklı deney seti) hidrojen gazı için elde edilen cevaplar Çizelge 1'de verilmiştir. Oluşturulan bu

modellerin deneysel verileri ne ölçüde karşıladığı varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Bu yöntemle her bir faktörün kuadratik etkilerinin yanıtlar üzerindeki istatistiksel önemlilikleri % 95 güvenlik seviyesinde Fischer (F-testi) testi uygulanarak belirlenmiştir. Önerilen modelin sistemin gerçek yanıtına uygun bir yaklaşım olup olmadığına, “lack of fit”den kaynaklanan hatanın önemsiz ve regresyondan kaynaklanan varyasyonun % 95 güvenlik seviyesinde önemli olması koşuluyla karar verilmiştir. Ayrıca, modelin uygunluğu regresyon katsayısı ( $R^2$ ), düzeltilmiş regresyon katsayısı ( $Adj-R^2$ ), tahmin edilmiş kalıntı hata kareler toplamı (PRESS) ve tahmin edilmiş çoklu belirleme katsayısı ( $Pre-R^2$ ) kullanılarak test edilmiştir.

Çizelge 1. Deneysel tasarımda kullanılan değişkenlerin kodları

Değişkenler	Semboller	Değişkenlerin kodları		
		-1	0	1
Sıcaklık (°C)	A	250	275	300
Akış hızı (mL/dk)	B	0.3	0.65	1.00
Biyokütle konsantrasyonu (mg/L)	C	1000	2500	4000

Deneysel tasarım ışığında 15 deney gerçekleştirilmiştir. Elde edilen cevapların, faktörlerin fonksiyonu olarak tanımlanıp, model denkleminin oluşturulması için ikinci dereceden ya da daha yüksek dereceli polinom modelleri kullanılmaktadır. Bu polinomlar, elde edilen

sistem cevabının parametre değerlerinin aynı anda değiştirilmesinden nasıl etkilendiğini göstermektedir.

İkinci dereceden cevap yüzey modeli, polinomal olarak aşağıdaki şekilde kullanılmıştır:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^N \beta_i \times X_i + \sum_{i=1}^N \beta_{ii} \times X_i^2 + \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \beta_{ij} \times X_{ij}$$

Burada Y sistemin cevabı, değişken sayısı, bağımsız değişken  $\beta_0$ ,  $\beta_i$ ,  $\beta_{ii}$ , ve  $\beta_{ij}$  ve her bir faktörün katsayısıdır. BBD (Box–Behnken design) ve veri

analizleri için “Design Expert statistical software” (Design Expert 7.0.0) kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Deneysel tasarıma uygun yapılan deneylere göre sistemin hidrojen cevapları

Sıcaklık (°C)	Akış hızı (mL/dk)	Biyokütle konsantrasyonu (ppm, C)	H <sub>2</sub> (mL/g katalizör) gözlenen	H <sub>2</sub> (mL/g katalizör) beklenen
250	0.65	4000	38.30	36.44
275	0.65	2500	22.00	22.74
300	0.65	4000	62.48	71.64
275	1.00	1000	18.65	14.01
300	0.65	1000	40.67	42.53
250	1.00	2500	23.00	36.79
250	0.30	2500	59.20	56.42
300	1.00	2500	41.65	44.43
250	0.65	1000	25.00	15.84
275	0.65	2500	23.23	22.74
275	1.00	4000	36.60	24.66
275	0.30	1000	30.80	42.74
300	0.30	2500	124.46	110.67
275	0.65	2500	23.00	22.74
275	0.30	4000	77.17	81.81

### Hidrojen İçin Model Denklemi

Deneysel tasarımlara uygun olarak yapılan deneylerde elde edilen hidrojen değerleri regresyon

analizine tabi tutularak aşağıdaki eşitlik elde edilmiştir.

$$\text{Hidrojen verimi} = +22.74 + 15.47A - 21.47B + 12.43C - 11.65AB + 2.13AC - 7.10BC + 20.07A^2 + 19.26B^2 - 1.20C^2 \quad (1)$$

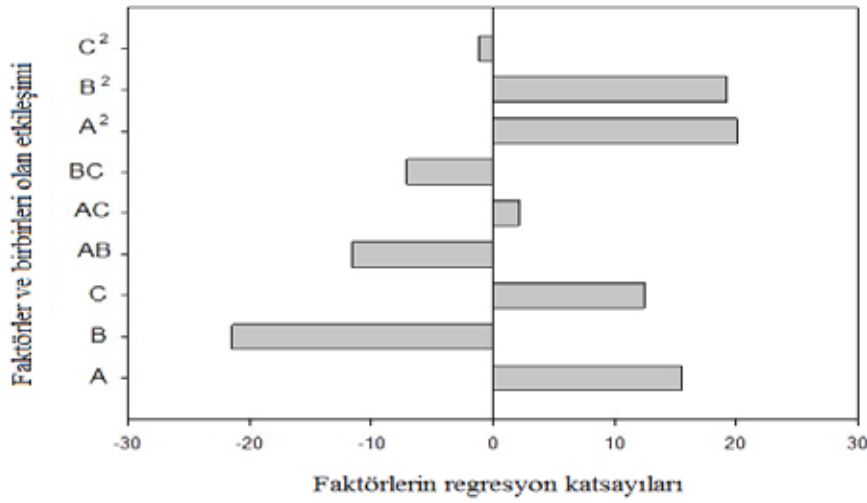
Hidrojen verimi ile ilgili yukarıdaki Eşitlik 1 incelendiğinde “A” katsayısının (15.47) pozitif değere sahip olması sıcaklığın 250°C’den 300°C’ye artırılmasıyla hidrojen hacminin artmasına en fazla etki eden faktör olduğunu göstermektedir. Akış hızı ile ilgili olan “B” katsayısının (-21.47) negatif değer olması hidrolizat akış hızının artırılmasıyla hidrojen hacminin azalacağını, biyokütle hidrolizatı konsantrasyonunu

gösteren “C” değerinin (12.43) pozitif olması biyokütle hidrolizatı derişiminin artırılmasıyla hidrojen veriminin arttığını göstermektedir. Modelin uyumluluğu R<sup>2</sup> ile test edilebilir. Varyans analizi sonucu bulunan R<sup>2</sup> ve Radj değerleri sırasıyla 0.9198 ve 0.7754’tür. Bu değerler önerilen eşitliğin bağımsız değişkenler ile hidrojen verimi arasındaki ilişkinin aydınlatılması için uygun bir yaklaşım sağlamaktadır. Kenaf hidrolizatının AVPR

yöntemi ile gazlaştırılmasına ait hidrojen için faktörleri ve birbirleri ile olan etkileşimini gösteren pareto kartı Şekil 2’de verilmiştir.

Şekil 3’te hidrojen için beklenen ve gözlenen değerler arasındaki ilişki verilmiştir. Görüldüğü üzere beklenen ve gözlenen hidrojen değerleri arasında çok fazla farklılık gözlenmemektedir. Hidrojen verimine deneysel parametrelerin etkisi yüzey yanıt grafiği

çizilerek gösterilmiştir (Şekil 4). Şekil 4a ve Şekil 4c incelendiğinde hidrolizat akış hızının azaltılmasıyla birlikte hidrojen veriminin arttığı görülmüştür. Dolayısıyla hidrolizat akış hızının artırılması hidrojen verimini olumsuz olarak etkilemektedir. Sonuçlar ayrıca sabit biyokütle konsantrasyonunda AVPR reformlama sıcaklığının 250°C’den 300°C’ye çıkarılmasıyla da hidrojen veriminde önemli bir artış olduğunu göstermiştir (Şekil 4a).

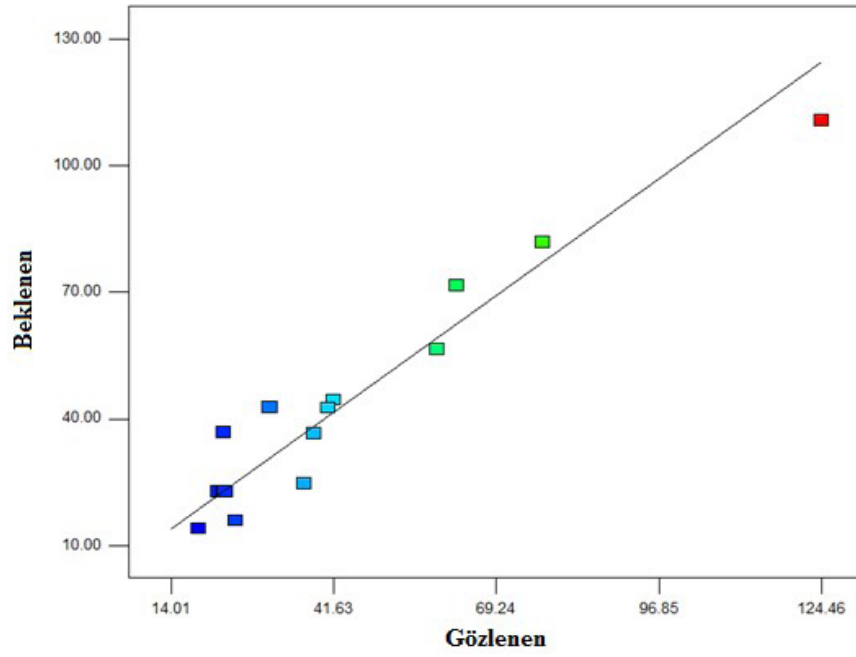


**Şekil 2.** Kenaf hidrolizatının AVPR yöntemi ile gazlaştırılmasına ait hidrojen için faktörleri ve birbirleri ile olan etkileşimini gösteren pareto kartı (%95 güven seviyesi)

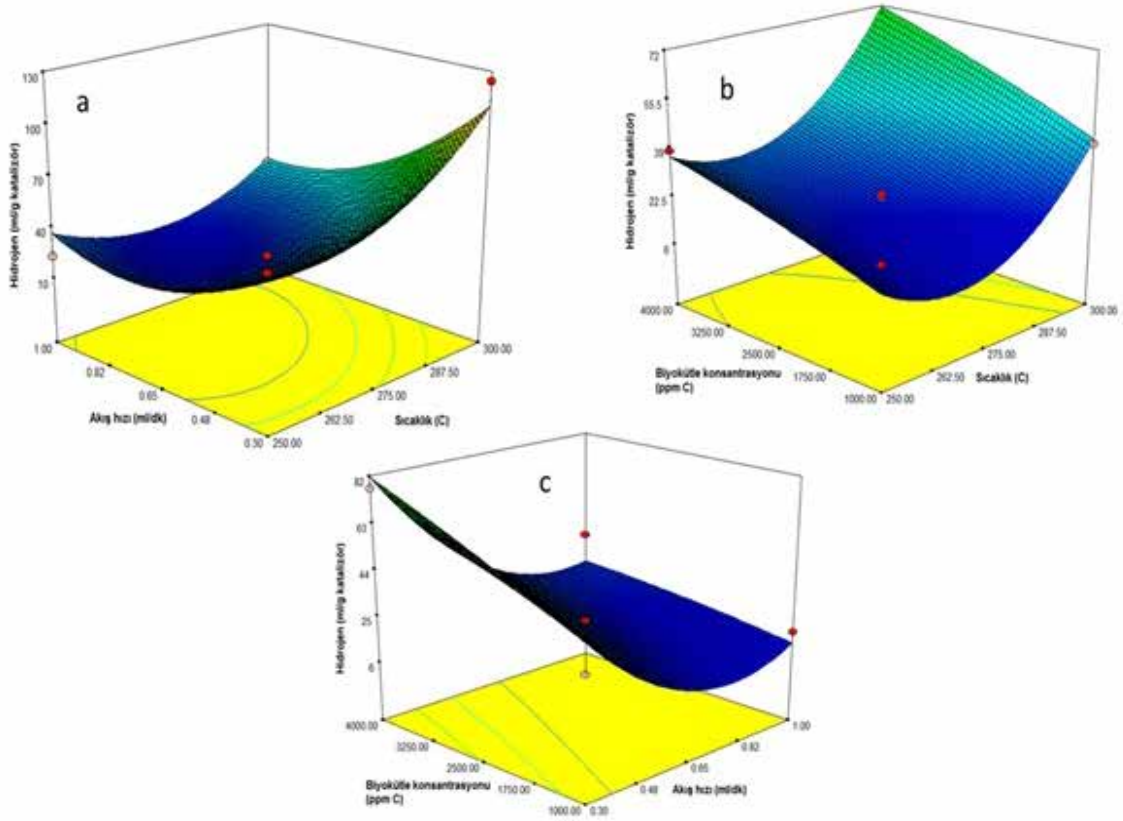
Yüksek sıcaklıklarda, organik materyallerin C-H, C-C, O-H bağlarının kırılması düşük sıcaklıklara göre daha fazla gerçekleşir ki bu da daha fazla hidrojen ve diğer gaz ürünlerin oluşumuna etki eder. Gursahani ve arkadaşları, C-C bağlarının katalizör yüzeyine adsorbe olduğunu ve bu bağların kırılmasının bir sonucu olarak katalizör yüzeyinde ara ve son ürünler oluştuğunu söylemişlerdir (Gursahani et al., 2001). Bu ara ürünlerden CO (ya da diğer gaz ürünleri) ve H<sub>2</sub> oluşmaktadır. CO su-gaz değişim reaksiyonu ile birlikte H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub>’ye dönüşmektedir. Yüksek sıcaklıklarda organik maddelerin dehidrojenasyonun ve su-gaz değişim reaksiyonunun daha etkin gerçekleşmesi nedeniyle hidrojen veriminin arttığı düşünülmektedir. (Şekil 4a ve Şekil 4b). Dehidrojenasyon ve su-gaz değişim reaksiyonları endotermik reaksiyonlardır (CO + H<sub>2</sub>O → CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>; ΔH° = 41.0 kJ/mol) ve yüksek sıcaklıklarda daha etkilidirler. Tüm AVPR

çalışmalarımızda CO miktarının ölçülebilir düzeyde olmaması daha önce bahsedildiği gibi su-gaz değişim reaksiyonunun daha etkin gerçekleşmesi ile ilgilidir. Buna ek olarak, akış hızının artması daha düşük hidrojen verimi göstermiştir. Yüksek akış hızlarında biyokütle hidrolizatı katalizör ile daha az etkileşim gösterdiğinden daha düşük hidrojen verimi göstermektedir. Hidrolizat derişimi hidrojen verimini etkileyen bir diğer parametredir. Çalışmamızda artan hidrolizat konsantrasyonu ile birlikte hidrojen veriminin arttığı gözlenmiştir (Şekil 4c). Şekil 4c’de sabit sıcaklıkta (275°C) hidrojen verimi üzerine hidrolizat konsantrasyonu ve akış hızının etkisi gösterilmiştir. Artan biyokütle konsantrasyonu ile birlikte hidrojen verimi artmış ancak artan akış hızı ile birlikte hidrojen verimi azalmıştır. Daha düşük akış hızlarında hidrolizat ve katalizör etkileşim süresi daha fazladır.





Şekil 3. Hidrojen için beklenen ve gözlenen değerler arasındaki ilişki



- a) Sabit biyokütle konsantrasyonunda (2500 ppm, C); sıcaklık (°C) ve akış hızı (mL/dk)  
b) Sabit akış hızında (0.65 mL/dk); sıcaklık (°C) ve biyokütle konsantrasyonu (ppm, C)  
c) Sabit sıcaklıkta (275°C); akış hızı (mL/dk) ve biyokütle konsantrasyonu (ppm, C)

Şekil 4. Hidrojene ait yüzey grafiği

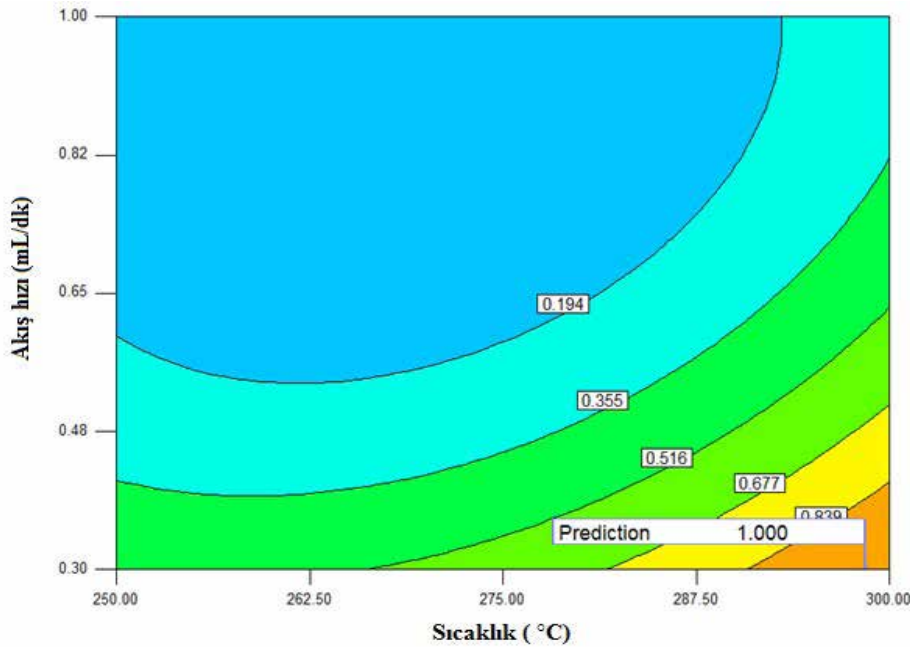
Özetle, deneysel çalışmalar ve Eşitlik 1 hidrojen verimi üzerine biyokütle konsantrasyonunun, hidrolizat akış hızı ve bunların çeşitli kombinasyonlarının ikincil önemli parametreler olduğunu gösterirken sıcaklığın ana faktör olduğunu göstermiştir.

Yüksek sıcaklıklarda metanizasyon tepkimeleri baskılanmakta ve çözülmüş organik substratların parçalanma ve su-gaz değişim reaksiyonlarının sonucu olarak yüksek miktarlarda H<sub>2</sub> üretilebilmektedir.

Yüksek oranda hidrojen verimi sıcaklık artırılarak ya da akış hızı düşürülerek sağlanabilir.

### Optimizasyon

Hidrojenin maksimum olması için Box-Behnken tasarımı için cevap yüzeyi yönteminin çözümün grafiksel gösterimi Şekil 5'te verilmiştir. Önerilen modele göre yüksek oranda hidrojen eldesi için sıcaklığın 295°C'nin üzerinde, hidrolizat akış hızının 0.30 mL/dk akış hızında olması gerekir. En uygun deney koşullarının belirlenmesinden sonra belirlenen koşullar için doğrulama deneyi yapılmış ve elde edilen deneysel sonuçlarla ve modelce öngörülen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çizelge 3'te görüldüğü gibi öngörülen sonuçlar ile deneysel sonuçlar birbiri ile uyum içindedir.



Şekil 5. Box-Behnken tasarımı için cevap yüzeyi yönteminin hidrojenin maksimum olduğu çözümün grafiksel gösterimi

Çizelge 3. Öngörülen ve deneysel olarak belirlenen koşullar ve hidrojen verimi

Sonuç	Sıcaklık (°C)	Akış Hızı mL/dk)	Biyokütle Konsantrasyonu (ppm, C)	Hidrojen (mL/g katalizör)
Öngörülen	298.5	0.3	3956.5	125.7
Deneysel	300	0.3	4000.0	133.3

### SONUÇ

Kenaf hidrolizatının atmosferik basınçta katalitik olarak buhar faz reformlama (AVPR) tekniği ile hidrojen zengin gaz üretiminde sıcaklığın, hidrolizat akış hızının ve biyokütle konsantrasyonunun etkisi

incelenmiştir. Bağımsız değişken olarak incelenen üç parametreden hidrojen verimine en yüksek katkı sağlayan parametrenin sıcaklık olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar yüksek oranda hidrojen eldesi için sıcaklığın 295°C'nin üzerinde, hidrolizat akış hızının 0.30 ml/dk akış hızında olması gerektiğini göstermiştir.

**TEŞEKKÜR**

Bu çalışmanın gerçekleşmesindeki desteklerinden dolayı Ç.Ü. BAP (FEF-2013-BAP28 nolu proje) birimine teşekkür ederiz.

**KAYNAKLAR**

- Değirmen G, Pütün AE, Kılıç M, Pütün E, 2012. Nohut samanı hızlı pirolizinin deney tasarımı ile modellenmesi. Onuncu Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 3-6 Eylül 2012, İstanbul.
- Gursahani KI, Alcalá R, Cortright RD, Dumesic JA, 2001. Reaction kinetics measurements and analysis of reaction pathways for conversions of acetic acid, ethanol and ethyl acetate over silica-supported Pt. *Applied Catalysis A: General*, 222: 369-392.
- Hasanoğlu A, Meryemoglu B, Kurtulus M, Irmak S, Erbatur O, 2016. A new approach for high-yield hydrogen production: Atmospheric pressure vapour-phase catalytic reforming of biomass hydrolysate. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41: 12880-12887.
- Huber GW, Shabaker JW, Evans ST, Dumesic JA, 2006. Aqueous-phase reforming of ethylene glycol over supported Pt and Pd bimetallic catalysts. *Applied Catalysis B*, 62: 226-235.
- Kumar S, Singh RK, 2013. Optimization of process parameters by response surface methodology (RSM) for catalytic pyrolysis of waste high-density polyethylene to liquid fuel. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2: 115-122.
- Meryemoglu B, Hasanoğlu A, Kaya B, Irmak S, Erbatur O, 2014. Hydrogen production from aqueous-phase reforming of sorghum biomass: An application of the response surface methodology. *Renewable Energy*, 62: 535-541.
- Meryemoglu B, Hesenov A, Irmak S, Atanur OM, Erbatur O, 2010. Aqueous phase reforming of biomass using various types of supported precious metal and raney nickel catalysts for hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35: 12580-12587.
- Rioche C, Kulkarni S, Meunier FC, Breen JP, Burch R, 2005. Steam reforming of model compounds and fast pyrolysis bio-oil on supported noble metal catalysts. *Applied Catalysis B*, 61: 130-139.
- Williams PT, Onwudili J, 2005. Composition of products from the supercritical water gasification of glucose: a model biomass compound. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 44(23): 8739-49.



## İzonitrosoasetofenon Antranolhidrazin ile Modifiye Edilmiş Silika Jel Kullanılarak Cu(II) İyonunun Zenginleştirilmesi

Gülşen GÜVEN<sup>1</sup>, Hakan Can SÖYLEYİCİ<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, oldukça seçici ve etkin bir adsorban olan izonitrosoasetofenon antranolhidrazin ile modifiye edilmiş silika jel hazırlanmış ve su örneklerinden Cu<sup>2+</sup> iyonlarının ayırma ve zenginleştirilmesi için uygulanmıştır. Cu<sup>2+</sup> iyonu ve diğer metal iyonları İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi ile tayin edilmiştir. Cu<sup>2+</sup> iyonlarının kantitatif geri kazanımı üzerine pH, adsorban miktarı, örnek hacmi, eluent hacmi, eluent türü vb. analitik parametrelerin etkileri araştırılmıştır. Cu<sup>2+</sup> iyonlarının geri kazanımı üzerine bazı alkali, toprak alkali, metal iyonlarının ve anyonların etkileri de incelenmiştir. Cu<sup>2+</sup>'ın adsorpsiyonu için optimum pH değeri pH 5'dir. Cu<sup>2+</sup> için 2 mL 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi kantitatif elüsyon için uygun bulunmuştur. Cu<sup>2+</sup> için gözlenebilir sınıırı 0.265 µg L<sup>-1</sup>, tayin sınıırı 0.803 µg L<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Cu<sup>2+</sup> iyonlarının adsorpsiyon davranışı, Freundlich izotermine göre Langmiur izotermine daha iyi uyduğu gözlemlenmiştir. Cu<sup>2+</sup> iyonunun tayininde metodun doğruluğunu göstermek için sertifikalı referans madde (yer altı suyu-BCR 610) kullanılmıştır. Belirlenen değerler sertifika değerleri ile uyumlu olduğu bulunmuştur. Önerilen ayırma ve zenginleştirme metodu kaynak, çeşme ve deniz suyu örneklerine uygulanmıştır. Su örneklerine eklenen Cu<sup>2+</sup> iyonlarının geri kazanımları % 82-93 aralığında bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Cu(II), immobilizasyon, schiff bazı, silika jel, zenginleştirme

## Preconcentration of Cu(II) Using Isonitrosoacetophenone Anthranoylhydrazone Modified Silica Gel

**ABSTRACT:** In this study, highly selective and efficient adsorbent, isonitrosoacetophenone anthranoylhydrazone modified silica gel, was prepared and applied for separation and preconcentration of Cu<sup>2+</sup> ion in water samples. Cu<sup>2+</sup> ion and other metal ions were determined by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. The influences of analytical parameters including pH, amount of adsorbent, sample volume, eluent volume, type of eluent etc. on the quantitative recovery of Cu<sup>2+</sup> were investigated. The effects of some alkaline, alkaline earth, some metal ions and anions on the recoveries of Cu<sup>2+</sup> were also examined. Optimum pH value for the adsorption of Cu<sup>2+</sup> was pH 5. 2 mL of 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solution for Cu<sup>2+</sup> was found to be satisfactory for the quantitative elution. Limit of detection and limit of quantitation was calculated as 0.265 µg L<sup>-1</sup> and 0.803 µg L<sup>-1</sup> for Cu<sup>2+</sup> respectively. It was observed that adsorption behaviour of Cu<sup>2+</sup> ions was fitted to the Langmiur adsorption isotherm better than the Freundlich isotherm. In order to validate the accuracy of the method for determination of Cu<sup>2+</sup> ion, certified reference material (ground water-BCR 610) was used. The determined values were in good agreement with the certified values. Proposed separation and preconcentration method was applied to spring, tap and sea water samples. The recoveries of Cu<sup>2+</sup> added to water samples were in between 82-93%.

**Keywords:** Cu(II), immobilization, schiff base, silica gel, preconcentration

<sup>1</sup> Gülşen GÜVEN(0000-0002-2162-2576), Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Aydın, Türkiye

<sup>2</sup> Hakan Can SÖYLEYİCİ(0000-0001-6258-2577), Adnan Menderes Üniversitesi, Buharkent Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Aydın, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Gülşen GÜVEN, gguven@adu.edu.tr

## GİRİŞ

İnsan vücudunda yaklaşık olarak 100-150 g kadar bakır bulunmaktadır. Bunun %10'unun karaciğer ve beyinde, geri kalanının ise kanda bulunduğu tespit edilmiştir. İnsan vücudunun günlük bakır ihtiyacı 1.5-3 mg aralığındadır. Bakır birçok enzimin fonksiyonunu düzenlemektedir. İnsan sağlığı açısından büyük öneme sahip olan bakır normal seviyelerin altında veya üstünde alınması durumunda çeşitli toksik etkiler yapabilmektedir (Botes, 2003; Tezcan ve Tezcan, 2007).

İnorganik eser analizde analizi istenen eser elementlerin zenginleştirilmesi; gözlenebilirlik sınırını düşürmek için, analitik sonuçların doğruluğunu ve kesinliğini geliştirmek için ve tayin tekniklerinin etki alanını genişletmek için tayin öncesi gereklidir. Yüksek seçicilik ve hassasiyete sahip birçok analitik teknik bulunmasına rağmen örnek içindeki analitin çok düşük derişimlerde bulunması nedeniyle çoğu kez bir zenginleştirme işlemi gerekli olmaktadır (Mizuike, 1986; Camel, 2003). Bu problemlerin üstesinden gelmek için, sıvı-sıvı ekstraksiyonu (Wei et al., 2003; Varbanova et al., 2016), elektrokimyasal biriktirme (Li et al., 2014), birlikte çöktürme (Bulut et al., 2016), bulutlanma noktası ekstraksiyonu (Hartmann and Schuster, 2013; Gouda, 2014), iyon değişimi (Cheng et al., 2014), katı faz ekstraksiyonu (SPE) (Soylak et al., 2011) ve dağılımlı sıvı sıvı mikroekstraksiyonunu (Mandlate et al., 2017) kapsayan ayırma ve zenginleştirme teknikleri metal iyonlarının iz düzeyleri için kullanılmaktadır. SPE, çözgen kullanımını, atık maliyetlerini ve örnek hazırlama için gerekli ekstraksiyon zamanını azaltır. Silika jel yüzeyine analitik reaktiflerin immobilizasyonu, organik polimerler ile karşılaştırıldığında daha kolaydır. Geniş yüzey alanına sahip olmasıyla birlikte, asitlere ve sıcaklığa karşı dayanıklılık gösterir ve iyi bir mekanik, termal ve kimyasal kararlılığa sahiptir (Camel, 2003; Zouab, 2009). Literatürde metal iyonu zenginleştirilmesi için silika jeli fonksiyonelleştiren şelatlayıcı ligandların kullanıldığı çalışmalar mevcuttur (Huang et al., 2008; Yu et al., 2011). 5-Formil-3-(1'-karboksifenilazo) salisilik asit, doğal su örneklerinden Cd(II), Zn(II), Fe(III), Cu(II), Pb(II), Mn(II), Cr(III), Co(II) ve Ni(II) ekstraksiyonu için kullanılmıştır (Akl ve ark., 2004). 1,8-Dihidroksiantrakınon, çeşme, nehir ve yer altı suyu örneklerinden Pb(II), Cd(II) ve

Zn(II) ekstraksiyonu için kullanılmıştır (Goswami and Singh, 2002). 4-amino-3,5,6-trikloropikolinik asit sulu çözeltilerden Cu(II), Ni(II), Zn(II) ve Cd(II) adsorpsiyonu için kullanılmıştır (Prado et al., 2004).

Schiff bazları ve onların metal kompleksleri birçok farklı amaç için kullanılabilmesi nedeniyle giderek artan bir ilgi görmektedir. Bu ligandlar metal iyonları ile kararlı kompleksler oluştururlar. Bazı schiff bazı geçiş metali komplekslerinin antibakteriyel, antifungal, antiviral ve antitümör özelliklere sahip olduğu bulunmuştur (Shamsipur et al., 2000; Kumar et al., 2009). Ayrıca schiff bazı metal kompleksleri polimerizasyon ve organik redoks tepkimelerinde katalizör olarak ve anyon ve katyonların tayini için iyon seçici elektrot hazırlanması için de kullanılmıştır (Singh et al., 2007; Gupta and Sutar, 2008). Bartyzel and Cukrowska (2011) tarafından yapılan çalışmada bir schiff bazı olan N,N'-bis-( $\alpha$ -metilsalisiliden)-2,2-dimetil-1,3-propandiimin ile modifiye edilmiş silika jel hazırlanmış ve sulu çözeltilerden Cr(III)'ün ekstraksiyonu için kullanılmıştır. Ngeontae et al. (2009) tarafından yapılan çalışmada amidoamidooksim grubu içeren kimyasal olarak modifiye edilmiş silika, alevli atomik absorpsiyon ile tayini öncesi Cu(II)'ın katı faz ekstraksiyonu ve zenginleştirilmesi için sorbent olarak çalışılmıştır. Sorbent pH 4-6 aralığında Pb, Cd, Ni, ve Co için oldukça düşük seçicilik gösterirken Cu(II) için yüksek seçicilik gösterdiği belirlenmiştir.

Literatürde sulu çözeltilerden metal iyonlarının katı faz ekstraksiyonu ve zenginleştirilmesi için kullanılan modifiye edilmiş silika jel adsorbanlarına ait çalışmalar incelenmiş ve seçiciliği yüksek adsorbanlarla yapılacak çalışmalara ihtiyaç olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle bu çalışmada izonitrosoasetofenon antranolhidrazin ligandı adsorpsiyon kapasitesi ve bazı metal iyonlarına karşı seçici olması nedeniyle seçilmiştir. Böylelikle izonitrosoasetofenon antranolhidrazin ile modifiye edilmiş silika jel kullanılarak Cu<sup>2+</sup> iyonlarının katı faz ekstraksiyonu ile zenginleştirilmesi çalışılmıştır. pH, adsorban kütlesi, örnek hacmi, eluent türü ve hacmi, örnek ve eluent akış hızları, girişim yapan iyonların etkileri vb. analitik parametreler çalışılmıştır. Katı fazın adsorpsiyon kapasitesi belirlenmiştir. Metot doğruluğunu ve uygulanabilirliğini göstermek üzere sertifikalı referans maddeye (yer altı suyu-BCR 610) ve kaynak, çeşme ve deniz suyu örneklerine uygulanmıştır.

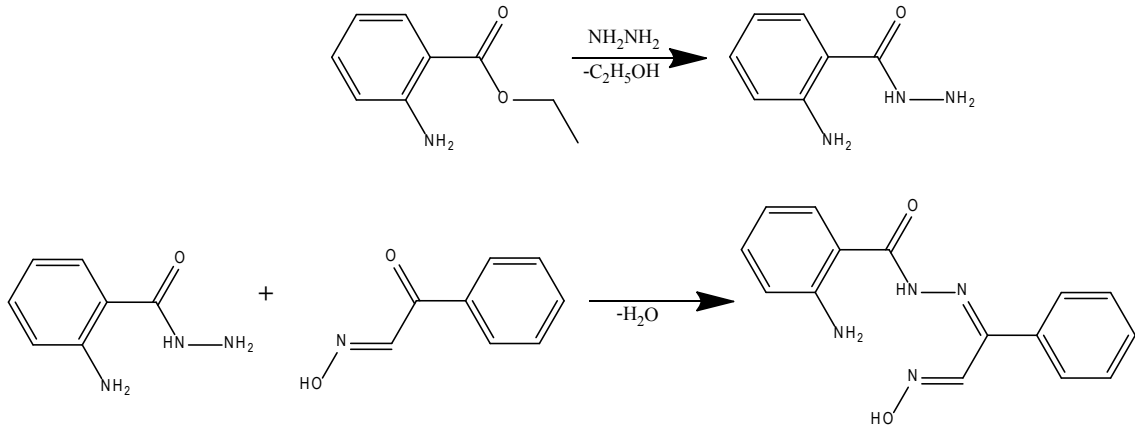
## MATERYAL VE YÖNTEM

### İzonitrosoasetofenon Antranolhidrazinin Sentezi

İzonitrosoasetofenon antranolhidrazinin sentezi literatüre uygun olarak yapılmıştır. İzonitrosoasetofenon antranolhidrazinin sentezi Şekil 1'de gösterilmiştir. İlk olarak 5.0 g etil 2-aminobenzoat 10 mL % 35'lik hidrazin ile geri soğutucu altında bir gün boyunca karıştırılmıştır. Oluşan ürün süzülüş

ve saf suyla yıkanmıştır. Saf hidrazin, sıcak etanolde kristallendirilmeyle elde edilmiştir. Daha sonra 50 mL etanolde hazırlanan 2.8 g antranolhidrazin çözeltisine 2.76 g izonitrosoasetofenon ve 2 damla buzlu asetik asit eklenmiştir. Reaksiyon karışımı 1 gün boyunca geri soğutucu altında karıştırılmıştır. Oluşan sarı kristal ürün süzülerek ayrılmıştır. Soğuk etanol ve dietil eter ile yıkanmış ve vakumda kurutulmuştur.

<sup>1</sup>H NMR (DMSO-d<sub>6</sub>): δ 6.89 s, (2 H), 6.74–8.12 m, (9 H), 8.74 s, (1 H), 12.60 s, (1 H), 13.10 s (1 H) (Gup and Giziroğlu, 2006).



Şekil 1. İzonitrosoasetofenon antranolhidrazinin sentezi

### İzonitrosoasetofenon Antranolhidrazin ile Modifiye Edilmiş Silika Jelin Hazırlanması

Silika jel (70-100 mesh) temizleme ve aktive etme işlemi için derişik hidroklorik asit ile 6 saat boyunca geri soğutucu altında karıştırılmıştır. Aktive etme işlemi sonrası süzülüş, saf su ile yıkanmış ve 24 saat boyunca 120 °C'deki etüvde kurutulmuştur. Aseton içerisinde 9 g aktive edilmiş silika jel ile 1 g izonitrosoasetofenon antranolhidrazin eklendi ve bu karışım 1 gün boyunca geri soğutucu altında karıştırılmıştır. Daha sonra oda sıcaklığında çözücü uzaklaştırılmış ve katı faz bir havanda homojen olana kadar karıştırılmıştır. Son olarak 60 °C'deki etüvde bekletilmiş ve kullanıma hazır hale getirilmiştir.

### Kullanılan Cihazlar

Bu çalışmada Cu<sup>2+</sup> ve diğer metal iyonlarının analizleri, Teledyne Leeman Labs Prism Model İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-

OES) ile gerçekleştirilmiştir. Kolon akış hızı Longer Precision Pump Co. Ltd. BT 100-1L model peristaltik pompa ile ayarlanmıştır. Çözelti pH ayarlamaları WTW pH315i dijital pH metre ile yapılmıştır.

### SPE Kolonunun Hazırlanması

Zenginleştirme işleminde iç çapı 1 cm ve yüksekliği 10 cm olan tabanı G4 filtre malzemesi ile kapalı cam kolon kullanılmıştır. 250 mg adsorban kolona doldurulmuş ve üzeri ~0.1 g cam pamuğu ile kapatılmıştır.

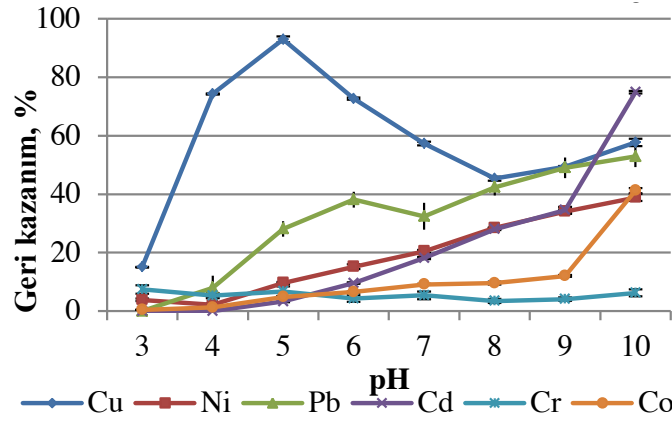
## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Seçicilik Çalışması ve pH Etkisi

Yöntemi optimize etmek için ilk olarak adsorban ile en yüksek geri kazanımın elde edildiği metal iyonu belirlenmiştir. Bu amaçla Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> iyonlarının ayrı ayrı 0.05 µg mL<sup>-1</sup> 50 mL

çözeltileri kullanılmıştır. pH 3-10 aralığında uygun tampon çözeltiler ile istenilen pH'a ayarlanmıştır. Çalışılan pH'a uygun 10 mL tampon çözelti ve daha sonra örnek çözeltisi kolondan geçirilmiştir. Adsorban üzerinde tutulan tüm metal iyonları için 10 mL 1 M HNO<sub>3</sub> çözeltisi eluent olarak kullanılmıştır. Örnek çözelti ve eluent çözeltisi akış hızları, peristaltik pompa ile 2 mL min<sup>-1</sup>'a ayarlanmıştır. Eluent çözeltisindeki metal iyonları ICP-OES cihazında tayin edilmiş ve

geri kazanımlar hesaplanmıştır. Metal iyonlarının zenginleştirilmesindeki pH etkisine ilişkin sonuçlar Şekil 2'de gösterilmiştir. Modifiye silika jelin Ni<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Cr<sup>3+</sup> ve Co<sup>2+</sup> iyonları ile karşılaştırıldığında Cu<sup>2+</sup> iyonlarına karşı pH 5'de yüksek seçicilik gösterdiği belirlenmiştir. Cu<sup>2+</sup>'nin zenginleştirme işlemi için uygun pH değerinin 5 olduğu belirlenmiş ve takip eden deneylere Cu<sup>2+</sup> çözeltileri pH 5'e ayarlanarak devam edilmiştir.



Şekil 2. Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Cr<sup>3+</sup> ve Co<sup>2+</sup>'in geri kazanımına pH etkisi

### Adsorban Miktarının Etkisi

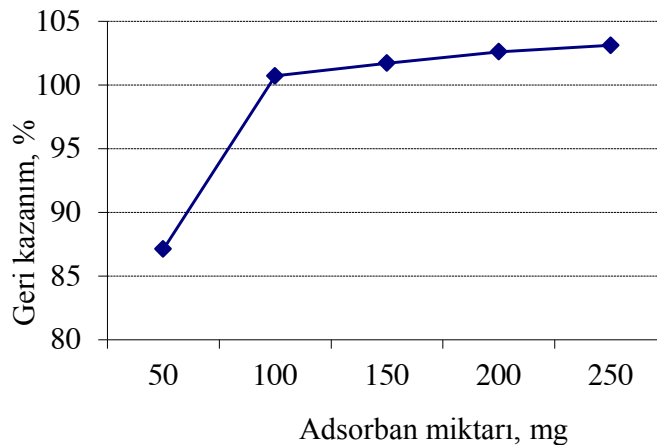
Adsorban miktarının optimize edildiği deneylerde 50-250 mg aralığında modifiye edilmiş silika jel ile doldurulmuş kolonlar ile çalışılmıştır. 0.05 µg mL<sup>-1</sup> Cu<sup>2+</sup> iyonu içeren 50 mL çözeltiler kullanılmıştır. 10 mL 1 M HNO<sub>3</sub> çözeltisi eluent olarak kullanılmıştır.

Örnek çözelti ve eluent çözeltisi akış hızları, peristaltik pompa ile 2 mL min<sup>-1</sup>'a ayarlanmıştır. Şekil 3'de

görüldüğü gibi adsorban miktarı arttıkça geri kazanımların da arttığı belirlenmiştir. 100 mg'dan itibaren kantitatif sonuçlar elde edilmiştir.

Adsorban miktarı 100-250 mg aralığında geri kazanım yüzdesinin % 95'in üzerinde olduğu bulunmuştur.

Daha sonraki zenginleştirme çalışmaları için 100 mg adsorban kullanılmıştır.



Şekil 3. Cu<sup>2+</sup>'nin geri kazanımına adsorban miktarı etkisi



### Eluent Türü ve Hacminin Etkisi

Modifiye edilmiş silika jel kullanılarak gerçekleştirilen zenginleştirme çalışmalarında genellikle asit çözeltileri eluent olarak kullanılmaktadır. 0.5, 1.0, 1.5 ve 2.0 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl, CH<sub>3</sub>COOH, HNO<sub>3</sub> çözeltileri kullanılarak uygun eluent türü tespit edilmiştir. Deneyleerde eluent çözeltisi hacmi 10 mL kullanılmıştır. Çizelge 1'de verilen sonuçlara göre en yüksek geri kazanım H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltilerinde elde edilmiştir. Yüksek derişimlerdeki asit çözeltilerinin adsorbanın tekrar

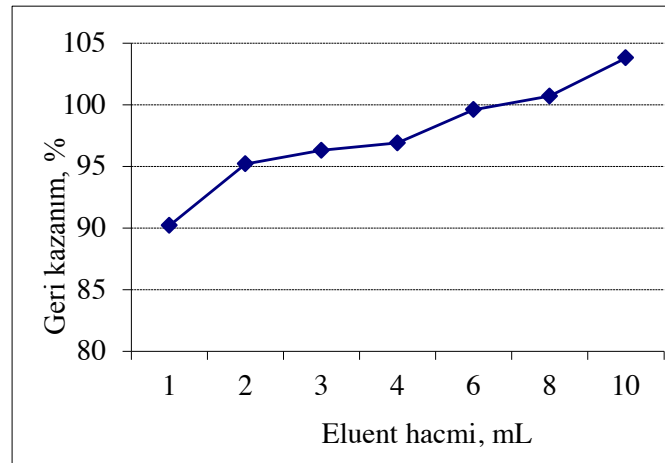
kullanılabilirliğini azaltması nedeniyle 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi uygun eluent olarak seçilmiş ve çalışmalara bu çözelti ile devam edilmiştir. Yüksek geri kazanımın elde edildiği eluent çözeltisi türü belirlendikten sonra, eluent çözeltisinin hacmi 1-10 mL aralığında incelenmiştir. Şekil 4'de eluent hacminin geri kazanım üzerine olan etkisi gösterilmiştir. 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'in 2 mL hacminden itibaren kantitatif sonuçlar elde edilmiştir. Bu nedenle bundan sonraki çalışmalarda eluent olarak 2 mL 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisi kullanılmıştır.

Çizelge 1. Cu<sup>2+</sup>'ın geri kazanımı üzerine eluent türünün etkisi

Eluent türü	HNO <sub>3</sub>	HCl	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HAc
0.5 M	94.5	92.9	98.0	40.9
1.0 M	93.7	91.7	97.5	43.2
1.5 M	94.8	93.8	98.2	44.8
2.0 M	95.2	92.6	98.3	45.7

Zenginleştirme yöntemine örnek çözeltisi ve eluent çözeltisi akış hızlarının etkisi 1-5 mL min<sup>-1</sup> aralığında incelenmiştir. Kolondan geçen örnek ve eluent çözeltilerinin akış hızları peristaltik pompa ile

kontrol edilmiştir. Örnek akış hızı 4 mL min<sup>-1</sup>, eluent akış hızı için ise 2 mL min<sup>-1</sup> optimum akış hızları olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. Cu<sup>2+</sup>'ın geri kazanımına eluent hacminin etkisi

### Örnek Çözeltisi Hacminin Etkisi

Zenginleştirme işlemi için uygulanabilir en yüksek örnek çözeltisi hacminin belirlenmesi amacıyla optimum çalışma koşulları altında, 0.05 µg mL<sup>-1</sup> Cu<sup>2+</sup> iyonu içeren ve hacimleri 50-750 mL aralığında değişen bir seri çözelti hazırlanmış ve kolondan geçirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde 50-500 mL aralığındaki örnekler için kantitatif sonuçlar

elde edilmiştir. Bu yöntemle uygulanabilir en yüksek çözelti hacmi 500 mL olarak belirlenmiştir.

### Girişim Yapan İyonların Etkisi

Su örneklerinde bulunma olasılığı yüksek olan Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> ve Mg<sup>2+</sup> gibi alkali ve toprak alkaliler, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> anyonları, Fe<sup>3+</sup>, Zn<sup>2+</sup> iyonlarının girişim etkisi çalışılmıştır. Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>

ve  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $CO_3^{2-}$  iyonlarının  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  derişimlerinin girişim etkileri çalışılmıştır.  $Fe^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$  iyonlarının da  $10 \text{ mg L}^{-1}$  derişimlerinin girişim etkileri çalışıldı. Sonuçlar Çizelge 2’de görülmektedir. Çalışılan iyonların,  $Cu^{2+}$ ’ın üzerine pozitif veya negatif girişim etkisi olduğu görülmüştür. Ancak elde edilen geri kazanımlarda %

$10^7$ ’dan fazla bir değişim olmadığı tespit edilmiştir. Sadece  $Fe^{3+}$  iyonlarının girişim etkisi gözlenmiş ve  $Cu^{2+}$  iyonu için % 76.8 geri kazanım elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre girişim yapabilecek iyonların yüksek derişimlerinden etkilenmediği ve adsorbanın  $Cu^{2+}$  iyonları için yüksek seçicilik gösterdiği belirlenmiştir.

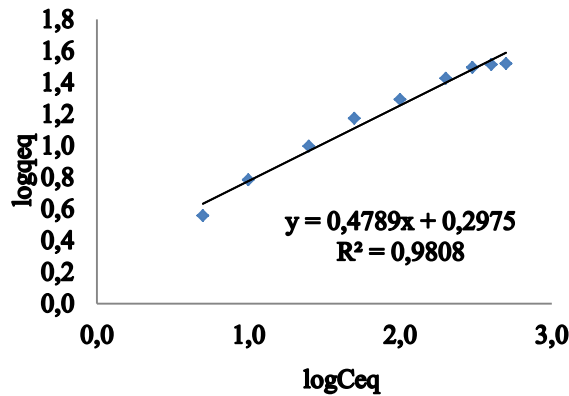
**Çizelge 2.**  $Cu^{2+}$ ’in geri kazanımı üzerine diğer iyonların etkisi (N=3)

İyon	Bileşik	Derişim ( $\text{mg L}^{-1}$ )	Geri Kazanım, %
$Na^+$	NaCl	1000	107.6
$K^+$	KCl	1000	101.7
$Mg^{2+}$	$MgCl_2$	1000	109.4
$Ca^{2+}$	$CaCl_2$	1000	107.7
$Cl^-$	NaCl	1000	109.8
$SO_4^{2-}$	$Na_2SO_4$	1000	90.8
$PO_4^{3-}$	$Na_2HPO_4$	1000	95.4
$CO_3^{2-}$	$Na_2CO_3$	1000	92.6
$Fe^{3+}$	$Fe(NO_3)_3$	10	76.8
$Zn^{2+}$	$Zn(NO_3)_2$	10	90.3

### Adsorpsiyon ve Kapasite Özellikleri

Adsorbanın metal iyonlarını tutma kapasitesinin belirlenmesi, zenginleştirme çalışmaları için çok önemli olmamakla beraber, çevre örneklerinden ağır metal kirliliğini uzaklaştırmasındaki potansiyelini ortaya koyması bakımından önemlidir. Modifiye silika jel adsorbanının  $Cu^{2+}$  adsorpsiyon kapasitesi optimize edilmiş koşullar altında batch yöntem ile çalışılmıştır. Bu amaçla  $5-500 \text{ mg L}^{-1}$   $Cu^{2+}$  iyonlarını içeren pH’ı 5.0’e ayarlanan 10 mL çözeltiler hazırlanmıştır. Bu çözeltilerin her birine 100 mg

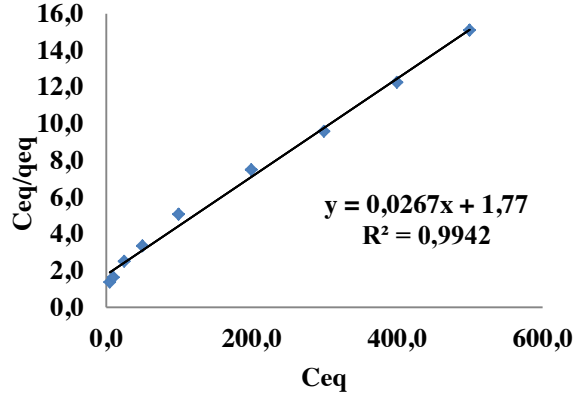
adsorban eklenmiş ve 1 saat süresince karıştırılmıştır. Daha sonra çözeltiler süzölmüş ve süzöntüde  $Cu^{2+}$  derişimi ICP-OES ile tayin edilmiştir.  $Cu^{2+}$ ’ın başlangıç ve denge derişimleri arasındaki fark bulunarak adsorban tarafından adsorplanan derişim hesaplanmıştır. Deneysel verilerden adsorplanan  $Cu^{2+}$  kütesinin (mg) kullanılan adsorban kütesine (g) bölünmesiyle adsorpsiyon kapasitesi değerleri (q) hesaplanmıştır. Elde edilen veriler ile çizilen grafiklerden Freundlich veya Langmuir adsorpsiyon izotermlerine uygunluğu saptanmıştır.



**Şekil 5.**  $Cu^{2+}$ ’in adsorpsiyon sonuçlarından elde edilen Freundlich eğrisi

Adsorpsiyon izoterm eğrileri, adsorban üzerinde adsorplanan madde miktarı ile sıvı içerisinde çözülmüş halde bulunan madde miktarı arasındaki ilişkiyi açıklamak için kullanılmaktadır. Modifiye edilmiş

silika jel ile Cu<sup>2+</sup> iyonlarının adsorpsiyonu Freundlich ve Langmuir izotermi kullanılarak modellenmiştir. Şekil 5’de Freundlich eğrisi, Şekil 6’da Langmuir eğrisi gösterilmiştir.



Şekil 6. Cu<sup>2+</sup> in adsorpsiyon sonuçlarından elde edilen Langmuir eğrisi

Freundlich izotermi ve Langmuir izotermi ile ilgili korelasyon katsayılarını karşılaştırdığımızda, adsorpsiyon Langmuir modeline daha iyi uygunluk göstermiştir. Ayrıca bu adsorbanın yüzeyinin homojen olduğu da bu modele uygunluğu sebebiyle

söylenmiştir. Çizelge 3’de literatürde yer alan bazı modifiye edilmiş silika jel adsorbanları ile Cu<sup>2+</sup> için elde edilen soğurum kapasitelerinin karşılaştırılması gösterilmiştir.

Çizelge 3. Literatürde yer alan adsorbanların soğurum kapasiteleri

Ligand	Adsorban kütlesi (mg)	Kapasite (µmol g <sup>-1</sup> )	Referans
İzonitrosoasetofenon antranolhidrazin	100	385	Bu çalışma
5-Formil-8-hidroksi-kinolin	1000	448	Goswami and Singh, 2002
2,4-Diklorofenoksi-asetik asit	200	440	Alexandre et al., 2001
o-Dihidroksibenzen	1000	348	Venkatesh et al., 2003
Amidotitoamido-antrakininon	60	300	Ngeontae et al., 2009

### Analitik Özellikler ve Uygulamalar

Zenginleştirme yönteminin gözlenebilirlik sınırı, 50 mL 5 µg L<sup>-1</sup> Cu<sup>2+</sup> içeren çözelti kullanılarak belirlenmiştir. Cu<sup>2+</sup> içeren çözelti optimum şartlar altında kolondan geçirilmiş, elue edilmiş ve 10 kez tekrarlanmıştır. Yöntemin gözlenebilirlik sınırı (LOD) 0.265 µg L<sup>-1</sup>, tayin sınırı ise 0.803 µg L<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır.

Geliştirilen zenginleştirme yöntemi, belirlenen en uygun şartlar altında çalışılan metal iyonlarının

Aydın şehir suyunda, piyasada satılan şişelenmiş kaynak suyunda ve Ege Denizinden alınan deniz suyu örneklerinde Cu<sup>2+</sup> tayini için uygulanmıştır. Sonuçlar, Çizelge 4’de verilmiştir.

Bulunan sonuçlardan hesaplanan geri kazanım değerleri, yaklaşık olarak % 82–93 aralığında değişiklik göstermiştir. Sonuçlardan, zenginleştirme yönteminin standart çalışma çözeltilerinde olduğu gibi gerçek su örneklerinde de doğruya yakın ve güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür.

Çizelge 4. Çeşitli su örneklerinde Cu<sup>2+</sup> tayini sonuçları

Su örneği	Eklene (µg L <sup>-1</sup> )	Bulunan (µg L <sup>-1</sup> )	Geri Kazanım
Aydın şehir suyu	0	8.5 ± 0.4	-
	5	13.1 ± 0.8	92
	10	17.3 ± 0.9	88
Kaynak suyu	0	TSA	-
	5	4.5±0.4	90
	10	9.3±0.2	93
Deniz suyu	0	6.7±1.0	-
	5	10.8±0.5	82
	10	15.6±0.8	89

Zenginleştirme yönteminin doğruluğunu göstermek üzere, yöntem "Community Bureau of Reference, Belgium" enstitüsünden sağlanan (BCR 610- yer altı suyu) standart referans maddeye uygulanmıştır. Yer altı suyu örneğinin Cu için referans değeri  $45.7 \pm 1.5 \mu\text{g L}^{-1}$ 'dir. Yer altı suyu örneğinden 40 mL alınmış ve pH'ı 5'e ayarlandıktan sonra 50 mL'ye seyreltilmiştir. Geliştirilen zenginleştirme yönteminin uygulanması sonucu hesaplanan değer  $47.6 \pm 3.1 \mu\text{g L}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Referans maddenin uygulama sonucu elde edilen geri kazanım değeri 104.2 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuç, referans değeri ile uyumlu olarak bulunmuştur.

## SONUÇ

Bu çalışmada izonitrosoasetofenon antranolhidrazin immobilize edilmiş silika jel kullanılarak Cu<sup>2+</sup> iyonunun ayırma ve zenginleştirme şartları araştırılmıştır. Adsorbanın Cu<sup>2+</sup> iyonları için pH

5'de oldukça seçici olduğu yapılan deneysel çalışmalar sonucu tespit edilmiştir. Kolonda tutulan Cu<sup>2+</sup> iyonlarının düşük derişimdeki asit çözeltisi olan 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile kolayca elue edilebildiği belirlenmiştir. Maksimum zenginleştirme faktörü, 500 mL örnek hacmi için 250 olarak bulunmuştur. Yöntemin bazı alkali, toprak alkali, metal iyonlarının ve anyonların girişim etkilerini tolere edebildiği belirlenmiştir. Bu yöntemle Cu<sup>2+</sup> iyonlarının zenginleştirilmesi için organik çözümlerin kullanımına ihtiyaç duyulmamıştır.

Su örneklerinde özellikle deniz suyunda Cu<sup>2+</sup> tayini için oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Yöntemin iz düzeylerdeki Cu<sup>2+</sup> iyonlarının zenginleştirilmesi için, kolay, hızlı ve düşük maliyetli olduğu belirlenmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FEF 13004 nolu proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Akl MAA, Kenawy IMM, Lasheen RR, 2004. Originally modified silica gel and flame atomic absorption spectrometry: employment for separation and preconcentration of nine trace heavy metals for their determination in natural aqueous systems. *Microchemical Journal*. 78: 143-156.
- Alexandre G, Prado S, Airoidi C, 2001. Adsorption, preconcentration and separation of cations on silica gel chemically modified with the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. *Analytica Chimica Acta*. 432: 201-211.
- Bartyzel A, Cukrowska EM, 2011. Solid phase extraction method for the separation and determination of chromium(III) in the presence of chromium(VI) using silica gel modified by N,N-bis-(2-methylsalicylidene)-2,2-dimethyl-1,3-propanediimine. *Analytica Chimica Acta*. 707: 204-209.

- Botes PJ, 2003. Investigation of mobility of trace elements in river sediments using ICP-OES. University of Pretoria, MS Thesis, Pretoria, 144 p.
- Bulut VN, Demirci H, Ozdes D, Gundogdu A, Bekircan O, Soylak M, Duran C, 2016. A novel carrier element-free co-precipitation method for separation/preconcentration of lead and cadmium ions from environmental matrices. *Environmental Progress & Sustainable Energy*. 35: 1709-1715.
- Camel V, 2003. Solid phase extraction of trace elements. *Spectrochimica Acta Part B*. 58: 1177-1233.
- Cheng H, Wu C, Shen L, Liu J, Xu Z, 2014. Online anion exchange column preconcentration and high performance liquid chromatographic separation with inductively coupled plasma mass spectrometry detection for mercury speciation analysis. *Analytica Chimica Acta*. 828: 9-16.

- Goswami A, Singh AK, 2002. 1,8- Dihydroxyanthraquinone anchored on silica gel: synthesis and application as solid phase extractant for lead(II), zinc(II) and cadmium(II) prior to their determination by flame atomic absorption spectrometry. *Talanta*. 58: 669-678.
- Gouda AA, 2014. Cloud point extraction, preconcentration and spectrophotometric determination of trace amount of manganese(II) in water and food samples. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 131: 138-144.
- Gup R, Giziroğlu E, 2006. Metal complexes and solvent extraction properties of isonitrosoacetophenone 2-aminobenzoylhydrazone. *Spectrochimica Acta Part A*. 65: 719-726.
- Gupta K, Sutar AK, 2008. Catalytic activities of Schiff base transition metal complexes. *Coordination Chemistry Reviews*. 252: 1420-1450.
- Hartmann G, Schuster M, 2013. Species selective preconcentration and quantification of gold nanoparticles using cloud point extraction and electrothermal atomic absorption spectrometry. *Analytica Chimica Acta*. 761: 27-33.
- Huang X, Chang X, He Q, Cui Y, Zhai Y, Jiang N, 2008. Tris(2-aminoethyl) amine functionalized silica gel for solid-phase extraction and preconcentration of Cr(III), Cd(II) and Pb(II) from waters. *Journal of Hazardous Materials*. 157: 154-160.
- Kumar S, Dhar DN, Saxena PN, Kanpur IIT, 2009. Applications of metal complexes of Schiff bases-A review. *Journal of Scientific and Industrial Research*. 68: 181-187.
- Li Q, Zheng H, Zhu Z, Tang Z, 2014. Electrodeposition as a preconcentration and sample preparation technique for trace selenium and tellurium determination by x-ray fluorescence spectrometry. *Analytical Letters*. 47: 843-854.
- Mandlate JS, Soares BM, Seeger TS, Vecchia PD, Mello PA, Flores EMM, Duarte FA, 2017. Determination of cadmium and lead at sub-ppt level in soft drinks: An efficient combination between dispersive liquid-liquid microextraction and graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*. 221: 907-912.
- Mizuike A, 1986. Preconcentration techniques for inorganic trace analysis. *Fresenius Zeitschrift für Analytische Chemie*. 324: 672-677.
- Ngeontae W, Aeungmaitrepirom W, Tuntulani T, Imyim A, 2009. Highly selective preconcentration of Cu(II) from seawater and water samples using amidoamidoxime silica. *Talanta*. 78: 1004-1010.
- Prado AGS, Tosta AH, Airoidi C, 2004. Adsorption, separation, and thermochemical data on the herbicide picloram anchored on silica gel and its cation interaction behavior. *Journal of Colloid and Interface Science*. 269: 259-264.
- Shamsipur M, Ghiasvand AR, Sharghi H, Naeimi H, 2000. Solid phase extraction of ultra trace copper(II) using octadecyl silica membrane disks modified by a naphthol-derivative Schiff's base. *Analytica Chimica Acta*. 408: 271-277.
- Singh AK, Gupta VK, Gupta B, 2007. Chromium (III) selective membrane sensors based on Schiff bases as chelating ionophores. *Analytica Chimica Acta*. 585: 171-178.
- Soylak M, Unsal YE, Tuzen M, 2011. Spectrophotometric determination of trace levels of allura red in water samples after separation and preconcentration. *Food and Chemical Toxicology*. 49: 1183-1187.
- Tezcan R, Tezcan H, 2007. *Metaller Kimyası; Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, Türkiye*, 288 s.
- Varbanova EK, Angelov PA, Stefanova VM, 2016. Study of 3-Ethylamino-but-2-enoic acid phenylamide as a new ligand for preconcentration of lanthanides from aqueous media by liquid liquid extraction prior to ICP-MS analysis. *Talanta*. 160: 389-399.
- Venkatesh G, Singh AK, Venkataramani B, 2003. 8-Hydroxyquinoline anchored to silica gel via new moderate size linker: synthesis and applications as a metal ion collector for their flame atomic absorption spectrometric determination. *Talanta*. 60: 1141-1154.
- Wei GT, Yang Z, Chen CJ, 2003. Room temperature ionic liquid as a novel medium for liquid/liquid extraction of metal ions. *Analytica Chimica Acta*. 488: 183-192.
- Yu HM, Song H, Chen ML, 2011. Dithizone immobilized silica gel on-line preconcentration of trace copper with detection by flame atomic absorption spectrometry. *Talanta*. 85: 625-630.
- Zouab X, Cuic Y, Changa X, Zhua X, Hua Z, Yanga D, 2009. Silica gel surface modified with sulfanilamide for selective solid-phase extraction of Cu(II), Zn(II) and Ni(II). *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 89: 1043-1055.



## Effect of Co-B Catalyst Synthesized in Methanol on the Hydrolysis of Sodium Borohydride

Mehmet Sait İZGİ<sup>1</sup>, Ömer ŞAHİN<sup>1</sup>, Erhan ONAT,<sup>2</sup> Sabit HOROZ<sup>3</sup>

**ABSTRACT:** In this study, the effect of parameters such as treatment time, temperature, amount of catalyst and the NaBH<sub>4</sub> concentration were investigated on the catalytic activity of Co-B catalyst synthesized in methanol and the optimum conditions were determined. The maximum hydrogen generation rate was found as 2200 mLH<sub>2</sub>/min.g.catalyst for Co-B catalyst synthesized in methanol while 600 mLH<sub>2</sub>/min.g.catalyst was found for Co-B catalyst synthesized in water. The activation energy was found as 34.694 kJ/mol for Co-B catalyst prepared in methanol. Consequently, our results suggest that the cold plasma treatment with different conditions can be used as a promising technique to enhance the catalytic activity of Co-B catalyst prepared in the methanol.

**Keywords:** Co-B catalyst, cold plasma treatment, methanol, sodium borohydride.

## Metanolde Sentezlenen Co-B Katalizörün Sodyum Hidrolizi Üzerine Etkisi

**ÖZET:** Bu çalışmada, metanol içinde sentezlenen Co-B katalizörünün etkinliğini arttırmak için alternatif bir yöntem olarak soğuk bir plazma yöntemi seçilmiştir. İşlem süresi, sıcaklık, katalizör miktarı ve NaBH<sub>4</sub> konsantrasyonları gibi parametrelerin Co-B katalizörün katalitik aktivitesi üzerindeki etkisi araştırılmış ve optimum koşullar belirlenmiştir. Maksimum hidrojen üretim oranı, metanolde sentezlenen Co-B katalizörü için 2200 mLH<sub>2</sub>/min.g. katalizör olarak bulunurken, suda sentezlenen Co-B katalizörü için 600 mLH<sub>2</sub>/min.g. katalizör olarak bulunmuştur. Metanolde hazırlanan Co-B katalizörü için aktivasyon enerjisi 34.694 kJ/mol olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, sonuçlarımız, farklı koşullardaki soğuk plazma işleminin, metanolde hazırlanan Co-B katalizörünün katalitik aktivitesini arttırmak için umut verici bir teknik olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Co-B katalizörü, soğuk plazma işlemi, metanol, sodyum borhidür.

<sup>1</sup> Mehmet Sait İZGİ (0000-0003-3685-3219), Ömer ŞAHİN (0000-0003-4575-3762), Siirt Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği, Siirt, Türkiye  
<sup>2</sup> Erhan ONAT (0000-0003-1638-0151), Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Bölümü, Bitlis, Türkiye  
<sup>3</sup> Sabit HOROZ (0000-0002-3238-8789), Siirt Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Siirt, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Mehmet Sait İZGİ, saitzgi@hotmail.com

## INTRODUCTION

Hydrogen can be produced using a wide variety of techniques without the emission of pollutants and greenhouse gases, and as technology improves, production costs are targeted to reach levels comparable to other sources. Nowadays, hydrogen is produced by catalytic conversion from natural gas or hydrolysis of water. However, these methods are not fast enough and flexible for portable PEM fuel cells. For this reason, small-scale hydrogen generator systems, which can quickly supply pure hydrogen, are gaining importance (Fakeeha et al., 2016; Ismaev et al., 2016; Izgi et al., 2017; Gupta et al., 2005; Balat, 2008; Niwa et al., 2012).

Chemical hydrides which are stable, non-combustible, and non-toxic in nature, have 10.8% of hydrogen storage capacity (Sahin et al., 2015; Liang et al., 2008; Qiming et al., 2012). Sodium borohydride ( $\text{NaBH}_4$ ) is one of these chemical hydrides. The hydrolysis of  $\text{NaBH}_4$  with water was shown by Schlesinger et al (Schlesinger et al., 1953).

Heterogeneous and homogeneous catalysts such as Ni (Ingersoll et al., 2007), Co (Fernandes et al, 2009), Co-B (Izgi, 2015), Co-B-Cr (Izgi et al., 2015), Co-Cu-B (Izgi et al., 2016), Co-B-P (Sahin et al., 2016) and Co-B-F (Cho et al., 2007) were used to carry out the process of  $\text{NaBH}_4$ . Unlike the homogeneous catalysts, the heterogeneous catalysts have some advantages such as longer operation of catalyst, easy separation of catalyst from the sodium meta-borate ( $\text{NaBO}_2$ ) solution, and there is no formation of other byproducts apart from  $\text{NaBO}_2$  during the process (Fakeeha et al, 2016; Saka et al., 2015; Benitez et al, 1997; Isha et al., 2012;). Among these catalysts, the Co-B is a good candidate for hydrogen generation owing to its high activity and low cost (Krishann et al., 2009; Ozdemir et al., 2013; Coskuner et al., 2014).

Generally, the water has been used as solvolytic agent for generation hydrogen from the hydrolysis of  $\text{NaBH}_4$ . However, during past decades, some reports showed that methanol can be used as solvolytic solvent as an alternative to the use of water (Schlesinger et al., 1953; Fernandes et al., 2009; Ocon et al., 2013; Kim et al., 2004).

In our present study, the methanol was used as solvolytic agent for generation hydrogen from the hydrolysis of  $\text{NaBH}_4$  for the first time. Before the cold plasma treatment was applied, 10% of NaOH concentration was determined as the most efficient concentration of NaOH on the  $\text{NaBH}_4$  hydrolysis of the Co-B catalyst synthesized in the methanolic medium. The effect of parameters such as treatment time, temperature, amount of catalyst and the  $\text{NaBH}_4$  concentration were investigated on the catalytic activity of Co-B catalyst and the optimum conditions were determined. The Co-B catalyst was characterized by XRD, SEM, BET and FTIR measurements. Consequently, the results suggest that the methanol can be used as an alternative solvent to increase the activity of Co-B catalyst.

## MATERIAL AND METHOD

### Preparation

The chemical reduction method was used to synthesize Co-B catalyst for production of hydrogen from sodium borohydride solutions.  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  as Co source and  $\text{NaBH}_4$  as B source were utilized for preparation of Co-B catalyst in the methanol. In typical the chemical reduction method; After about 1.25 g of  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  was dissolved in 50 mL of methanol, this solution, which was placed in a 250 mL three-necked balloon, was cooled to about 2-4 °C and 1.25 g of sodium borohydride dissolved in methanol was slowly added drop wise with vigorous stirring. Once a black precipitate was obtained, it was washed several times with absolute ethanol to remove foreign substances in the precipitate. The final product was dried in  $\text{N}_2$  at 110 °C for 8 hours to obtain Co-B catalyst.

The cold plasma treatment was applied on the Co-B catalyst after the synthesis process was completed. The effect of parameters such as treatment time (0, 10 min, 20 min, and 30 min), temperature (30 °C, 40 °C, 50 °C and 60 °C), and amount of catalyst (0.0125g, 0.025g, 0.05g, 0.75g, 0.25g) were investigated on the catalytic activity of Co-B catalyst and the optimum conditions were determined.



## Characterization

X-ray diffraction (XRD on a Bruker D8 Advance X-ray diffractometer with Cu K $\alpha$  source and scanning electron microscope (SEM) (JEOL JSM 5800) were used to analyze structural and morphological properties, respectively. The porous properties of catalyst were examined using N<sub>2</sub> adsorption

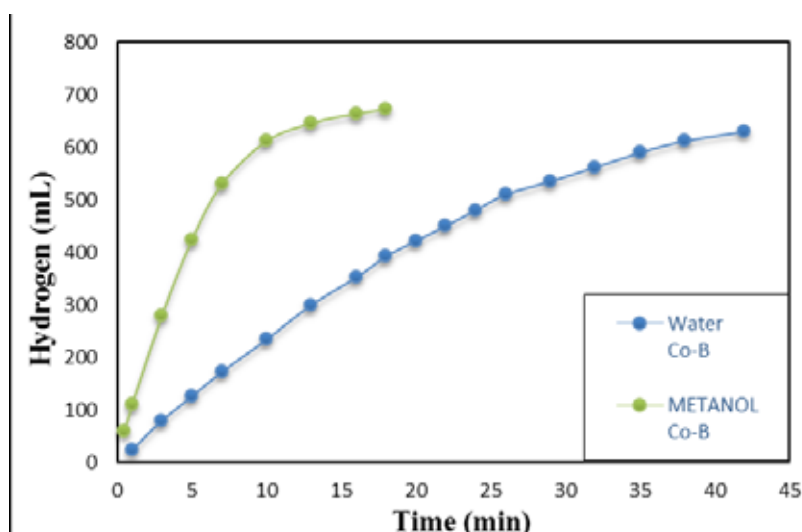
studies. The measurements were carried out on Micromeritics ASAP 2000 with adsorptive and desorptive apparatus and the Co-B catalyst were pretreated in vacuum at 350 °C for 20 h before the measurements. The surface area was calculated from the isotherms using the Brunauer Emmette Teller (BET) equation.

## RESULT AND DISCUSSIONS

### Effect of Solvent Type

In this study, methanol and water were used as the reducing medium for the Co-B catalyst. The reason of using different solvents is to see how

different solvent environments affect the catalytic activity and particle size of the catalyst. The time-dependent change in hydrogen gas volumes obtained using these catalysts in the hydrolysis of NaBH<sub>4</sub> catalysts is given in Figure 1.

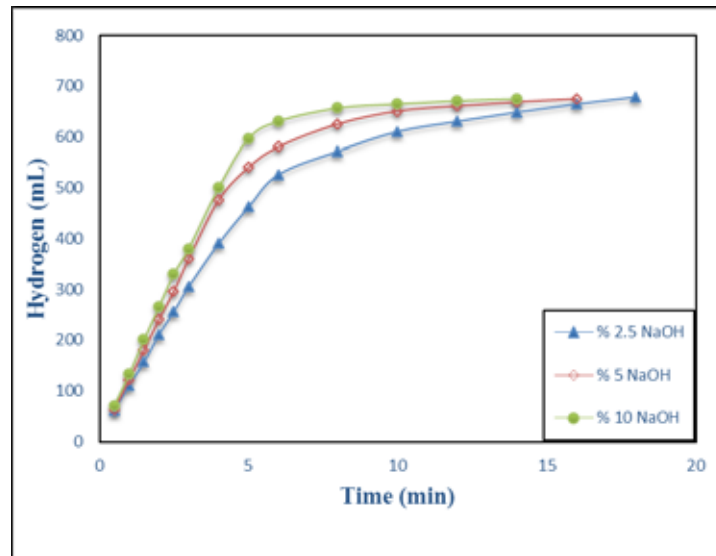


**Figure 1.** The effect of solvent type on the hydrolysis of NaBH<sub>4</sub> with Co-B catalyst synthesized in different solvents (NaOH concentration: 10%, catalyst amount: 25 mg, NaBH<sub>4</sub> concentration: 2.5%, reaction temperature: 30 °C).

As can be seen in Figure 1, when methanol was used as the reducing medium of the reaction catalyst, the reaction was completed in 20 minutes with the same temperature and amount of catalyst while water was used as the solvent, the hydrolysis with the catalyst obtained was completed in 40 minutes. Thus, it has been determined that the most effective catalyst for the hydrolysis of NaBH<sub>4</sub> is the Co-B catalyst synthesized in the methanol environment.

### Effect of NaOH Concentration

Since NaBH<sub>4</sub> spontaneously degrades, NaOH should be used to stabilize the environment. In this regard, NaOH was used at different concentrations in the initial environment of hydrolysis to provide stability of the NaBH<sub>4</sub>. The most effective NaOH concentration on the NaBH<sub>4</sub> hydrolysis of the Co-B catalyst synthesized in the methanolic medium was determined to be 10% as shown in Figure 2.

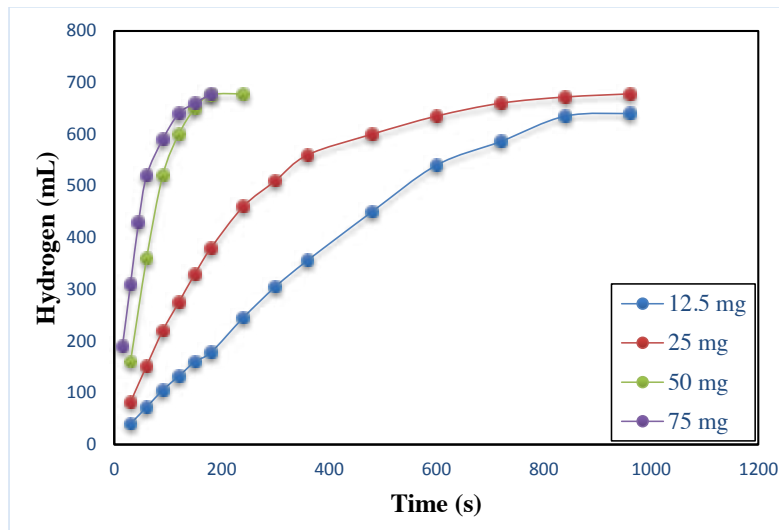


**Figure 2.** Effect of Co-B catalyst synthesized in methanol in  $\text{NaBH}_4$  hydrolysis at different NaOH concentrations (30 °C, 2.5%  $\text{NaBH}_4$ , 25 mg of catalyst, 10 mL of solution).

### Effect of different amounts of Co-B catalyst

The data for experiments in which the effect of different amounts of catalyst (12.5-75 mg) on the hydrolysis of  $\text{NaBH}_4$  was examined with the Co-B catalyst

synthesized in the methanolic medium being the same as the variables used in previous experiments (NaOH concentration,  $\text{NaBH}_4$  percentage, temperature, solution volume) are given in Figure 3.



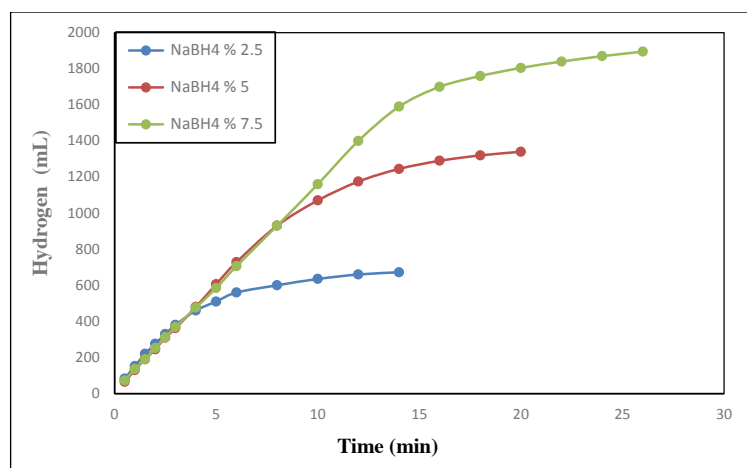
**Figure 3.** Effect of different catalyst amounts of Co-B catalyst synthesized in methanol on  $\text{NaBH}_4$  hydrolysis (30 °C, 2.5%  $\text{NaBH}_4$ , 10% NaOH, 10 mL solution).

As shown in Figure 3, hydrolysis of the  $\text{NaBH}_4$  completed in a shorter time with the increasing amount of catalyst. It can be explained that there is no connection between the amount of catalyst and the rate of hydrogen production. It can be said that only the amount of  $\text{NaBH}_4$  per unit catalyst is caused by the reduction in the  $\text{NaBH}_4$

concentration, depending on the amount of catalyst that is increasing; This depends on the increasing amount of catalyst.

### Effect of $\text{NaBH}_4$ Concentration

Figure 4 demonstrates effect of  $\text{NaBH}_4$  concentration on the hydrolysis of  $\text{NaBH}_4$ .



**Figure 4.** Effect of sodium borohydride concentrations on NaBH<sub>4</sub> hydrolysis with Co-B catalyst synthesized in methanol (NaOH concentration: 10%, catalyst amount: 25 mg, reaction temperature: 30 °C).

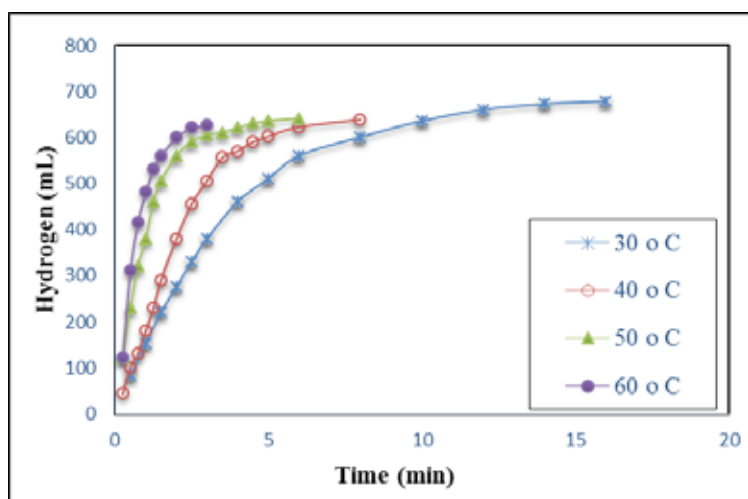
As the NaBH<sub>4</sub> concentration rises, the rate of hydrogen production steadily increases. The possible reason for this is related to the hydrogen content in NaBH<sub>4</sub>. With increasing NaBH<sub>4</sub> concentration, the hydrogen content is risen and accordingly the hydrogen production rate is increased.

Hydrogen production at different NaBH<sub>4</sub> concentration confirms this interpretation. Because the rate of hydrogen production at 2.5% NaBH<sub>4</sub> concentration was 1920 mLH<sub>2</sub>/min.g.catalyst while the rate

of hydrogen production at 7.5% concentration was 3116 mLH<sub>2</sub>/min.g.catalyst.

#### Effect of Reaction Temperature”

As can be seen in Figure 5, the NaBH<sub>4</sub> hydrolysis reaction rate of the Co-B catalyst at different temperatures increases as the temperature of the solution medium increases with the same amount of catalyst and the same NaBH<sub>4</sub> concentration. It was observed that the change of the hydrogen gas volume with time is not linear at different temperatures.



**Figure 5.** Effect of temperatures on hydrolysis of NaBH<sub>4</sub> with Co-B catalyst synthesized in methanolic medium (NaOH concentration: 10%, catalyst amount: 25 mg, NaBH<sub>4</sub> concentration: 2.5% ).

The degree of reaction was determined by applying the first-order kinetic model to the effect of the behavi-

or of the Co-B catalyst synthesized in the methanolic medium on NaBH<sub>4</sub> hydrolysis.

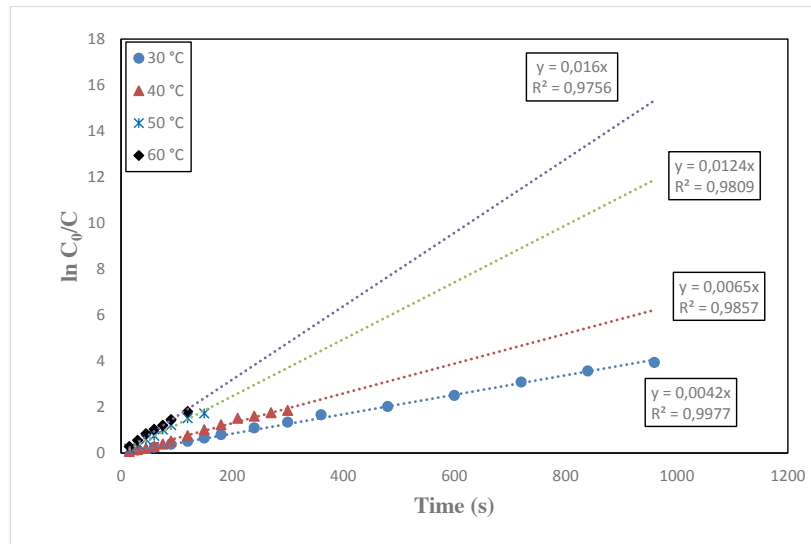
$$-r_{\text{NaBH}_4} = -\frac{dC_{\text{NaBH}_4}}{dt} = kC_{\text{NaBH}_4} \quad (1)$$

If the Equation 1 was integrated, the rate of hydrogen production shown in Equation 2 was obtained.

$$\ln\left(\frac{C_{\text{NaBH}_4}(t=0)}{C_{\text{NaBH}_4}(t=t)}\right) = kt \quad (2)$$

Kinetic evaluation was performed for 30 °C, 40 °C, 50 °C and 60 °C using the Equation 2. Figure 6 indicates the variation between concentrations of NaBH<sub>4</sub> obtained at different temperatures and time and it was

observed that the change is linear. This shows us how the values of the first order and the reaction rate constants are suitable.



**Figure 6.** The first order reaction kinetics (10 mL solution, 2.5% NaBH<sub>4</sub>, 25 mg catalyst, 10% NaOH) of Co-B catalyst synthesized in the methanolic medium.

Using the reaction rate constants obtained at different temperatures, the Arrhenius equation was deter-

mined using Equations 3 and 4 to find the activation energy for the hydrolysis reaction.

$$k = A \cdot e^{-\frac{Ea}{RT}} \quad (3)$$

If both sides (ln) are taken in order to linearize Equation 3

$$\ln k = \ln A - \frac{Ea}{RT} \quad (4)$$

When the 1/T graph was plotted against the ln k values according to Equation 4, the activation energy was found from the slope of the line

obtained in Figure 7. According to these values obtained, the activation energy was determined as 34.694 kJ/mol.

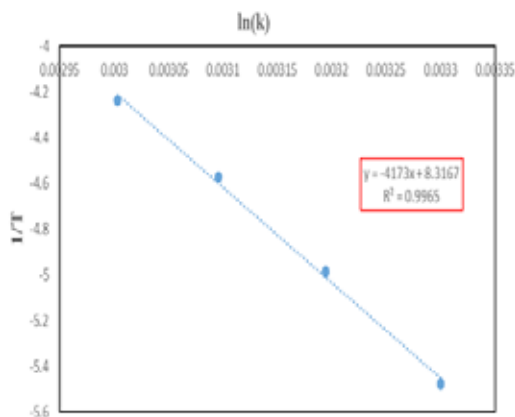


Figure 7. According to first order kinetic reaction, Arrhenius equality for the Co-B catalyst synthesized in methanol.

**Characterization of Co-B catalyst synthesized in methanol and water environments**

The characterization of the Co-B catalyst synthesized in water and methanol mediums was determined by BET, SEM, XRD and FT-IR analyzes, respectively.

**BET characterization of Co-B catalyst**

As is known, one of the important parameters affecting catalyst activity and performance is the surface area of the catalyst. Physical adsorption and desorption analyzes of our synthesized catalysts were also carried out. Only BET surface areas are given from these obtained values. The BET surface area of the Co-B catalyst synthesized with purified water was 148.248 m<sup>2</sup> / g

while the BET surface area synthesized in the methanol environment was 40.067 m<sup>2</sup> / g. The micropores for the catalyst constitute an important part of the inner surface. Macropores are needed as a transmitter to ensure that the correct diffusion is faster than micropores. The obtained results are SEM shown in Figure 8.

**SEM characterization of Co-B catalyst**

Figure 8 shows SEM images of Co-B catalyst synthesized in pure water and methanol. Compared to SEM images, it is clear that the grain structure is reduced with methanol. At the same time, the catalyst synthesized with methanol turns into a more regular structure and reduces agglomeration, which prevents the crystallization of the catalyst.

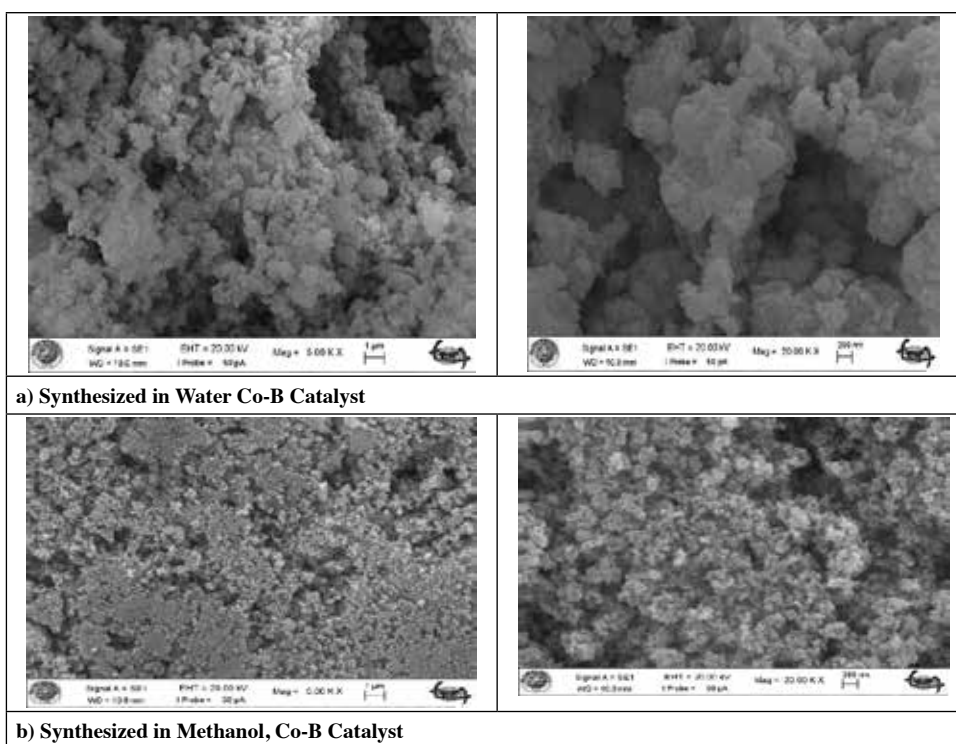


Figure 8. SEM images (a) Co-B catalyst synthesized with pure water (b) Co-B catalyst synthesized with methanol.

### XRD analysis of Co-B catalyst

As shown in Figure 9, the Co-B catalyst synthesized in pure water or methanolic environment exhibits an amorphous structure in XRD analysis.

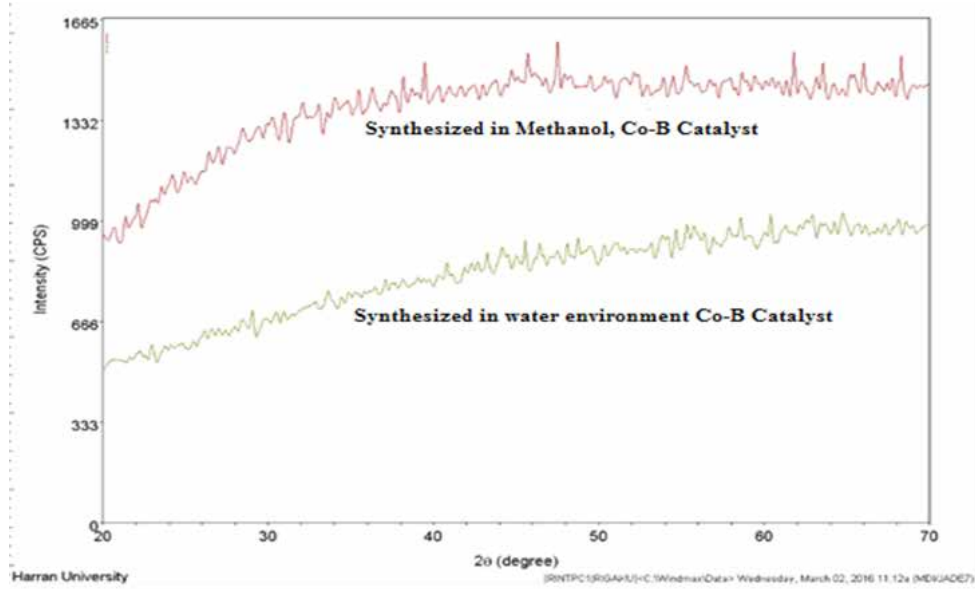


Figure 9. XRD of (a) Co-B catalyst synthesized with pure water (b) Co-B catalyst synthesized with methanol.

### FT-IR spectroscopy of Co-B catalyst

Figure 10 indicates the FT-IR results for the Co-B catalyst. As seen in the figures, there is no structural change in the synthesis of Co-B catalyst in pure water and methanol environments. As a result, it can be conc-

luded that when the the Co-B catalyst is synthesized with methanol in order to increase the catalytic activity of the Co-B catalyst, only the number of micro- and meso pores of the catalyst, which does not deteriorate its chemical structure, can be increased.

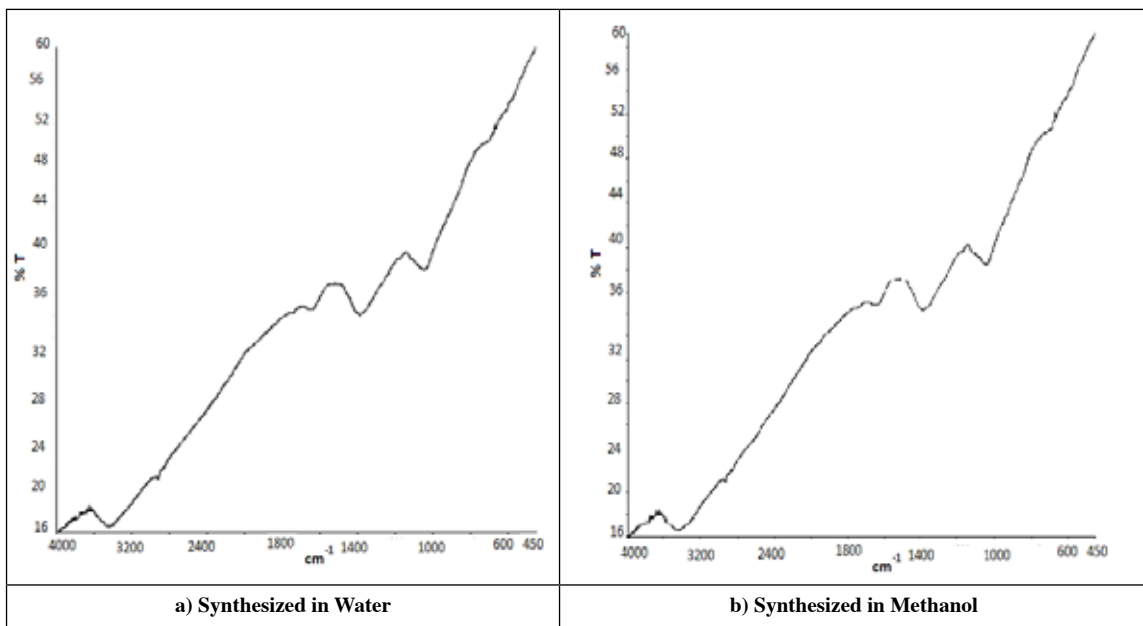


Figure 10. IR spectra of (a) Co-B catalyst synthesized with pure water (b) Co-B catalyst synthesized with methanol.

## CONCLUSIONS

Co-B catalyst was successfully synthesized in water and methanol for generation hydrogen from the hydrolysis of  $\text{NaBH}_4$ . The effect of solvolytic agent on the activity of Co-B catalyst was investigated and it was observed that the hydrogen production rate of hydrolysis reaction of  $\text{NaBH}_4$  with Co-B catalyst prepared in the methanol is completed in shorter time compare to one is synthesized in the water. The cold plasma treatment was applied on the Co-B catalyst which was prepared in methanol solvent. Before the cold plasma treatment was applied, 10% of NaOH concentration was determined as the most efficient concentration of NaOH on the  $\text{NaBH}_4$  hydrolysis of the Co-B catalyst synthesized in the methanolic medium. The effect of parameters such as treatment time, temperature, amount of catalyst and the  $\text{NaBH}_4$  concentration were investigated on the catalytic activity of Co-B catalyst and the optimum

conditions were determined. The hydrogen generation rate of Co-B catalyst synthesized in methanol is  $2200 \text{ mLH}_2/\text{min.g.catalyst}$ , while the value of the catalyst synthesized in pure water is  $600 \text{ mLH}_2/\text{min.g.catalyst}$ . At the same time, the initial rates of these values at  $t = 0$  were  $4635 \text{ mLH}_2/\text{min.g.catalyst}$  in methanol and the hydrogen production rate of Co-B catalyst in pure water was  $1063 \text{ mLH}_2/\text{min.g.catalyst}$  at  $t = 0$ . The activation energy was determined as  $34.694 \text{ kJ/mol}$  for Co-B catalyst prepared in methanol. It can be concluded that the cold plasma treatment may be used in the hydrogen generation from hydrolysis of  $\text{NaBH}_4$  in the presence of Co-B catalyst prepared in methanol.

## Acknowledgment

This study was supported by Scientific Research Projects Coordination Unit of Bitlis Eren University. Project No: BEBAP 2015.08.

## REFERENCES

- Balat M. 2008. Possible Methods for Hydrogen Production. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*. 31: 39-50.
- Benitez P, Delgado A, Farrera JA, Ribó JM. 1997. Preparation of  $\omega$ -Hydroxy Acids by Reduction of  $\alpha,\omega$ -Methylene Diesters with  $\text{NaBH}_4$ . *Synthetic Communications*. 27: 1697-1702.
- Cho KW, Kwon HS. 2007. Effects of electrodeposited Co and CoeP catalysts on the hydrogen generation properties from hydrolysis of alkaline sodium borohydride solution. *Catal. Today*. 120: 298-304
- Copkuner B, Kanturk, AF, Pişkin S. 2014. Sonochemical Approach to Synthesis of Co-B Catalysts and Hydrolysis of Alkaline  $\text{NaBH}_4$  Solutions. *Journal of Chemistry*. 185957.
- İzgi MS, 2015. Effect of microwave irradiated Co-B-Cr catalyst on the hydrolysis of sodium borohydride. *Energy Sources Part A Recovery Utilization and Environmental Effects*. 0562; 1-16.
- İzgi MS, Odemis O, Sahin O. 2016. Co-B-F ve Co-B-P Katalizörleri Kullanılarak  $\text{NaBH}_4$ 'den Hidrojen Üretimine NaOH'in Etkisi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 4: 55-64.
- İzgi MS, Pahin Ö, Ödemir Ö, Saka C. 2017. Microwave treatment and fluorine addition on Co-B catalyst to improve the hydrogen production rate. *Materials and Manufacturing Processes*. 1303159: 1-6.
- İzgi MS, Pahin Ö, Saka C. 2015. Hydrogen production from  $\text{NaBH}_4$  using Co-Cu-B catalysts prepared in methanol: Effect of plasma treatment. *Int. J. of Hydrogen Energy*. 41: 1600-1608.
- Fakeeha AH, Ibrahim AA, Khan WU, Abasaeed AE, Al-Fatesh AS. 2016. Hydrogen production by catalytic methane decomposition over Ni, Co, and Ni-Co/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  catalyst. *Petroleum Science and Technology*. 34: 1617-1623.
- Fakeeha, AH, Ibrahim AA, Khan WU, Abasaeed AE, Al-Fatesh AS, 2016. Hydrogen production by catalytic methane decomposition over Ni, Co, and Ni-Co/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  catalyst. *Petroleum Science and Technology*. 34:1617-1623.
- Fernandes R, Patel N, Miotello A. 2009. Hydrogen generation by hydrolysis of alkaline  $\text{NaBH}_4$  solution with Cr-promoted Co-B amorphous catalyst. *Appl. Catal B Environ.*, 92: 68-74.
- Fernandes R., Pinto AMFR., Rangel CM. 2009. Hydrogen production from sodium borohydride in methanol-water mixtures. *International journal of hydrogen energy*. 35: 9862-9868.
- Gupta SS, Bandyopadhyaya NR, Datta J. 2005. Carbon-Supported Platinum Catalysts for Direct Alcohol Fuel Cell Anode. *Materials and Manufacturing Processes*. 21: 703-706.
- Ingersoll JC, Mani N, Thenmozhiyal JC, Muthaiah A. 2007. Catalytic hydrolysis of sodium borohydride by a novel nickel-cobalt-boride catalyst. *Journal of Power Sources*. 173: 450-457.
- Isha R, Williams PT. 2012. Hydrogen production from catalytic steam reforming of methane: influence of catalyst composition. *Journal of the Energy Institute*. 85: 29-37.
- Ismaev TI, Safiullin RA, Strel'nik ID, Musina EI, Kadirov MK, Karasik AA, Sinyashin OG. 2016. Nickel-organic complexes as catalyst in PEM fuel cells. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements*. 191: 1654-1655.
- Kim JH, Lee H, Han SC, Kim HS, Song MS, Lee JY. 2004. Production of hydrogen from sodium borohydride in alkaline solution: development of catalyst with high performance. *International Journal of Hydrogen Energy*. 29: 263-267.
- Krishnan P, Advani SG, Prasad AK. 2009. Thin-film CoB catalyst templates for the hydrolysis of  $\text{NaBH}_4$  solution for hydrogen generation. *Applied Catalysis B: Environmental*. 86:137-144.

- Liang J, Li Y, Huang Y, Yang Y, Tang H, Wei Z, Shen PK. 2008. Sodium borohydride hydrolysis on highly efficient Co-B/Pd catalysts. *International Journal of Hydrogen Energy*. 33: 4048-4054.
- Niwa K, Tamura K, Anandan S, Ikuma Y. 2012. Hydrogen production using mesoporous titanium dioxide. *Energy Materials: Materials Science and Engineering for Energy Systems*. 7: 34-38.
- Ocon JD, Tuan TN, Yi Y, Leon RL, Lee JK, Lee J. 2013. Ultrafast and stable hydrogen generation from sodium borohydride in methanol and water over Fe-B nanoparticles. *Journal of Power Sources*. 243: 444-450.
- Ozdemir, OK, Hasimoglu A, Ahsen AS. 2013. Synthesis of graphene-based Co-B catalyst via simultaneous chemical reduction for hydrolysis of sodium borohydride. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. 5: 063135.
- Peng S, Fan X, Wu Y, Zhang J. 2013. Kinetic Study of Hydrogen Generation from the Hydrolysis of Alkaline NaBH<sub>4</sub> over Ru/MMT: an Insight on the Effect of Catalyst Amount. *Integrated Ferroelectrics*. 147: 159-165.
- Qiming L, Kim H. 2012. Hydrogen production from NaBH<sub>4</sub> hydrolysis via Co-ZIF-9 catalyst. *Fuel Processing Technology*. 100: 43-48.
- Sahin O, Karakas DE, Kaya M, Saka C. 2016. The effects of plasma treatment on electrochemical activity of Co-B-P catalyst for hydrogen production by hydrolysis of NaBH<sub>4</sub>. *Journal of the Energy Institute*. 90: 466-475.
- Saka C, Sahin O, Demir H, Karabulut A, Sarıkaya A. 2015. Hydrogen generation from sodium borohydride hydrolysis with a CuCo-based catalyst: a kinetic study. *Energy Sources Part A*. 37: 956-964.
- Schlesinger IH, Brown C, Finholt AE, Gilbreath IR, Hoekstra HR, Hyde EK. 1953 Sodium borohydride, its hydrolysis and its use as a reducing agent and in the generation of hydrogen. *Journal of the American Chemical Society*. 75: 215-219.
- Şahin Ö, Kaya M İzgi MS, Saka C. 2015. The effect of microwave irradiation on a Co-B-based catalyst for hydrogen generation by hydrolysis of NaBH<sub>4</sub> solution. *Energy Sources, Part A*. 37: 462-467.



## Hidrazon Grubu Taşıyan *vic*-Dioksim Türevlerinin ve Onların Metal Komplekslerinin Sentezi ve Spektrofotometrik İncelemesi

Nursabah SARIKAVAKLI<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, hidrazon ve *vic*-dioksim grubu içeren; (*IZ,2E*)-N'-[(*IZ*)-(4-bromofenil)metilen]-2-(hidroksiimino)etanhidroksimhidrazid, L<sup>1</sup>H<sub>2</sub>, (*IZ,2E*)-N'-[(*IZ*)-(2-klorofenil)metilen]-2-(hidroksiimino)etanhidroksimhidrazid, L<sup>2</sup>H<sub>2</sub>, (*IZ,2E*)-N'-[(*IZ*)-(3-klorofenil)metilen]-2-(hidroksiimino)etanhidroksimhidrazid, L<sup>3</sup>H<sub>2</sub> hidrazonoksim türevleri elde edilmiştir. Bu hidrazonoksim bileşikleri [(*IZ,2E*)-2-(hidroksiimino)etanhidroksimhidrazid]'in aldehit ve ketonlarla verdiği kondenzasyon reaksiyonu ile sentezlenmiştir. Elde edilen hidrazonoksim türevlerinin nikel(II), bakır(II), kobalt(II) kompleksleri izole edildikten sonra hem ligandların hem de komplekslerin yapıları elementel analiz, manyetik süsseptibilite, erime noktası, <sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR, UV-Vis, FT-IR, TGA-DTG ile karakterize edildi.

**Anahtar Kelimeler:** FTIR, hidrazonoksim, kompleks, NMR, *vic*-dioksim

## Synthesis and Spectrophotometrical Investigation of *vic*-Dioxim Derivatives Bearing Hydrazone Group and Their Metal Complexes

**ABSTRACT:** In this work an attempt has been to explore some important characteristics of the hydrazoneoxime derivatives bearing hydrazone and *vic*-dioxime group, which were obtained from the materials such as: (*IZ,2E*)-N'-[(*IZ*)-(4-bromophenyl)methylene]-2-(hydroxyimino)ethanehydroximohydrazide, L<sup>1</sup>H<sub>2</sub>, (*IZ,2E*)-N'-[(*IZ*)-(2-chlorophenyl)methylene]-2-(hydroxyimino)ethanehydroximohydrazide, L<sup>2</sup>H<sub>2</sub>, (*IZ,2E*)-N'-[(*IZ*)-(3-chlorophenyl)methylene]-2-(hydroxyimino)ethanehydroximohydrazide, L<sup>3</sup>H<sub>2</sub>. All these hydrazoneoxime compounds were synthesized in terms of the reaction condensation of GH<sub>2</sub> [(*IZ,2E*)-2-(hydroxyimino)ethanehydroximohydrazide] with aldehydes and ketones. It has been found that some of complexes; e.g. nickel(II), copper(II), cobalt(II) from the hydrazone-oxime derivatives have been isolated, and the structures of both ligands and complexes were characterized by various techniques; by elemental analysis, magnetic susceptibility, melting point, <sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR, UV-Vis, FT-IR and TGA-DTG.

**Keywords:** FTIR, hydrazoneoxime, complex, NMR, *vic*-dioxime

<sup>1</sup> Nursabah SARIKAVAKLI (0000-0002-9359-7672), Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Aydın, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Nursabah SARIKAVAKLI, nsarikavakli@adu.edu.tr

## GİRİŞ

Koordinasyon bileşiklerinin biyolojik yapılarıdaki önemi, sanayide kullanım oranının ve alanının günden güne artması; son zamanlarda kanser araştırmalarında antitümör etkilerinin bulunması, oksimlerin önemini arttırmış ve özellikle *vic*-dioksim kompleksleri üzerindeki araştırmaların yoğunlaşmasına sebep olmuştur. Vitamin B<sub>12</sub> ve bitkilerin klorofil renk maddesinin *vic*-dioksim komplekslerine benzerliğinden dolayı, bu komplekslerin biyolojik yapıların aydınlatılmasında kullanılması, oksimlerin önemini bir kat daha arttırmıştır (Chakravorty, 1974). Koordinasyon bileşikleri içerisinde oksim ve *vic*-dioksimlerden elde edilen kompleksler ilginç yapıları ve sahip oldukları değişik özellikler nedeniyle büyük önem taşımaktadır. Oksimler geçiş metallere çoğu ile sağlam kompleksler verirler ve bu komplekslerinde metallerle azot veya oksijen atomları üzerinden değişik şekillerde koordinasyon bağı yaparlar (Wilkinson et al., 1987).

Hidrazinlerin aldehit ve ketonlarla hidrazid hidrazon yapısında bileşikler verdikleri, bunlardan özellikle izonikotinik asit hidrazidinden (izoniazid) hidrazid hidrazon yapısında birçok türevin hazırlanmış olduğu bilinmektedir. Hidrazonlar eser metal iyonlarının spektrofotometrik ve fluorometrik açıklanmasında şelat ligandlar olarak kullanılmaktadır (Galiano-Roth et al., 1988; Herac et al., 1991).

Hidrazinler, hidrazonlar ve mono- ve di- oksimler üzerine çalışmalar oldukça fazladır. Ancak, hidrazinlerin *vic*-dioksimlerle türevlerinin literatür de çok az sayıda yer aldığı görülmüştür.

Bilindiği gibi gerek glioksimhidrazon türevleri gerekse hidrazin ve hidrazon türevleri günümüzde birçok hastalığın tedavisinde, aktif olarak kullanılmaktadır. Amacımız antibiyotiklerin bakterilere karşı hassaslıklarını kaybettikleri bir devrede, bakterilere karşı hassas olduğu bilinen bu bileşiklerin sentezlemek ve bu konuda yapılan çalışmalara katkıda bulunmaktır.

Bu çalışmada ilk olarak, *anti*-glioksimhidrazin (GH<sub>2</sub>), *anti*-kloroglioksim'in alkol: su karışımında (4:1) ve -10 °C sıcaklıkta hidrazinyum hidroksit ile reaksiyonu literatüre göre yapılmıştır (Sarikavaklı and İrez, 2005). Hidrazon grubu taşıyan *vic*-dioksim türevi ligandlar ise, GH<sub>2</sub>'nin 4-bromobenzaldehit,

2-klorobenzaldehit ve 3-klorobenzaldehit ile verdiği kondenzasyon reaksiyonları ile sentezlenmiştir.

Sentezlenen bu ligandların kompleksleri, Cu(II), Co(II) ve Ni(II) metal tuzları kullanılarak elde edilmiştir. Bu yeni *vic*-dioksim ligandlarının ve metal komplekslerinin yapıları; elementel analiz, UV-Vis, <sup>1</sup>H NMR, <sup>13</sup>C NMR, FT-IR spektroskopik ve termogravimetrik analiz TGA-DTG teknikleri ile aydınlatılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Kullanılan Kimyasal Maddeler

Bu çalışmada, çıkış maddesi olarak kullanılan *amphi*- ve *anti*-kloroglioksim literatürler de belirttiği şekilde hazırlanmıştır (Karadeniz and Bekaroğlu, 1983; Raper, 1985). Deneylerde kullanılan kimyasal maddeler Merck, Fluka ve Riedel firmalarından temin edilmiştir. Ayrıca gerekli olan bazı ara maddeler de laboratuvar şartlarında sentezlenmiştir.

### Kullanılan Cihazlar

Ligandların ve komplekslerin yapılarının ve özelliklerinin aydınlatılmasında; İnfrared Spektrofotometri: IR Spectra (Varian 900 MHz spectrometer), KBr Pallet, Nükleer Magnetik Rezonans Spektrofotometri (NMR:400 MHz (DMSO)), Elektronik Absorbsiyon Spektrumu (Shimadzu UV-1601 Spektrofotometri), Elementel Analiz (CHNS) (LECO 932), Erime Noktası Tayin Cihazı (Büchi SMP-20), pH (Orion Expandable Ion Analyzer EA 94), Magnetik Susseptibilite Cihazı (Model MKI) ve Hg[Co(SCN)<sub>4</sub>] standart, Termogravimetrik Analiz (Shimadzu TG-50), ve Molar İletkenlik (CMD 750WPA) kullanılmıştır.

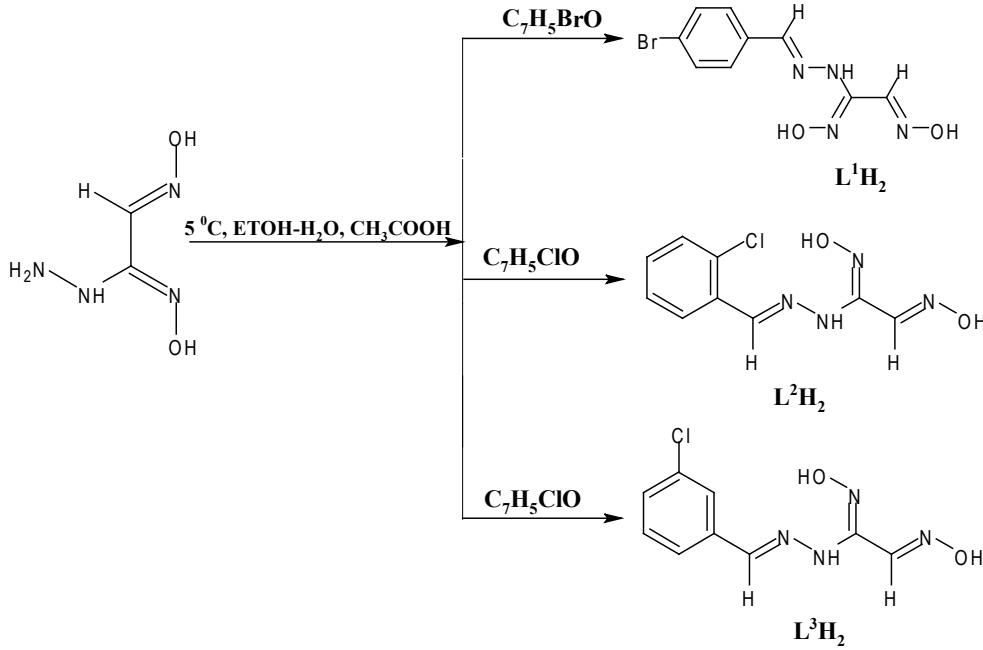
### Ligandların Sentezi

Bu çalışmada *anti*-kloroglioksimin, -5 °C'de bazik ortamda hidrazin hidrat ile reaksiyonu sonucu *anti*-glioksimhidrazin, [(*1Z,2E*)-2-(hidroksiimino) etanhidroksi hidrazid] (GH<sub>2</sub>) sentezlendi ve bu maddenin alkol-su sisteminde, 0-5 °C ve 1:1 oranında bazı aldehit ve ketonlarla reaksiyonu sonucunda hidrazon grubu taşıyan *vic*-dioksim türevleri elde edildi (Sarikavaklı and İrez, 2005). Literatürde rastlanmayan bu glioksimhidrazon bileşiklerinin [L<sup>1</sup>H<sub>2</sub>], [L<sup>2</sup>H<sub>2</sub>], [L<sup>3</sup>H<sub>2</sub>] kimyasal formülleri Şekil 1'de verilmiştir.

**[L<sup>1</sup>H<sub>2</sub>], [L<sup>2</sup>H<sub>2</sub>], [L<sup>3</sup>H<sub>2</sub>] sentezi:** [(*1Z,2E*)-2-(hidroksiimino)etanhidroksihidrazid] (GH<sub>2</sub>) (1.18 g, 10 mmol) etanoldeki çözeltisi ve CH<sub>3</sub>COOH çözeltisi iyice karıştırıldı. Bu çözelti üzerine, stokiyometrik oranda etanolde çözülmüş olan 4-bromobenzaldehit (1.85 g, 10 mmol), 2-klorobenzaldehit (1.40 g, 10 mmol) ve 3-klorobenzaldehit (1.40 g, 10 mmol) ilave edildi. İlave

işlemi tamamlandıktan sonra oda şartlarında 30 dakika daha karıştırıldı. Çöken bu maddeler süzüldü, su ile yıkandı ve vakumda kurutuldu. Elde edilen maddeler etanol-su karışımı kullanılarak tekrar kristallendirildi.

Sentezlenen bu maddeler; etanol, aseton, pridin, DMF ve DMSO'de çözünmektedir.



Şekil 1. Ligandların (L<sup>1</sup>H<sub>2</sub>, L<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>H<sub>2</sub>) kimyasal formülleri

**[L<sup>1</sup>H<sub>2</sub>]:** Verim; 2.05 g (% 72.0). e.n: 150 °C, renk: sarı. C<sub>9</sub>H<sub>9</sub>BrN<sub>4</sub>O<sub>2</sub>: Hesaplanan: C, 37.89, H, 3.16, N, 19.65. Bulunan: C, 37.82, H, 3.11, N, 19.58. IR değerleri, (KBr, ν cm<sup>-1</sup>): 3440 ν (N-H), 3310 ν (OH), 2990 ν (C-H)<sub>Arom</sub>, 1610 ν (C=N)<sub>Oksim</sub>, 1540 ν (C=N)<sub>Hidrazon</sub>, 1000 ν (NO). <sup>13</sup>C-NMR Değerleri: (CDCl<sub>3</sub>, TMS, δ ppm): 154.2 (N-NH-C=N-OH), 134.7 (C-CH=N-OH), 158.5 (-CH=N-NH), 131.4–124.6 (Ar-C). <sup>1</sup>H-NMR Değerleri (DMSO-d<sub>6</sub>, ppm): δ, 10.75 (s, 1H, N-NH), 10.68–11.44 (s, 2H, OH), 7.36–8.06 (s, 1H, CH=NOH), 6.88–7.38 (m, 4H, Ar-H), 9.21 (s, 1H, -CH=N-NH).

**[L<sup>2</sup>H<sub>2</sub>]:** Verim; 1.64 g (% 68), e.n: 120 °C, renk: krem. C<sub>9</sub>H<sub>9</sub>ClN<sub>4</sub>O<sub>2</sub>: Hesaplanan: C, 44.91, H, 3.74, N, 23.29. Bulunan: C, 44.31, H, 3.9, N, 23.24. IR değerleri (KBr, ν cm<sup>-1</sup>): 3430 ν (N-H), 3320 ν (OH), 2980 ν (C-H)<sub>Arom</sub>, 1630 ν (C=N)<sub>Oksim</sub>, 1590 ν (C=N)<sub>Hidrazon</sub>, 995 ν (NO). <sup>13</sup>C-NMR Değerleri: (CDCl<sub>3</sub>, TMS, δ ppm):

154.7 (N-NH-C=N-OH), 134.9 (C-CH=N-OH), 159.6 (-CH=N-NH), 134.4–127.5 (Ar-C). <sup>1</sup>H-NMR Değerleri (DMSO-d<sub>6</sub>, ppm): δ, 10.75 (s, 1H, N-NH), 10.29–11.52 (s, 2H, OH), 7.38–8.03 (s, 1H, CH=NOH), 7.39–7.70 (m, 4H, Ar-H), 9.33 (s, 1H, -CH=N-NH).

**[L<sup>3</sup>H<sub>2</sub>]:** Verim; 1.66 g (% 67), e.n: 125 °C, renk: krem. C<sub>9</sub>H<sub>9</sub>ClN<sub>4</sub>O<sub>2</sub>: Hesaplanan: C, 44.91, H, 3.74, N, 23.29. Bulunan: C, 44.32, H, 3.68, N, 23.24. IR değerleri: (KBr, ν cm<sup>-1</sup>): 3430 ν (N-H), 3320 ν (OH), 2980 ν (C-H)<sub>Arom</sub>, 1630 ν (C=N)<sub>Oksim</sub>, 1590 ν (C=N)<sub>Hidrazon</sub>, 995 ν (NO). <sup>13</sup>C-NMR Değerleri: (CDCl<sub>3</sub>, TMS, δ ppm.): 154.7 (N-NH-C=N-OH), 134.7 (C-CH=N-OH), 159.6 (-CH=N-NH), 134.4–127.5 (Ar-C). <sup>1</sup>H-NMR Değerleri (DMSO-d<sub>6</sub>, ppm): δ, 10.75 (s, 1H, N-NH), 10.29–11.52 (s, 2H, OH), 7.38–8.03 (s, 1H, CH=NOH), 7.39–7.70 (m, 4H, Ar-H), 9.33 (s, 1H, -CH=N-NH).

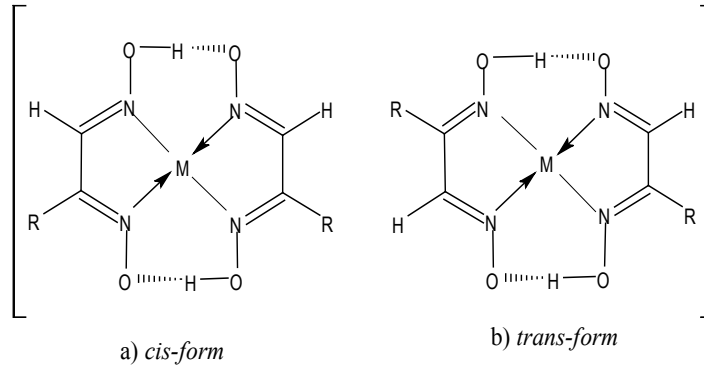
## Komplekslerin Sentezi

### Ni(II), Cu(II) ve Co(II) kompleksleri

100 mL'lik üç behere [(0.570 g, 2.0 mmol ( $L^1H_2$ )) (0.481 g, 2.0 mmol ( $L^2H_2$ )) (0.481 g, 2.0 mmol ( $L^3H_2$ ))] ligandları alındı. Oda sıcaklığındaki 30 mL mutlak alkolde çözüldü. 100 mL'lik üç ayrı behere sırasıyla  $NiCl_2 \cdot 6H_2O$  (0.238 g, 1.0 mmol),  $CuCl_2 \cdot 2H_2O$  (0.170 g, 1.0 mmol),  $CoCl_2 \cdot 6H_2O$  (0.238 g, 1.0 mmol) alındı ve 10 mL saf suda çözüldü. Mutlak alkolde çözülen ligand damla damla Ni(II), Cu(II) ve Co(II) tuzlarına eklendi. 0.1 N NaOH çözeltisi hazırlandı ve çözeltilerin pH'sı 6 olana kadar hazırlanan bu NaOH

çözeltisi damla damla ilave edildi. Bu çözeltiler 2 saat manyetik karıştırıcı üzerinde 80 °C'deki sıcaklıkta karıştırıldıktan sonra 4-5 saat daha 50 °C'deki su banyosunda bekletildi. Su banyosunda çöken bu bileşikler süzüldü ve sıcak su ile yıkandıktan sonra oda koşullarında kurutuldu (Şekil 2 ve 3).

**[Ni( $L^1H_2$ ) $_2$ ]**: Verim: 0.464 g (%74.0), e.n.: >360 °C, renk: koyu kırmızı.  $C_{18}H_{16}Br_2N_8O_4Ni$ : Hesaplanan: C, 34.50, H, 2.55, N, 17.86. Bulunan: C, 34.41, H, 2.47, N, 17.80. IR Değerleri (KBr,  $\nu$   $cm^{-1}$ ): 3420  $\nu$  (N-H), 2975  $\nu$  (C-H)<sub>Arom</sub>, 2310  $\nu$  (O...H-O), 1545  $\nu$  (C=N)<sub>Oksim</sub>, 1590  $\nu$  (C=N)<sub>Hidrazon</sub>, 970  $\nu$  (N-O).



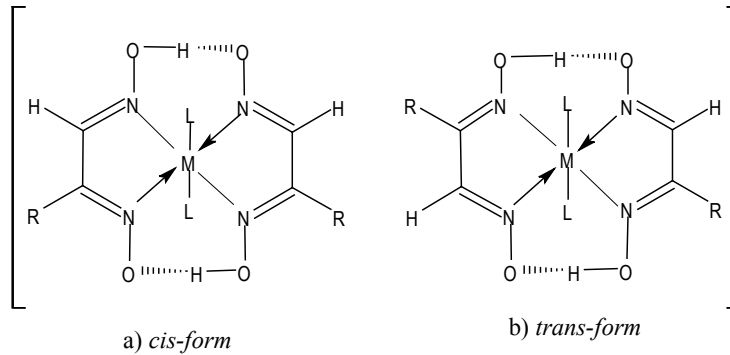
R:  $C_6H_5Br-C(NNH)-$

M: Ni(II), Cu(II)

Şekil 2. Ligandların Ni(II), Cu(II) kompleksleri

**[Cu( $L^1H_2$ ) $_2$ ]**: Verim; 0.436 g (%69.0), e.n: 350 °C, renk: kızıl kahve.  $C_{18}H_{16}Br_2N_8O_4Cu$ : Hesaplanan: C, 34.20, H, 2.53, N, 17.74. Bulunan: C, 34.35, H, 2.58, N,

17.68. IR Değerleri (KBr,  $\nu$   $cm^{-1}$ ): 3430  $\nu$  (N-H), 2960  $\nu$  (C-H)<sub>Arom</sub>, 2200  $\nu$  (O...H-O), 1540  $\nu$  (C=N)<sub>Oksim</sub>, 1595  $\nu$  (C=N)<sub>Hidrazon</sub>, 980  $\nu$  (N-O).



R:  $C_6H_5Cl-C(NNH)-$

M: Co(II), L:  $H_2O$

Şekil 3. Ligandların Co(II) kompleksleri

**[Co(L<sup>1</sup>H)<sub>2</sub>].2H<sub>2</sub>O:** Verim: 0.471 g (%71.0), e.n.:>360 °C, renk: koyu kahve. C<sub>18</sub>H<sub>20</sub>Br<sub>2</sub>N<sub>8</sub>O<sub>6</sub>Co: Hesaplanan: C, 32.58, H, 2.41, N, 16.89. Bulunan: C, 32.51, H, 2.48, N, 16.84. IR Değerleri (KBr, ν cm<sup>-1</sup>): 3340 ν (N–H), 2980 ν (C–H)<sub>Arom</sub>, 2310 ν (O...H–O), 1545 ν (C=N)<sub>Oksim</sub>, 1595 ν (C=N)<sub>Hidrazon</sub>, 995 ν (N–O).

**[Ni(L<sup>2</sup>H)<sub>2</sub>]:** Verim; 0.404 g (%75.0), e.n >350 °C, renk: kırmızı. C<sub>18</sub>H<sub>16</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>8</sub>O<sub>4</sub>Ni: Hesaplanan: C, 40.15, H, 2.97, N, 20.82. Bulunan: C, 40.08, H, 2.92, N, 20.76. IR Değerleri (KBr, ν cm<sup>-1</sup>): 3350 ν (N–H), 2970 ν (C–H)<sub>Arom</sub>, 2310 ν (O...H–O), 1595 ν (C=N)<sub>Oksim</sub>, 1640 ν (C=N)<sub>Hidrazon</sub>, 990 ν (N–O).

**[Cu(L<sup>2</sup>H)<sub>2</sub>]:** Verim; 0.364 g (%67.0), e.n.:>350 °C, renk: kızıl kahve. C<sub>18</sub>H<sub>16</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>8</sub>O<sub>4</sub>Cu: Hesaplanan: C, 39.82, H, 2.95, N, 20.65. Bulunan: C, 39.76, H, 2.89, N, 20.57. IR Değerleri (KBr, ν cm<sup>-1</sup>): 3440 ν (N–H), 2960 ν (C–H)<sub>Arom</sub>, 2220 ν (O...H–O), 1560 ν (C=N)<sub>Oksim</sub>, 1600 ν (C=N)<sub>Hidrazon</sub>, 995 ν (N–O).

**[Co(L<sup>2</sup>H)<sub>2</sub>].2H<sub>2</sub>O:** Verim; 0.413 g (%72.0), e.n.:>350 °C, renk: koyu kahve. C<sub>18</sub>H<sub>20</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>8</sub>O<sub>6</sub>Co: Hesaplanan: C, 37.63, H, 3.84, N, 19.51. Bulunan: C, 37.37, H, 3.78, N, 19.48. IR Değerleri (KBr, ν cm<sup>-1</sup>): 3420 ν(N–H), 2995 ν (C–H)<sub>Arom</sub>, 2315 ν (O...H–O), 1540 ν (C=N)<sub>Oksim</sub>, 1600 ν (C=N)<sub>Hidrazon</sub>, 980 ν (N–O).

**[Ni(L<sup>3</sup>H)<sub>2</sub>]:** Verim; 0.371 g (% 69.0). e.n.:>350 °C, renk: kızıl kahve. C<sub>18</sub>H<sub>20</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>8</sub>O<sub>6</sub>Ni: Hesaplanan: C, 37.63, H, 3.48, N, 19.50. Bulunan: C, 37.57, H, 3.43, N, 19.43. IR Değerleri (KBr, ν cm<sup>-1</sup>): 3350 ν (N–H), 2975 ν(C–H)<sub>Arom</sub>, 2310 ν(O...H–O), 1595 ν(C=N)<sub>Oksim</sub>, 1640 ν (C=N)<sub>Hidrazon</sub>, 990 ν (N–O).

**[Cu(L<sup>3</sup>H)<sub>2</sub>]:** Verim; 0.380 g (%70.0), e.n.:>350 °C, renk: koyu kahve. C<sub>18</sub>H<sub>16</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>8</sub>O<sub>4</sub>Cu: Hesaplanan: C, 37.63, H, 3.84, N, 19.51. Bulunan: C, 37.27, H, 3.78, N, 19.30. IR Değerleri (KBr, ν cm<sup>-1</sup>): 3440 ν (N–H), 2960 ν (C–H)<sub>Arom</sub>, 2220 ν (O...H–O), 1560 ν (C=N)<sub>Oksim</sub>, 1600 ν (C=N)<sub>Hidrazon</sub>, 995 ν (N–O).

**[Co(L<sup>3</sup>H)<sub>2</sub>].2H<sub>2</sub>O):** Verim; 0.408 g (%71.0), e.n.:>350 °C, renk: koyu kahve. C<sub>18</sub>H<sub>20</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>8</sub>O<sub>6</sub>Co: Hesaplanan: C, 37.63, H, 3.48, N, 19.50. Bulunan: C, 37.57, H, 3.41, N, 19.41. IR Değerleri (KBr, ν cm<sup>-1</sup>): 3420 ν (N–H), 2990 ν (C–H)<sub>Arom</sub>, 2315 ν (O...H–O), 1540 ν (C=N)<sub>Oksim</sub>, 1600 ν (C=N)<sub>Hidrazon</sub>, 980 ν (N–O).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, kloralhidrat ile hidroksilamin-hidroklorür'ün literatürde belirtilen metoda göre reaksiyona girmesi ile *amphi*-kloroglioksım elde edildikten sonra bu maddenin derişik HCl asidi ile muamele edilmesi ile *anti*-kloroglioksım sentezlendi (Karadeniz ve Bekaroğlu 1983). *anti*-kloroglioksımın -5 °C'de bazik ortamda alkol-su (4:1) sisteminde hidrazin hidrat ile reaksiyonu sonucu ise *anti*-glioksımhidrazin (GH<sub>2</sub>) sentezlendi (Sarıkavaklı and İrez, 2005). GH<sub>2</sub>'nin CH<sub>3</sub>COOH'li ve alkol-su (1:1) sisteminde bazı aldehit ve ketonlarla reaksiyonu sonucunda L<sup>1</sup>H<sub>2</sub>, L<sup>2</sup>H<sub>2</sub> ve L<sup>3</sup>H<sub>2</sub> ligandları sentezlenerek bu ligandların her birinin Ni(II), Cu(II) ve Co(II) iyonları ile vermiş oldukları kompleksleri elde edildi.

Ligand içinde asimetri nedeniyle komplekslerin *anti*- ve *amphi*- olmak üzere iki formu beklenir. Genellikle hidrazonoksım konfigürasyonlarında *anti*-formu *amphi*- formuna nazaran daha düşük enerjili yani daha kararlıdır. Aynı zamanda *anti*- formlarının erime noktası *amphi*- formuna nazaran daha yüksektir. Elde edilen *anti*- yapısındaki bu ligandlarda (L<sup>1</sup>H<sub>2</sub>, L<sup>2</sup>H<sub>2</sub> ve L<sup>3</sup>H<sub>2</sub>) metal-ligand oranı 1:1'den büyük olmaya başladığı andan itibaren yeşil renkli kompleksin önce açık kahverengiye, oranın 1:2 olduğunda da kırmızıya döndüğü görülmektedir. Reaksiyon ortamı sulu olduğu zaman *amphi*-'nin *anti*-'ye dönmesi uzun sürmekte ancak reaksiyon ortamı alkol olduğu zaman dönüşüm hem kolay hem de kısa sürede olmaktadır. Bu iki formun birbirlerine dönüşüm enerjilerinin düşük olması sebebiyle, birbirine kolaylıkla dönüşebilmektedirler. Düşük enerjili olan *anti*-formuna dönüşüm genellikle hakim ise de, bunun istisnaları da vardır.

Bu çalışmada sentezlenen bileşikler katı halde olduklarından, IR spektrumları KBr ile çözülerek kaydedilmiştir. Buyenihidrazon-oksım(L<sup>1</sup>H<sub>2</sub>,L<sup>2</sup>H<sub>2</sub>veL<sup>3</sup>H<sub>2</sub>) bileşiklerine ait IR spektrumları incelendiğinde, sırasıyla 3310 cm<sup>-1</sup>; 3320 ve 3320 cm<sup>-1</sup> arasında O-H gerilme titreşimini, 1610 cm<sup>-1</sup>; 1630 cm<sup>-1</sup>; 1630 cm<sup>-1</sup> ve 1540 cm<sup>-1</sup>; 1590 cm<sup>-1</sup>; 1590cm<sup>-1</sup> sırasıyla karakteristik C=N<sub>Oksim</sub> ve C=N<sub>Hidrazon</sub> bandları görülmektedir. N-H gerilme titreşimleri 3440 cm<sup>-1</sup>; 3430 cm<sup>-1</sup>; 3430 cm<sup>-1</sup> ve N-O gerilme titreşimleri 1000 cm<sup>-1</sup>; 995 cm<sup>-1</sup> ve 995 cm<sup>-1</sup>'de görülmektedir. Ayrıca ligandlara ait aromatik CH gerilme titreşimleri 2990 cm<sup>-1</sup>; 2980 cm<sup>-1</sup> ve 2980 cm<sup>-1</sup> de görülmüştür (Karataş et al., 1991; Özcan et al., 2001;

Güp and Bedük 2002; Canpolat and Kaya 2004; Ozkan et al., 2005). Sentezlenen hidrazonoksim komplekslerinin IR spektrum değerleri incelendiğinde, ligandların spektrumun da gözlenmeyen OH...O molekül içi hidrojen bağlarına ait gerilme titreşimlerinin  $L^1H_2$  kompleksleri için,  $2310\text{ cm}^{-1}$ ;  $2200\text{ cm}^{-1}$ ;  $2310\text{ cm}^{-1}$ ,  $L^2H_2$  kompleksleri için,  $2310\text{ cm}^{-1}$ ;  $2220\text{ cm}^{-1}$ ;  $2315\text{ cm}^{-1}$  ve  $L^3H_2$  kompleksleri için,  $2310\text{ cm}^{-1}$ ;  $2220\text{ cm}^{-1}$ ;  $2315\text{ cm}^{-1}$  değerlerinde,  $L^1H_2$  kompleksleri için, N-H,  $C=N_{\text{Oksim}}$ ,  $C=N_{\text{Hidrazon}}$ , N-O gruplarına ait titreşim absorpsiyon bandları ise sırasıyla  $3420\text{ cm}^{-1}$ ,  $3430\text{ cm}^{-1}$ ,  $3340\text{ cm}^{-1}$ ;  $1545\text{ cm}^{-1}$ ,  $1540\text{ cm}^{-1}$ ,  $1545\text{ cm}^{-1}$ ;  $1590\text{ cm}^{-1}$ ,  $1595\text{ cm}^{-1}$ ,  $1595\text{ cm}^{-1}$ ;  $970\text{ cm}^{-1}$ ,  $980\text{ cm}^{-1}$ ,  $995\text{ cm}^{-1}$ ,  $L^2H_2$  kompleksleri için,  $3350\text{ cm}^{-1}$ ,  $3440\text{ cm}^{-1}$ ,  $3420\text{ cm}^{-1}$ ;  $1595\text{ cm}^{-1}$ ,  $1560\text{ cm}^{-1}$ ,  $1540\text{ cm}^{-1}$ ;  $1640\text{ cm}^{-1}$ ,  $1600\text{ cm}^{-1}$ ,  $1600\text{ cm}^{-1}$ ;  $990\text{ cm}^{-1}$ ,  $995\text{ cm}^{-1}$ ,  $980\text{ cm}^{-1}$ , ve  $L^3H_2$  kompleksleri için,  $3350\text{ cm}^{-1}$ ,  $3440\text{ cm}^{-1}$ ,  $3420\text{ cm}^{-1}$ ;  $1595\text{ cm}^{-1}$ ,  $1560\text{ cm}^{-1}$ ,  $1540\text{ cm}^{-1}$ ;  $1640\text{ cm}^{-1}$ ,  $1600\text{ cm}^{-1}$ ,  $1600\text{ cm}^{-1}$ ;  $990\text{ cm}^{-1}$ ,  $995\text{ cm}^{-1}$ ,  $980\text{ cm}^{-1}$ , değerleri arasında olduğu görülmektedir. Ligandlarda gözlenen OH grubuna ait gerilme titreşimlerinin kaybolması ve komplekslerde ortaya çıkan OH...O'a ait zayıf deformasyon bandları *vic*-dioksim komplekslerinde gözlenen hidrojen köprüsüne ait pikler için karakteristik bandlardır. Ligandlarda  $3440$ ,  $3430$  ve  $3430\text{ cm}^{-1}$  de gözlenen N-H pikinin komplekslerde de gözlenmesi N-H protonlarının ayrılmadığını ve  $1610\text{ cm}^{-1}$ ;  $1630\text{ cm}^{-1}$ ;  $1630\text{ cm}^{-1}$ 'de gözlenen  $(C=N)_{\text{Oksim}}$  grubuna ait pikin komplekslerde daha düşük alana kayması, metalin oksim azotu üzerinden N,N şelatı oluşturduğunu göstermektedir. Bu değerler benzer kompleksler için literatürde verilen değerlerle uyum içindedir (Karataş ve Uçan, 1998; Gürsoy et al., 2000; Kurtoğlu and Serin, 2002; Sarikavakli and İrez, 2005). Elementel analiz ve IR spektrumları incelendiğinde, komplekslerin tek çekirdekli oldukları görülmektedir. Komplekslerin metal-ligand oranı 1:2 olup, kare düzlem bir yapıya sahip oldukları anlaşılmaktadır. Mononükleer bu kompleksler N,N' atomları üzerinden koordinasyona girerek, *vic*-dioksim komplekslerinin karakteristik özelliklerini gösterirler. Komplekslerde iki oksim grubu arasında, birer protonun kopması sonucu hidrojen köprüsü (O...H O) oluştuğu görülmüştür (Ertaş et al., 1987).

Ligandların  $^1H$ -NMR spektrumları incelendiğinde karakteristik  $=N-OH$  grupları sırasıyla  $10.68-11.44\text{ ppm}$ ;  $10.29-11.52\text{ ppm}$  ve  $10.29-11.52$  de iki tane singlet rezonansın gözlemlenmesi bileşiğin *anti*-formunda olduğunu gösterir (Ertaş et al., 1987). Oksim ve hidrazon  $HC=N$  grubu protonlarına ait pikler

sırasıyla  $7.36-8.06\text{ ppm}$ ;  $7.38-8.03\text{ ppm}$ ; ve  $7.38-8.03\text{ ppm}$ ; de singlet olarak gözlemlenmiştir. Bileşiklerdeki aromatik halkaya ait protonlar disubstitue fenil halkası protonları için beklendiği gibi sırasıyla  $6.88-7.38\text{ ppm}$ ;  $7.39-7.70\text{ ppm}$  ve  $7.39-7.70\text{ ppm}$  de dört hidrojenlik multipl olarak rezonans oluşmuştur (Güp and Bedük 2002; Canpolat et al., 2004). Genellikle, substitüe olmayan *vic*-dioksimlerin metal komplekslerinin çözünürlüklerinin az oluşu ya da olmayışı bu bileşiklerin gerek yapı ve gerekse reaksiyonlarının incelenmesini güçleştirmektedir. Bu sebeple elde edilen komplekslerin yapı aydınlatılmasında  $^1H$ -NMR spektroskopisinden yararlanılamamıştır.

Ligandların  $^{13}C$ NMR değerleri incelendiğinde N-NH-C=N-OH grubuna ait  $154.2$ ,  $154.7$  ve  $154.7\text{ ppm}$  de ve C-CH=N-OH ise  $134.7$ ,  $134.9$  ve  $134.9\text{ ppm}$  de iki farklı sinyal vermesi asimetric substitüe *vic*-dioksim ligandının *anti*- formunda olduğunu göstermektedir. Ligandlara ait  $-CH=N-NH$  sinyaller ise  $158,5$ ,  $159,6$ ,  $159,6\text{ ppm}$  civarında görülmektedir. Aromatik karbon (Ar-C) ait sinyaller ise  $131.4-124.6$ ;  $134.4-127.5$ ;  $134.4-127.5\text{ ppm}$  civarında iki farklı sinyal olarak görülmektedir (Durmuş et al., 2004; Canpolat and Kaya, 2004; Kurtoğlu et al., 2008). Bu çalışmada sentezlenen komplekslerin çözünürlüklerinin az olması ve bozunma noktalarının çok yüksek olması, bu komplekslerin iç kompleksler halinde olduğunu göstermektedir. Elementel analiz, IR,  $^{13}C$ -NMR,  $^1H$ -NMR değerleri incelendiğinde sentezlenen ligandların ve komplekslerinin yapıları Şekil 1., Şekil 2. ve Şekil 3.'de verildiği gibi olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen bu bileşiklerin termal davranışları (TGA-DTG) incelendiğinde literatürdeki benzer bileşiklerle yaklaşık değerler gösterdiği ve termal kararlı maddeler sınıfında yer alacağı görülmüştür (Saleh et al., 2003; Canpolat et al., 2005). Ligandların Ni(II) ve Cu(II) komplekslerinin de,  $25-350\text{ }^\circ\text{C}$  kadar termal kararlılık gösterdikleri ancak  $350-550\text{ }^\circ\text{C}$  arasında orijinal kütlelerin büyük bir kısmını kaybederek bozunduğu ve NiO ve CuO kalıntılarını bıraktıkları gözlenmiştir. Co(II) komplekslerinin de ise; muhtemel bozunma iki aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada  $45-101\text{ }^\circ\text{C}$  arasında kompleks yapıya bağlı olan 2 mol  $H_2O$  bozularak ortamdan uzaklaştığı ve bu kütle kayıplarının metale koordine olmuş su ve serbest ligandlardan kaynaklanabileceği öngörülmektedir. İkinci aşamada ise orijinal kütlelerin büyük bir kısmının CoO kalıntısını bırakarak bozunduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Koordinasyon bileşiklerinin TGA-DTG değerleri

Bileşikler	Sıcaklık Aralığı (°C)	(°C) % Hesap. (Bul.)	Değişim	Kalıntı (NiO,CuO, CoO)
$[Ni(L^1H_2)_2]$	25-175 175-350 350-550	88.04(87.98)	Termal Kararlılık	NiO
$[Cu(L^1H_2)_2]$	0-175 175-350 350-550	87.32(87.25)	Termal Kararlılık	CuO
$Co(L^1H)_2 \cdot 2H_2O$	45-101 101-350 350-560	5.58(5.53) 88.04(87.98)	2H <sub>2</sub> O Molekülünün Kaybı ve Termal Kararlılık	[Co(L <sup>1</sup> H) <sub>2</sub> ] CoO
$[Ni(L^2H_2)_2]$ $[Ni(L^3H_2)_2]$	0-155 155-350 350-560	86.06(86.00)	Termal Kararlılık	NiO
$[Cu(L^2H_2)_2]$ $[Cu(L^3H_2)_2]$	0-155 155-350 350-560	85.35(85.29)	Termal Kararlılık	CuO
$Co(L^2H)_2 \cdot 2H_2O$ $Co(L^3H)_2 \cdot 2H_2O$	45-107 107-360 360-570	6.27(6.21) 86.06(86.00)	2H <sub>2</sub> O Molekülünün Kaybı ve Termal Kararlılık	[Co(L <sup>2</sup> H) <sub>2</sub> ], [Co(L <sup>3</sup> H) <sub>2</sub> ] CoO

Sentezlenen hidrazonoksim komplekslerinin elektronik spektrumları oda sıcaklığında, 10<sup>-3</sup> M konsantrasyonda DMSO içerisinde kaydedilmiştir. Ligandların ve bu ligandların metal komplekslerinin UV-Vis spektrumunda, 254 ve 765 nm arasında 2 veya 3 absorpsiyon bandı görülmektedir. Komplekslerde, 645-698 nm aralığındaki düşük yoğunluklu bantlar, metal iyonlarının d→d geçişleriyle tutarlıdır. *vic*-dioksim ligandlarındaki π→π\* ve n→π\* geçişlerine karşılık gelen UV-Vis. pikleri ise 284 ve 332 nm'de gözlenmiştir. π→π\* geçişlerine ait piklerin, uzun dalga boyuna kayması *vic*-dioksim komplekslerinin oluşumunu kanıtlamaktadır. Ni(II), Cu(II) ve Co(II) komplekslerinin elektronik absorpsiyon bandları ise 707 ve 758 nm'de görülmekte ve Ni(II) kompleksleri için <sup>1</sup>A<sub>1g</sub> → <sup>1</sup>B<sub>1g</sub>; Cu(II) kompleksleri için <sup>2</sup>T<sub>2g</sub> → <sup>2</sup>E<sub>g</sub>(G); Co(II) kompleksleri için ise <sup>2</sup>T<sub>2g</sub> → <sup>2</sup>E<sub>g</sub>(G) bulundu ve bunlar kare düzlem yapıya sahip olan komplekslerle uyumludur (Canpolat et al., 2004; Kurtoğlu et al., 2008).

Komplekslerin manyetik süsebtibilite değerleri incelendiğinde Ni(II) kompleksleri diamanyetik özellik gösterirken, Cu(II) ve Co(II) komplekslerinin ise paramanyetik özellik gösterdiği görülmektedir. Ligandların her iki metal kompleksi için ölçülen değerleri; L<sup>1</sup>H<sub>2</sub> için 1.62 ve 2.08 B.M., L<sup>2</sup>H<sub>2</sub> için 1.77 ve 2.09 B.M. ve L<sup>3</sup>H<sub>2</sub> için 1.77 ve 2.09 B.M., 1 elektrona karşılık gelmektedir. Dolayısıyla her üç metal iyonunda koordinasyon bağı için kullanılan metal orbitalleri s ve p orbitalleridir. Elde edilen bu değerlerin literatür bilgileri ile uyum içerisinde olduğu görülmektedir (Selwood, 1956).

## SONUÇ

Bu çalışmada literatür de kayıtlı olmayan (1Z,2E)-N'-[(1Z)-(4-bromofenil)metilen]-2-(hidroksiimino)etanhidroksimhidrazid, L<sup>1</sup>H<sub>2</sub>, (1Z,2E)-N'-[(1Z)-(2-klorofenil)metilen]-2-(hidroksiimino)etanhidroksimhidrazid, L<sup>2</sup>H<sub>2</sub>, (1Z,2E)-N'-[(1Z)-(3-klorofenil)metilen]-2-(hidroksiimino)

etanhidroksimhidrazid,  $L^3H_2$ , hidrazonoksim türevleri ile bunların Ni(II), Cu(II), Co(II), geçiş metalleri ile yaptıkları kompleksleri edildikten sonra hem ligandların hem de komplekslerin yapıları spektroskopik yöntemlerle aydınlatılmıştır. Bu maddelerin spektroskopik özelliklerinin literatür

bilgileri ile örtüştüğü görülmüştür. Bununla birlikte sentezlenen bu ligandların ve komplekslerinin manyetik özellikleri ve termal davranışları incelenmiş, literatürdeki benzer bileşiklerle yaklaşık değerler gösterdiği ve termal kararlı maddeler sınıfında yer alacağı tespit edilmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasında finansal destek sağlayan Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel

Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederiz (Proje No: FEF-12031).

## KAYNAKLAR

- Angela S, Galiano-Roth A, Collum DB, 1988.  $^6Li$  and  $^{23}Na$  NMR spectroscopic studies of metalated hydrazone cryptates. Effects of ion triplet formation on the stereochemistry of alkylation. *J. Am. Chem. Soc.*, 110: 3546-3553.
- Canpolat E, Kaya M, 2004. The synthesis and characterization of N-{2-[(1,4-dioxaspiro[4.5]-dec-2-ylmethyl)amino]ethyl}-N'-hydroxy-2-(hydroxyimino)ethanimidamide and some of its transition metal complexes. *Journal of Coordination Chemistry*, 57 (1): 25-32.
- Canpolat E, Kaya M, Yazıcı A, 2004. Synthesis and characterization of Co(II), Ni(II), Cu(II), and Zn(II) complexes with a new *vic*-dioxime (E,E)-N'-hydroxy-2-(hydroxyimino)-N-(4-[(2-phenyl-1,3-dioxolan-4yl)methyl]amino)butyl)ethanimidamide. *Russian Journal of Coordination Chemistry*, 30(2):87-93.
- Canpolat E, Kaya M., Bakırdere E G, 2005. Synthesis and characterization of mononuclear cadmium(II) and dinuclear uranyl(VI) complexes with *vic*-dioximes. *Transition Met. Chem.*, 30:503-507.
- Chakravorty A, 1974. Structure chemistry of transition metals complexes of oximes. *Coordination Chemistry Reviews*, 13(1): 1-46.
- Durmuş M, Ahsen V, Luneau D, Pecaut J, 2004. Synthesis and structures of morpholine substituted new *vic*-dioxime ligand and its Ni(II) complexes. *Inorg. Chim. Acta.*, 357: 588-594.
- Ertaş M, Ahsen V, Gül A, Bekaroğlu Ö, 1987. Synthesis of bis(ferrocenylamino)glyoxime and its nickel(II) complexes. *J. of Organometallic Chem.*, 333(3):383-385.
- Galiano-Roth A, Collum DB, 1988. Lithium-6 and sodium-23 NMR spectroscopic studies of metalated hydrazone cryptates. Effects of ion triplet formation on the stereochemistry of alkylation. *J. Am. Chem. Soc.*, 110: 3546-3553.
- Güp R., Bedük A D, 2002. Synthesis and characterization of complexes of Ni(II), Co(II), and Cu(II) with four 4-aminobenzoate derivatives of unsymmetrical *vic*-dioximes. *Synth. React. Inorg. Met.-Org. Chem.*, 32: 1043-1055.
- Gürsoy S, Koçak M, Cihan A, Gül A, Bekaroğlu Ö, 2000. Synthesis and complexation of a novel soluble *vic*-dioxime with hydroxyethyl pendant arms. *Transition metal chemistry*, 25 (4): 474-477.
- Herac R, Prelesnik B, Leova V, Chundak S, 1991. Transition metal complexes with hydrazides and hydrazones. IV. Structure of trans-diammine[2,3-butanedione bis(4-methoxybenzoylhydrazonato)]cobalt(III) nitrate monohydrate. *Acta Cryst.*, 47:1408-1411.
- Karadeniz K, Bekaroğlu Ö, 1983. The synthesis and complex formation of four new macrocyclic *vic*-dioximes. *Synth. React. Inorg. Met.-Org. Chem.*, 13: 1029-1045.
- Karataş I, İrez G, Sezgin M, Uçan H I, Bedük A D, 1991. The synthesis of some new bis(1,2-dioximes) and their polymeric metal complexes. *Synth. React. Inorg. Met.-Org. Chem.*, 21(67): 1031-1040.
- Karataş I, Uçan H I, 1998. The synthesis of biphenylglyoxime and bis (phenylglyoxime) and their complexes with Cu(II), Ni(II) and Co(II). *Synth. React. Inorg. Met.-Org. Chem.*, 28(3): 383-391.
- Kurtoğlu M, Ispir E, Kurtoğlu N, Serin S, 2008. Novel *vic*-dioximes: Synthesis, complexation with transition metal ions, spectral studies and biological activity. *Dyes and Pigments*, 77: 75-80.
- Kurtoğlu M, Serin S, 2002. Syntheses and characterization of 4-(11-chloro-3,6,9-trioxaundecyloxy) phenylamino-glyoxime and its complexes with copper(II), nickel(II), and cobalt(II). *Synth. React. Inorg. Met.-Org. Chem.*, 32(3): 629-637.
- Özcan E, Karapınar E, Karapınar N. 2001. The synthesis and Ni(II), Co(II), Cu(II), Cd(II), and Zn(II) complexes of two new unsymmetrical *vic*-dioximes. *Synth. React. Inorg. Met.-Org. Chem.*, 31(7): 1163-1174.
- Özkan E, Canpolat E, Kaya M, 2005. Synthesis of new glyoxime derivatives, characterization and investigation of their complexes with Co (II), Ni (II), and Cu (II) metals and thermal studies. *Russian Journal of Coordination Chemistry*, 31(7): 506-510.
- Raper ES, 1985. Complexes of heterocyclic thione donors. *Coordination Chemistry Reviews*, 61:115-184.
- Saleh AA; Khalik SME, Eid MF, El-Ghamry MA, 2003. Synthesis, spectral and magnetic studies of mononuclear and binuclear Mn(II), Co(II), Ni(II) and Cu(II) complexes with semicarbazone ligands derived from sulfonamide. *J. Coord. Chem.*, 56: 467-480.
- Sarikavaklı N, İrez G, 2005. Synthesis and complex formation of some novel *vic*-dioxime derivatives of hydrazones. *Turk J Chem.*, 29: 107-115.
- Selwood PW, 1956. *Magnetochemistry* Interscience Publishers Inc., 2<sup>nd</sup> ed., New York.
- Wilkinson G, Gillard RD, Cleverly Mc, eds., 1987. *Comprehensive Coordination Chemistry*. Pergamon Press, Oxford, 2: 715-738.



## Van Gölü Suyunun İyon Karakterizasyonu ile Su Kalitesinin Belirlenmesi

Aybek YİĞİT<sup>1</sup>, Zeynep Turhan İRAK<sup>2</sup>, Dilara ÖZTÜRK<sup>3</sup>, Erhan ÖZTÜRK<sup>1</sup>, Duygu ALPASLAN<sup>4</sup>, Tekin ŞAHAN<sup>4</sup>, Nahit AKTAŞ<sup>4</sup>

**ÖZET:** Van Gölü dünyanın en büyük sodalı gölü olmasının yanında tuzlu su özelliği de taşımaktadır. Van ve Bitlis illeriyle çevrili olan gölün kuzey ve batısında tümüyle volkanik, güneyinde metamorfik ve doğusunda ise baskın olarak sedimanter kayalar vardır. Bu çeşitlilik nedeniyle Van Gölü suyu, kimyasal parametreleri açısından araştırmacıların her dönem ilgisini çekmiştir. Bu çalışma kapsamında iyon kromatografisi yöntemiyle Van Gölü suyunun doğal kalitesini yansıtan anyon ve katyonların konsantrasyon düzeyleri araştırılmıştır. 8 farklı nokta ve 9 farklı derinlikten alınan su örneklerinin kimyasal analizi sonucunda ortalama pH değeri 9.52 düzeyinde bulunurken, elde edilen verilere bakıldığında ortalama derişim değerleri başlıca katyonlardan kalsiyum 355.3, magnezyum 117.1, sodyum 8 612.6, potasyum 473.6, lityum 0.3 ppm; başlıca anyonlardan florür 4.8, klorür 10.5, bromür 20.5, nitrat 3.7, fosfat 13.6, sülfat 2 900.4 ppm olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçların mevzuat kapsamında değerlendirilmesi sonucunda; Van gölü suyunun içerdiği iyonik bileşenler bakımından Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğineki parametrelere göre IV. sınıf su kalitesinde olduğu bulunmuştur. Van Gölü Havzasında göl suyunun kalitesine yönelik çalışmalar geçmiş senelerde az sayıda yapılmış olmakla beraber bu analizler şimdiye kadar düzenli bir şekilde yapılmamıştır. Bu çalışma, kapsamlı bir araştırma olup kullanılan teknikler bakımından da önemli yenilikler içermektedir. Özellikle kromatografik teknikler bakımından bu alandaki çalışmalara orijinal katkılar yapacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Anyon, iyon kromatografisi, katyon, su kalitesi, Van Gölü

## Determination of Water Quality by Ion Characterization of Van Lake Water

**ABSTRACT:** Van Lake is the world's largest sodium nodule lake, as well as salt water. Van and Bitlis are surrounded by volcanic rocks in the north and west, metamorphic to the south and predominantly sedimentary rocks to the east. Due to this diversity, Van Lake water has attracted attention from researchers in every period in terms of chemical parameters. Lake Van Basin pond water quality studies for the past few years, although the analyses made so far are not made on a regular basis. In this study, concentration levels of anions and cations reflecting the natural quality of Van Lake water were investigated by ion chromatography. As a result of the chemical analysis of the water samples taken from 8 different points and 9 different depths, the average pH value was found at 9.52 and the resulting data is looking at average concentration values of major cations calcium 355.3, magnesium 117.1, sodium 8 612.6, potassium 473.6, lithium 0.3 ppm; from the main anion fluoride 4.8, chloride 8 703.5, bromide 20.5, nitrate 3.7, phosphate 13.6, sulfate 2 900.4 ppm respectively. Under the legislation, the evaluation of the results obtained as a result of the ionic components contained in the water of Lake Van in the Regulation of Surface Water Quality in terms of its parameters according to IV. water quality was found to be in the class. This study includes significant innovations in terms of the techniques used although extensive research. Especially in terms of chromatographic techniques it is likely to make original contributions to the work in this area.

**Keywords:** Anion, cation, ion chromatography, Van Lake, water quality

<sup>1</sup> Aybek YİĞİT(0000-0001-8279-5908), Erhan ÖZTÜRK(0000-0003-4006-2428), İğdır Üniversitesi, Araştırma Laboratuvarı Uygulama Ve Araştırma Merkezi, Araştırma Laboratuvarı, İğdır, Türkiye

<sup>2</sup> Zeynep Turhan İRAK(0000-0002-3587-2576), İğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, İğdır, Türkiye

<sup>3</sup> Dilara ÖZTÜRK(0000-0003-2689-560X), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Van, Türkiye

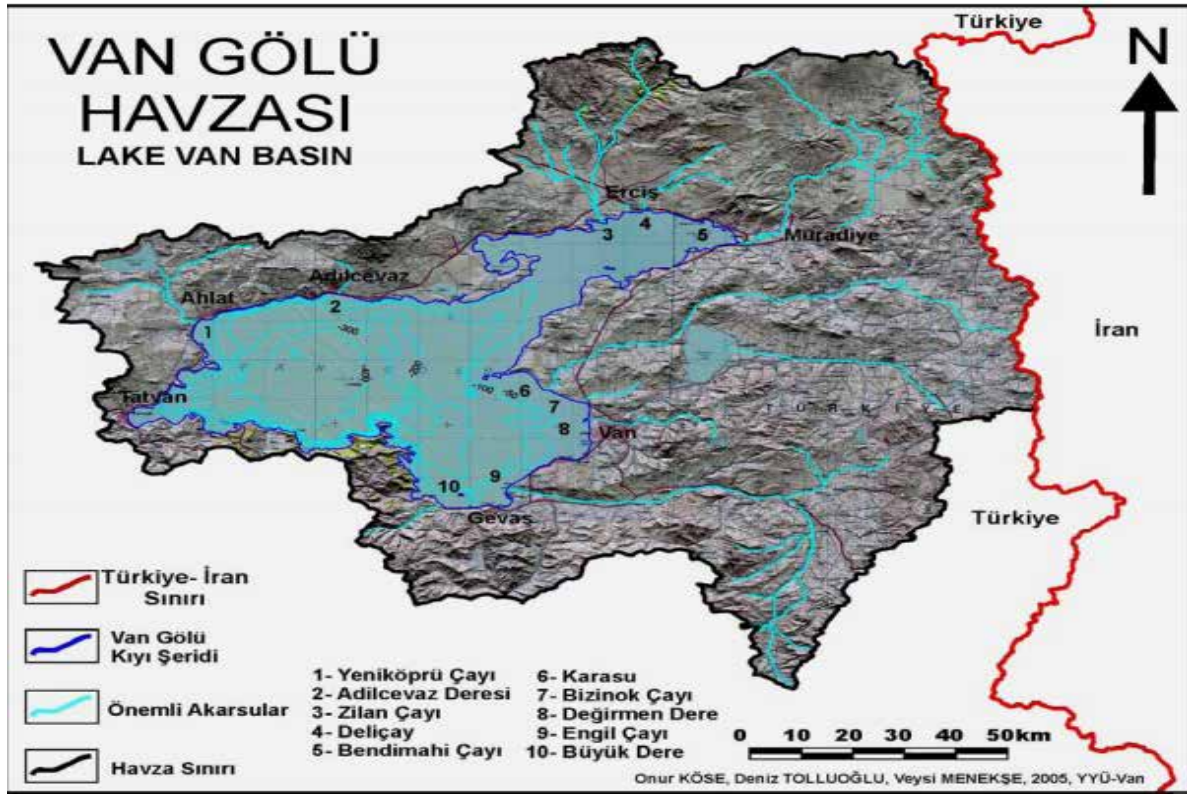
<sup>4</sup> Duygu ALPASLAN(0000-0002-6007-3397), Tekin ŞAHAN(0000-0001-8776-9338), Nahit AKTAŞ(0000-0001-9341-607X), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği, Van, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Zeynep Turhan İRAK, zeynepilanturhan@hotmail.com

## GİRİŞ

Van Gölü ülkemizin en büyük gölüdür. Bitlis ile Van il sınırları arasında, volkanik Nemrut dağıının patlaması sonucu oluşan kraterde biriken suların oluşturduğu volkanik set gölüdür. Gölün doğu-batı yönündeki uzunluğu 70 km, yüzölçümü 3.522 km<sup>2</sup>, hacmi 607 km<sup>3</sup>, çevresi karadan 430 km'dir (Kadioğlu ve ark., 1997; Özalp ve ark., 2006). En geniş yeri, Van-Tatvan arası olup 130 km'dir. Van Gölü su seviyesinin ortalama olarak denizden yüksekliği 1648 m, ortalama derinliği 171 m ve en derin yeri ise 460 m olarak ölçülmüştür (Kempe et al., 1991; Kadioğlu ve ark., 1997; Özalp ve ark., 2006). Van Gölü ve havzası sahip olduğu birçok özelliğinden dolayı araştırmacıların ilgisini çekmekte ve hem sosyal, hem kültürel hem de bilimsel anlamda araştırma konusu olarak literatürdeki yerini almaktadır. Van Gölü'nün tatlı su ve deniz

suyundan farklı bir sucül ekosistemi vardır. Van Gölü suyu hem acı, hem tuzlu ve hem de sodalıdır. Bunun en önemli nedeni, akarsuların beraberinde taşıdığı tuzlu suyun gölde birikmesi, ayrıca suyun buharlaşmasıyla suda yoğunlaşmasıdır. Tuz oranının yüksek olması, bor ve sodyumkarbonatın varlığından ayrıca volkanik kayaların fazlalığındandır. Tuzluluk oranı %0.224'dür. Sudaki tuz bileşenlerinin aralarındaki oranları; %42 NaCl, %34 NaCO<sub>3</sub>, %16 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, %3 KSO<sub>4</sub> ve %2.5 MgCO<sub>3</sub> olarak hesaplanmıştır (Çiftçi ve ark., 2008). Kapalı bir havza olan Van Gölü Havzası yaklaşık 20 000 km<sup>2</sup>'lik bir doğal yaşam alanıdır. Havza coğrafik konumu itibarıyla önem kazanmaktadır. Havzada yaklaşık 1 milyon insan nüfusu, bunun birkaç katı besi hayvanı ile sulak alanı kullanan çok sayıda doğal yaşam ve bitki çeşitliliği barınmaktadır. Van Gölü havza sınırları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Van Gölü Havza sınırları ve akarsular (Köse ve ark., 2005)

1978 yılında Degens ve arkadaşları tarafından yapılan bir araştırmada, Van Gölü'nde yapılan analizler neticesinde karbonat iyonunun derinlik değişikçe değiştiği gözlemlenmiş, bunun nedeni olarak ise derinliklere inildikçe basıncın artmasının karbonata etkisi gösterilmiştir. Bu araştırmada ayrıca göl suyunun

sahip olduğu kimyasal özellikleri belirlemek için gölde çok miktarda bulunan anyon ve katyonlar tespit edilmiş ve gölün sahip olduğu bazı ağır metallerin denizlerde tespit edilen miktarlara göre de çok yüksek olduğu ifade edilmiştir. Sudaki iyon konsantrasyonları Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Van Gölü suyunda çözünmüş halde bulunan anyon ve katyonlar (Degens et al., 1978)

	Bileşenler	Van Gölü suyundaki oranı (mg L <sup>-1</sup> )
Katyonlar	Sodyum (Na <sup>+</sup> )	7 747
	Potasyum (K <sup>+</sup> )	508
	Magnezyum (Mg <sup>2+</sup> )	94.8
	Kalsiyum (Ca <sup>2+</sup> )	5-10
	Lityum (Li <sup>+</sup> )	1.5
	Stronsiyum (Sr <sup>2+</sup> )	0.7
Anyonlar	Klorür (Cl <sup>-</sup> )	5 450
	Karbonat (CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> )	3 331
	Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	2 344
	Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> <sup>-1</sup> )	2 191
	Fosfat (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )	0.52

Tuğrul ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada (1984), göl suyunun sahip olduğu sodyum katyonunun diğer iyonlara oranla deniz suyuna göre yüksek, kalsiyum ve magnezyum katyonlarının ise düşük olduğu; karbonat (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) ve bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) anyonlarının toplamının klorür (Cl<sup>-</sup>) iyonu toplamından fazla olduğu görülmüştür. Araştırmada Van Gölü suyunun yaklaşık olarak %22 tuzluluk oranına sahip olduğu, pH'sının ise 9.5'tan yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Van Gölü dip çamurları siyah renkli organik kilden oluşmaktadır. Göl çamurlarının organik maddece zengin oluşu (H<sub>2</sub>S miktarı 100 gram numunede 0.2 gram) göldeki karbonat konsantrasyonunun zenginliğinin bir nedeni olup Van Gölü suyu bikarbonat ve karbonat iyonları bakımından da denizlerden daha zengindir. Gölde bu miktarda bulunan organik maddenin göl suyuna bikarbonat iyonları formunda karbon bileşikleri olarak girmesinden ve göl suyuna yüksek pH kazandırmasının nedeni olabileceği belirtilmiştir (Öztürk ve ark., 2004; Akyüz, 2008).

Özgökçe ve arkadaşlarının (2008), 2004-2006 yılları arasında yaptıkları çalışmada; çalışma alanı olarak Van Gölü kıyı şeridinde akarsu giriş noktaları, yerleşim alanları ve doğal alanlar olmak üzere üç farklı karakterde toplam 20 örnekleme istasyonu seçilmiştir. Aylık periyotlarla yapılan örnekleme bu noktalardan alınan su örneklerinin klorür, karbonat, bikarbonat, magnezyum, kalsiyum, bakır, çinko, demir, mangan, kadmiyum, kurşun ve pH değerleri saptanmıştır.

1995 yılında Bilgili ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada; Van Gölü anyon ve katyon içerikleri ile pH değerlerinin mevsimlere göre çok az değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum ise, su yatağını oluşturan doğal kaynaklardan ileri gelen tuzluluk öğelerinin kalıcı özellikte olduğunu ve içerikte bulunan karbonat, bikarbonat ve hidroksit gibi önemli anyonların etkin tampon ortamı oluşturduğunu göstermektedir. İçerdiği iyonlar, özellikle sodyum, klor ve sülfat bakımından Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre oldukça kirlenmiş (IV. sınıf su kalitesi) olduğu belirtilmiştir.

Su kalitesi; türlerin bileşimini, verimliliğini, bolluk durumlarını ve sucul türlerinde fizyolojik durumlarını etkilemektedir (Tepe, 2009). Diğer göller gibi Van Gölü de son ve sürekli alıcı ortam özelliği gösterdiği için kirlilikten birinci derecede etkilenmektedir. Farklı sebeplerle hem yüzey sularının su kalitesinin bozulması, hem de göllerdeki besleyici element dinamiği değişikliği su kalitesi araştırmalarına gün geçtikçe daha fazla önem kazandırmaktadır.

Bu çalışmada amaç, gerek bölge halkına gerekse Türkiye'ye turizm açısından fayda sağlayan Van Gölü suyunun iyon kromatografisi yöntemiyle iyonik bileşenlerini karakterize ederek su kalitesinin tespit edilmesidir (Yiğit, 2011). Van Gölü suyunun kimyasal özelliklerinin göl yüzeyi, göl suyu derinliği ve gölün farklı yerlerinden izlenmesi, tuzlanmayı oluşturan nedenlerin belirlenmesinde yararlı bilgiler vermiştir. Bu nedenle ana katyonların ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) ve anyonlarının ( $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ve  $\text{PO}_4^{3-}$ ) belirlenmesine gereksinim duyulmuştur. Bu parametrelerden özellikle sodyum ve klorür tuzlanmanın kökeninin ve boyutlarının tahmininde belirleyici faktördürler. Nitrat, florür ve sülfür ise ortamdaki kirlenmeyle ilgili unsurların araştırılmasında gerekli olan ön analizlerdir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

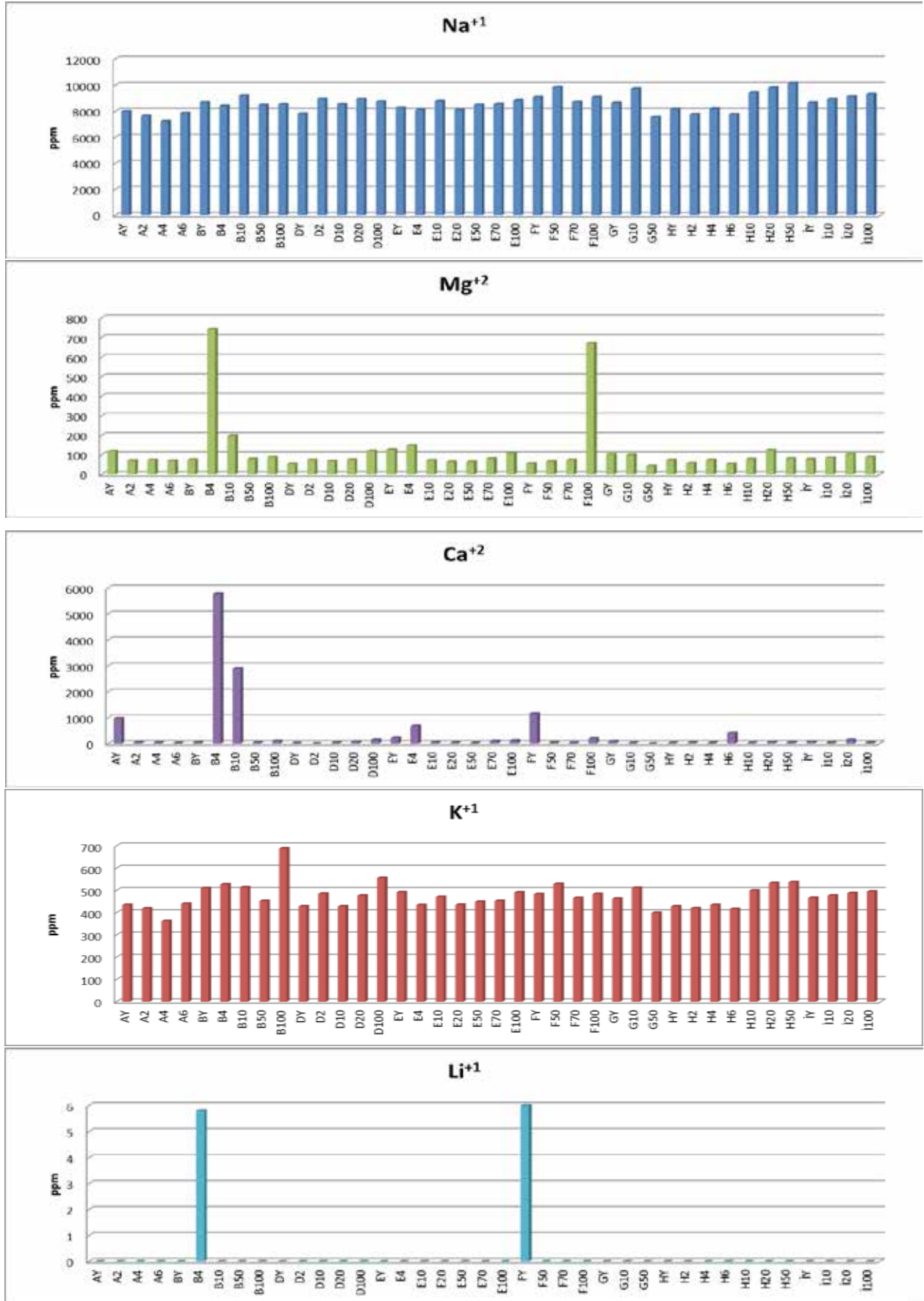
Su kalitesini gösteren, bazı parametrelerin seviyelerini belirlemek için Haziran 2011 tarihinde Van Gölü'nün uzaydan belirlenmiş koordinatları ile gölün 8 farklı bölgesinden (A,B,D,E,F,G,H,I) ve her bölgenin farklı (0,2,4,6,10,20,50,70,100 m) derinliklerinden 39 su örneği toplanmıştır. Araştırmada kullanılan numune kapları su örnekleri alınmadan bir gün önce %1-2 HCl asit banyosu ve saf sudan geçirilerek yıkanmış akabinde saf suyla

çalkandıktan sonra etüvde kurutulmuştur (Boyd and Tucker, 1992). Başta göl yüzeyinden olmak üzere alınan su numuneleri analiz için Yüzüncü Yıl Üniversitesi (YYÜ) Merkezi Laboratuvarı'na getirilmesini takiben uygun koşullarda muhafaza edilerek iki gün içerisinde analiz edildi.

Van Gölü suyundan alınan örnekler üstünde öncelikle anyon ve katyonlar için ayrı ayrı 50<sup>-</sup>, 100<sup>-</sup>, 500<sup>-</sup>, 1 000<sup>-</sup>, 2 000<sup>-</sup> seyreltme faktörleri denenmiş, en uygun seyreltme faktörü olarak anyonlar için 100<sup>-</sup> ve katyonlar için ise 2 000<sup>-</sup> belirlenmiştir. Analizler YYÜ Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan Dionex ICS-3000 marka iyon kromatografi cihazı kullanılarak yapılmıştır. Hareketli faz olarak katyonlar için 18 mM metasülfonik asit, anyonlar için ise 9-10 mM sodyum karbonat kullanılmıştır. Anyon analizi 7 değişik anyon için tek enjeksiyonda 20 dakika ve katyon analizi ise 6 değişik katyon için tek enjeksiyonda 18 dakika sürmüştür.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Haziran 2011 tarihinde Van Gölü'nde seçilen 8 nokta 9 farklı derinlikten alınan 39 adet su örneği; doğal tuzluluk, kirlilik (su kalitesi) ve pH durumunu da ortaya çıkarabilecek şekilde kimyasal olarak analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda Van Gölü suyunun doğal kalitesini, etkileyen faktörlerin yanında su ortamı için önemli kirleticilerin düzeyleri de ortaya konulmuştur. İyon kromatografisinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarından katyon derişimleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Yapılan analizlerde katyon derişimlerinin farklı noktalar ve farklı derinliklerdeki sonuçlarının en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 3 her örnekleme noktasının derinliklerine göre kendi içindeki katyon derişimlerinin ortalamasını göstermektedir.



Şekil 2. Van Gölü katyon analiz sonuçları

39 su numunesinden elde edilen analiz sonuçlarının grafiklerine bakıldığında Van Gölü suyundaki katyon derişimlerinde, alınan noktalar ve derinliklere göre değişikliklerin olduğu görülmektedir. Bu değişiklikler

sodyum ve potasyumda çok büyük farklılık göstermezken magnezyum, kalsiyum ve özellikle lityumda oldukça belirgindir.

**Çizelge 2.** Van Gölü katyon konsantrasyonlarının en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri

	Örnek Sayısı	En Düşük (ppm)	En Yüksek (ppm)	Ortalama (ppm)
Na <sup>+</sup>	39	7 227.2	10 151.2	8 612.6
K <sup>+</sup>	39	362.2	688.2	473.6
Mg <sup>2+</sup>	39	43.2	742	117.1
Ca <sup>2+</sup>	39	176.0	5 772.4	355.3
Li <sup>+</sup>	39	5.8	6.0	0.3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	39	nd	nd	nd

nd: analiz sınırlarının altında

Çizelge 2’de su numunelerindeki katyonların ortalama derişimlerine bakıldığında da sodyum ve magnezyum iyonlarının derişiminin diğer iyonlara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Literatürdeki (Degens et al., 1978; Bilgili ve ark., 1995) diğer araştırmalarla karşılaştırıldığında bu beklenen bir sonuçtur. Suda sodyum katyonun

varlığı tuzluluğunun, kalsiyumun ve magnezyumun varlığı ise sertliğinin (acılık) göstergesidir. Sodyum iyonunun, kalsiyum ve magnezyum iyonlarına oranla fazla olması suyun kalitesini düşürmektedir. Kirlilik göstergelerinden biri olan amonyum derişimi ise göl suyu numunelerinde analiz sınırlarının altında kalmıştır.

**Çizelge 3.** Van Gölü aynı nokta farklı derinlikteki ortalama katyon derişimleri

	Na <sup>+</sup> (ppm)	K <sup>+</sup> (ppm)	Mg <sup>2+</sup> (ppm)	Ca <sup>2+</sup> (ppm)	Li <sup>+</sup> (ppm)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)
A	7 675.1	413.9	83.0	272.0	nd	nd
B	8 651.8	538.2	235.9	1 170.5	1.2	nd
D	8 586.4	474.7	779	53.4	nd	nd
E	8 441.0	460.6	94.8	173.8	nd	nd
F	9 180.9	490.5	216.3	355.2	1.5	nd
G	8 639.9	457.6	81.7	35.1	nd	nd
H	8 748.3	466.8	76.9	89.6	nd	nd
İ	9 005.8	481.5	88.5	70.1	nd	nd

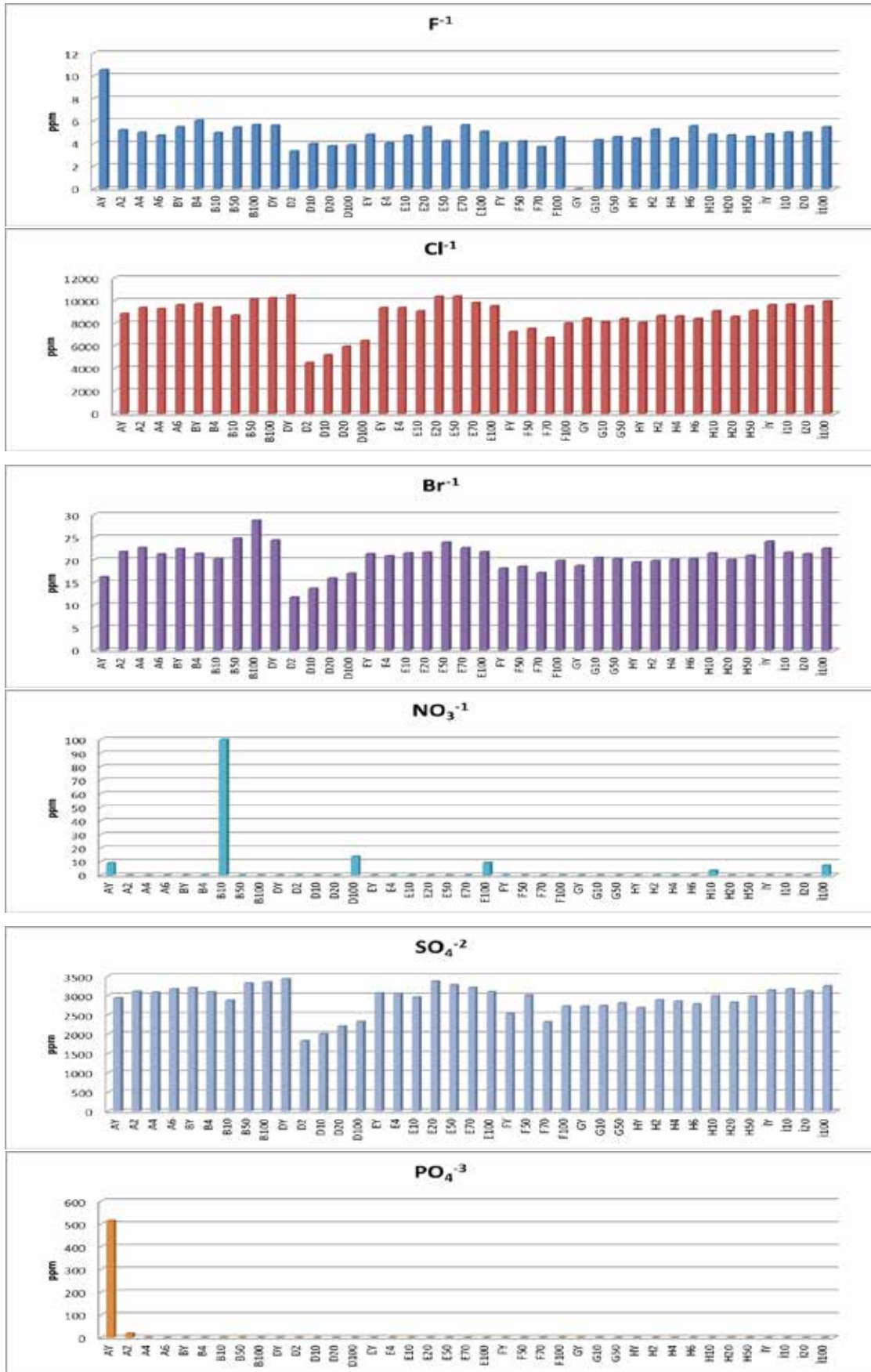
nd: analiz sınırlarının altında

Noktasal derinlik değişimlerine göre katyonların ortalama derişimleri değerlendirildiğinde, aynı noktadaki derinlik artışının ortalama katyon derişimini çok etkilemediği görülmüştür.

Alınan 39 su numunesinin anyon derişimleri Şekil 3’de gösterilmiştir. Yapılan analizlerde anyon derişimlerinin farklı noktalar ve farklı derinliklerdeki sonuçlarının en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri Çizelge 4’de, her örnekleme noktasının kendi içindeki

farklı derinlikteki anyon derişimlerinin ortalaması ise Çizelge 5’de verilmiştir.

Anyon analizlerinin sonuçlarında farklı nokta ve farklı derinliklerdeki derişim değişimleri incelendiğinde bölgesel ve derinliksel farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir; bu farkın florür (GY noktası hariç), klorür, bromür, sülfat için az aralıkta olsa da nitrat ve fosfat için oldukça belirgin olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 3. Van Gölü anyon analizi sonuçları

**Çizelge 4.** Van Gölü anyon konsantrasyonlarının en yüksek, en düşük ve ortalama değerleri

	Örnek Sayısı	En Düşük (ppm)	En Yüksek (ppm)	Ortalama (ppm)
F <sup>-</sup>	39	3.31	10.5	4.8
Cl <sup>-</sup>	39	4 508.2	10 480.0	8 703.5
Br <sup>-</sup>	39	11.65	28.7	20.5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	39	nd	nd	nd
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	39	3.4	99.6	3.7
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	39	1 816.4	3 421.4	2 900.4
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	39	16.9	513.7	13.6

nd: analiz sınırlarının altında

Klorür içeriği sulardaki mineral içeriğinin fazla olması anlamına gelir ve 250 ppm'den yüksek konsantrasyonlarda tuz tadı oluşturur. Suda bulunan toplam çözülmüş katı madde içinde klorür iyonları genellikle en önemli bileşeni oluşturmaktadır. Klorür derişiminin yüksek olması tuzluluğun, bunun yanı sıra özellikle sülfat ve nitrat iyonlarının varlığı da sudaki kirliliğinin göstergesi olmaktadır. Sucul yaşamın verimliliğini etkileyen ve önemli bir besleyici mineral

olan fosfat ise su kalitesini belirleyen parametrelerden biridir. Su numunelerinde yapılan analizlerde nitrit iyon derişimi analiz sınırlarının altında kalmıştır.

Aynı noktadan alınan su numunelerinde derinlik değışimlerine göre anyonların ortalama derişimleri değılendirildiğinde, aynı noktadaki derinlik artışının ortalama anyon derişimini çok da etkilemediği görülmüştür.

**Çizelge 5.** Van Gölü aynı nokta farklı derinlikteki ortalama anyon derişimleri

	F <sup>-</sup> (ppm)	Cl <sup>-</sup> (ppm)	Br <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (ppm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (ppm)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)	PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ppm)
A	6.4	9 276.1	20.5	nd	2.47	3 063.1	132.7
B	5.5	9 634.1	23.5	nd	19.9	3 156.9	nd
D	4.1	6 213.1	16.5	nd	2.8	2 350.4	nd
E	4.9	9 695.4	21.9	nd	1.3	3 135.6	nd
F	4.1	7 373.3	18.4	nd	nd	2 638.3	nd
G	2.9	8 322.8	19.8	nd	nd	2 747.4	nd
H	4.8	8 640.9	20.3	nd	0.5	2 849.8	nd
İ	5.1	9 694.8	22.4	nd	1.9	3 158.6	nd

nd: analiz sınırının altında

## SONUÇ

Bu çalışmada, Van gölü suyunun iyonik karakterizasyonu incelenerek suyun doğal kalitesini etkileyen faktörler ortaya konularak suyun kalitesi belirlenmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 6'da verilen

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ndeki (YSKY) kıtaçi yerüstü su kaynaklarının genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler açısından sınıflarına göre kalite kriterleri ile karşılaştırılmıştır (Resmi Gazete YSYK, 2012).



**Çizelge 6.** Kıta içi yerüstü su kaynaklarının genel kimyasal ve fizikokimyasal parametreler açısından sınıflarına göre kalite kriterleri (YSYK, 2012)

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV (zayıf)
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
Amonyum azotu (ppm)	<0.2	1	2	> 2
Nitrat azotu (ppm)	<3	10	20	> 20
Florür (ppb)	≤1 000	1 500	2 000	> 2 000

Su kaynaklarının hepsi başta okyanuslar olmak üzere, denizler, göller ve akarsular çoğunlukla son alıcı ve uzaklaştırıcı ortamlardır. Bakteriler, virüsler, hastalık yapıcı birçok canlı yapısı, organik ve yapay kimyasal maddeler, endüstri atıkları, yapay ve doğal tarımsal gübreler, inorganik tuzlar, yağlar, sentetik ve radyoaktif maddeler suyun içerdiği fiziksel ve kimyasal parametreleri değiştirir. Bunlardan birinin bile suyun içerisinde az veya çok olması suyun kalitesini etkilemektedir. Çevresel kaynaklı kirlenmeler olmadığı sürece suyun içerdiği tuzluluk ve organik madde miktarı ile pH değerleri genellikle stabil özellik göstermektedir. Su bölgesindeki jeolojik ve morfolojik yapı, dökülen dereler, hidrolojik döngü, (yağış, buharlaşma, yoğunlaşma, sızma); etrafında yapılan ziraai faaliyetler suyun içeriğindeki parametreleri değiştirebilir. Çalışmada 8 farklı nokta 9 farklı derinlikten alınan 39 su numunesinin ortalama pH değeri 9.52 olarak bulunmuştur; bu da Van Gölü suyunun alkali pH'ye sahip olduğunu göstermektedir. Literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında (Tuğrul ve ark., 1984; Bilgili ve ark., 1995), aradan zaman geçmesine rağmen suyun pH değerinde çok fazla bir değişim olmadığı belirlenmiş ve bunun Van Gölü'nün kapalı göl olma özelliğinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ndeki (Resmi gazete, SKKY, 2004) Tablo 1'e göre (Mülga:RG-30/11/2012-28483) Van Gölü suyu pH bakımından IV.sınıf kalitede su sınıfına girmektedir. Ancak şuan yürürlükte olan YSKY'ne göre yerüstü su kaynakları kalite kriterlerine göre 4 grupta sınıflandırılmış olup

bütün sınıflandırmalarda pH 6 ile 9 arasındadır (2012). Çalışmada ortalama pH değeri 9.52 olup Van Gölü suyu pH bakımından IV. sınıf için verilen kalite parametresinden daha düşük kalitededir.

Yapılan katyon analiz sonuçlarında Van Gölü'nde sodyum miktarı 7 227.2 - 10 151.2 ppm arasında değişmiştir. Sodyum ortalama derişimi ise 8 612.6 ppm'dir. Bu değer Degens ve arkadaşlarının (1978) çalışma sonuçlarıyla karşılaştırıldığında, sodyum miktarında bir artış olduğu görülmüştür. Bunun sebebi olarak gittikçe artan oranda evsel atık suyun göle verilmesi gösterilebilir. Van gölü suyunda potasyum 362.2-688.2 ppm aralığında, magnezyum 43.2 - 742 ppm aralığında, kalsiyum ise 176 - 5 772.4 ppm aralığında değişmiştir. Potasyum, magnezyum ve kalsiyum ortalama derişimleri hesaplandığında (analiz sınırlarından küçük olan derişimler sıfır olarak kabul edilmiştir) sırasıyla 473.6 ppm; 117.1 ppm; 355.3 ppm olarak bulunmuştur. Sodyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum iyonları açısından SKKY Tablo 1'e göre (Mülga:RG-30/11/2012-28483) Van Gölü suyunun IV.sınıf su olduğu belirlenmiştir. Bahse konu olan parametreler 30.11.2012 tarihinden beri yürürlükte olan Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine (YSKY) göre su kalite kriterlerine girmemektedir. Sodyum, kalsiyum ve magnezyum değerlerinin daha önceki çalışmaları da destekler nitelikte olduğu göz önüne alındığında tuzlu ve sert su özelliğine sahip göl suyu sulamaya uygun değildir. Lityum iyonu sadece iki noktada (B4 ve FY) analiz edilebilir sınırları geçmiştir ve ortalaması 0.3 ppm olarak bulunmuştur. Ancak deniz suyunda

bile ortalama 0.1 ppm civarında bulunan lityumun Van Gölü suyunda bulunması araştırmaya açık bir konudur. Su kalitesi sınıflandırılmasının en önemli parametrelerinden biri olan amonyum iyonu derişimleri 39 su numunesiyle yapılan bu çalışmada analiz sınırlarının aşığıında kalmıştır.

Anyon analizlerinde ise florür, klorür, bromür, nitrit, nitrat, sülfat ve fosfat iyonlarının derişimleri ölçülerek su kalitesi değerlendirilmesi yapılmıştır. Florür iyonunun ortalama derişimi 4.8 ppm olarak bulunmuştur. Hem mülga olan SKKY Tablo 1'e (Mülga:RG-30/11/2012-28483) göre hem de şuan yürürlükte olan YSKY'ne göre, florür açısından Van Gölü suyu IV. kalitede su sınıfına girmektedir. Florür suyun kirlenmesi takibinde kullanılan parametrelerdendir. Aynı zamanda yüksek florür derişiminin varlığı, kalsiyum ve magnezyum iyonlarının varlığında suyun korozifliğini arttırıcı özellik gösterir. Nitrat, sülfat ve fosfat iyonlarının derişimleri sırasıyla 3.4 – 99.6 ppm; 1 816.4 – 3 421.4 ppm; 16.9 – 513.7 ppm aralıklarında değişiklik göstermiştir. Nitrat iyonunun ortalama derişimi 3.7 ppm'dir. Van Gölü suyu SKKY Tablo 1'e (Mülga:RG-30/11/2012-28483) göre ortalama nitrat derişimi bakımından I. kalite sınıfında olarak belirlenmişti ancak 30.11.2012 tarihinde yürürlüğe giren YSKY'daki kıtaiçi yerüstü su kaynaklarının genel kimyasal ve fizikokimyasal parametre değerlerine göre II. kalite su sınıfına girmiştir. 2011 yılında yapılan bu çalışma klorür iyonu derişimi ortalaması 8 703.5 ppm değeriyle SKKY Tablo 1'e göre (Mülga:RG-30/11/2012-28483) IV.kalite su sınıfına girmiştir. Klorür iyonunun en düşük derişimi D noktasındaki 2m derinlikten alınan su örneğinde 4 508.2 ppm olarak, en yüksek derişimi ise yine D noktası yüzeyinden alınan su örneğinde 10 480.0 ppm olarak ölçülmüştür. Bromürün ortalama derişimi 20.5 ppm, fosfat iyonunun ortalama derişimi ise 13.6 ppm'dir. Bromürün varlığı endüstriyel atıkların su kirleticisi olarak etki ettiğini, fosfat iyonunun varlığı ise alglerin oluşumuna olanak sağlamasıyla kirletici olarak etki ettiğini düşündürmektedir. Aynı zamanda

fosfat; klorür, nitrat, sülfat iyonları gibi su sertliği üzerinde de etkindir. Nitrit iyonlarının derişimi 39 numunede de analiz sınırlarının altında kalmıştır. Sülfat iyonlarının ortalama derişimi 2 900.4 ppm olarak bulunmuştur. Literatürdeki daha önceki araştırmalarla kıyaslandığıında (Degens et al., 1978; Özgökçe ve ark., 2008) klorür, nitrat ve sülfat iyonlarının derişiminin arttığı görülmüştür.

Bu çalışma sonucunda Van Gölü suyunun su kalitesini ve özelliklerini belirleyen parametrelerden olan katyonların (sodyum, potasyum, magnezyum, kalsiyum ve amonyum) ve anyonların (florür, klorür, nitrit, nitrat, fosfat, sülfat) konsantrasyonları iyon kromatografisi yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğine" göre su kalitesi sınıflandırması en kötü ölçüm değerleri dikkate alınarak yapılır. Listedeki kirlilik parametrelerinden en az iki parametrenin en kötü durumu gösterdiği kategori su kalitesini temsil eder. Yalnız bir tek kirlilik parametresi veya seki disk derinliği, tabloda verilen sınır değerlerin %50'sini aşmıyorsa, tablodaki diğer üç parametreden en kötü olanının yer aldığı kategori su kalitesini temsil eder. Buna istinaden Van Gölü suyunun YSKY'ne göre IV. kalite (zayıf/çok kirlenmiş su) su olduğu belirlenmiştir. Bulunan sonuçların daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarla (Degens et al., 1978; Tuğrul ve ark., 1984; Bilgili ve ark., 1995; Özgökçe ve ark., 2008) uyum göstermesi iyon kromatografisi yönteminin hızlı ve doğru sonuç verdiğini desteklemiştir.

Van Gölü'nün dışarıya akışının bulunmaması ve dolayısıyla kendini yenileyememesi nedeniyle, gölde kirlilik yaratan parametrelerde artış görülmüştür. Göl suyunun daha da kirlenmemesi ve içinde yaşayan inci kefali balık türünün tehlike altına girmemesi için düzenli periyotlarda sürekli izlenmesi gereklidir. Sonuçları tam ve doğru olarak değerlendirilecek şekilde yürütülen bir izleme programı Van Gölü'nün su ürünleri ve su kalitesi yönetimi için yararlı bilgiler sağlayacaktır.

**KAYNAKLAR**

- Akyüz DE, 2008. Data mining technique to analysis of Van Lake water level 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı, 21-22 Ağustos 2008, Van.
- Bilgili A, Sağmanlıgil H, Çetinkaya N, Yarsan E, Türel İ, 1995. Van gölü suyunun doğal kalitesi ve buradan avlanan İnci kefalı (*Calcalburnus tarichii*, Pallas 1811) örneklerinde bazı ağır metal düzeyleri. Ankara Üniversitesi Vet. Fak. Dergisi, 42: 445-450.
- Boyd CE, Tucker CS, 2012. Pond Aquaculture Water Quality Management. Springer Science & Business Media. Second Edition, Massachusetts, USA. 700 p.
- Çiftçi Y, Isık MA, Alkevlı T, Yeşilova Ç, 2008. Van Gölü havzasının çevre jeolojisi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 32(2): 45-77.
- Degens ET, Wong HK, Kempe S, 1978. Van Gölü'nün jeolojik gelişimi: Bir özet. Degens ET, Kurtman F (Ed.). The Geology of Lake Van. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 169: 147-158.
- Kadıoğlu M, Şen Z, Batur E, 1997. The greatest sodawater lake in the world and how it is influenced by climatic change. Annales Geophysicae, 15: 1489-1497.
- Kempe S, Kazmierczak J, Landmann G, Konuk T, Reimer A, Lipp A, 1991. Largest known microbialites discovered in Lake Van, Türkiye. Nature, 349: 605-608.
- Köse O, Gökdere F, Tolluoğlu D, 2005. Van Gölü havzasının genel tanıtımı. 12. Ulusal Kil Sempozyumu, 05-09 Eylül, Van.
- Özalp S, Aydemir BS, Olgun Ş, Şimşek B, Elmacı H, Evren M, Emre Ö, Aydın MB, Kurtuluş O, Öcal F, Can AZ, Yanmaz MN, Apa R, Duman TY, 2016. Van Gölü (Edremit Körfezi) kuvaterner çökellerinde tektonik deformasyonlar. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 153.
- Özgökçe MS, Karaca İ, Atlıhan R, Kasap İ, Özgökçe F, Yıldız Ş, Polat E, 2008. Van Gölü kıyı kirliliğinin gösterge türlerle tayini. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları Van Gölü Hidrolojisi ve Kirliliği Konferansı, 21-22 Ağustos 2008, Van.
- Öztürk H, Görgün M, Vakfı TDA, 2004. Van Gölü bahar dönemi hidrografisi ve göl suyu homojenizasyonuna ait bulgular. Turkish J. Aquatic Life, 2: 380-389.
- Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 2004. Resmi Gazete, 25687, 31.12.2004.
- Tepe Y, 2009. Determination of the water quality of Reyhanlı Yenişehir Lake (Hatay). Ekoloji, 18(70): 38-46.
- Tuğrul S, Dümlü G, Bastürk Ö, İlhan R, Balkas T, 1984. Van Gölü özümleme kapasitesinin saptaması ve evsel nitelikli atıksu arıtımı ve desarji optimizasyonu. İller bankası Gn.Md. ve TÜBİTAK Marmara Arş. Ens. Ortak Projesi Raporu, Proje No: 0730018301, Gebze, 145: 111-185.
- Yerüstü Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, 2012. Resmi Gazete. 28483, 30.11.2012.
- Yiğit A, Turhan Irak Z, Öztürk D, Öztürk E, Alpaslan D, Şahan T, Aktaş N, 2011. Van Gölü suyunun iyon kromatografisi kullanılarak yapılan analizi. Kromatografi 2011 Kongresi, 7-10 Eylül 2011, Diyarbakır.



## Thermal Behavior of Aqueous Cerium Oxide Nano-Suspension under the Pool Boiling Conditions

Doğan ÇİLOĞLU<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** The present paper focuses on an experimental study of pool boiling characteristics of cerium oxide (CeO<sub>2</sub>, ceria) nano-suspension on a horizontal flat copper surface at atmospheric pressure. The nanofluid suspension is prepared by a two-step method and stabilized using Na-citrate, pH setting and ultrasonic vibration as well. The effect of applied heat flux to the boiling surface on pool boiling heat transfer coefficient (HTC) of cerium oxide nanofluid is experimentally examined and briefly discussed. The results illustrate that the pool boiling HTC increases with using cerium oxide nanofluid as working fluid. Also, the results show that the critical heat flux for cerium oxide nanofluid having 0.1 vol.% nanoparticle concentration improves up to 103% compared with the deionized water.

**Keywords:** Cerium oxide, critical heat flux, heat transfer, nanoparticles, pool boiling

## Havuz Kaynama Şartlarında Su-bazlı Cerium Oksit Nano-süspansiyonunun Termal Davranışı

**ÖZET:** Bu çalışma, atmosfer basıncı altında yatay bir bakır plaka üzerinde cerium oksit (CeO<sub>2</sub>, ceria) nano-süspansiyonunun havuz kaynama karakteristiklerinin deneysel olarak incelenmesi üzerine gerçekleştirilmiştir. Nano akışkan süspansiyonu iki adım metodu ile hazırlanmıştır ve Na-citrate ilavesi, pH ayarı ve ultrasonik titreşim uygulanarak kararlı hale getirilmiştir. Cerium oksit nano akışkanının havuz kaynama ısı transfer katsayısı üzerine kaynama yüzeyine uygulanan ısı akısının etkisi deneysel olarak incelenmiş ve sonuçlar tartışılmıştır. Deneysel sonuçlar, iş yapan akışkan olarak cerium oksit nano akışkanının kullanılması ile havuz kaynama ısı transfer katsayısının arttığını göstermiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlar, de-iyonize su ile karşılaştırıldığında, %0.1 hacimsel konsantrasyona sahip cerium oksit nano akışkanı için kritik ısı akısında %103 artış olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Cerium oksit, havuz kaynama, ısı transferi, kritik ısı akısı, nano partikül

<sup>1</sup> Doğan ÇİLOĞLU (0000-0002-7570-9271), Atatürk Üniversitesi, Erzurum Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Erzurum, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Doğan ÇİLOĞLU, dciloglu@atauni.edu.tr

## INTRODUCTION

Boiling heat transfer has a wide application area in cooling systems and power cycles. The efficiency of these systems depends on the thermal properties of the working fluid. In a boiling phenomenon, critical heat flux (CHF) is the limited point where overheating problem occurs due to the vapor bubbles fully covered to the heating surface. In this condition, the heat cannot be conveyed from the surface to the surrounding fluid and can finally damage the surface. Therefore, CHF is an undesirable phenomenon and it should be prevented. Recently, nanofluids have been used in many experimental and theoretical studies by the researchers. The researchers have determined that they provide useful advantages to improve the thermal properties of systems and a good option for the goal of CHF prevention (Bang and Chang, 2005; Sheikhabai et al., 2012; Shahmoradi et al., 2013; Ciloglu and Bolukbasi, 2015). Therefore, the nanofluids can be used for ultra-high heat flux electronic and aerospace applications and in advanced cooling systems as an efficient coolant (You et al., 1994; Kim et al., 2007; Harish et al., 2011; Okawa et al., 2012; Ahmed and Hamed, 2012).

Nanofluids are prepared as a colloidal suspension comprised of solid particles >100 nm dispersed into the conventional fluid such as water, ethylene glycol or engine oil. The most commonly used nanoparticles for nanofluids are generally metals (e.g., Cu, Al and Ag), ceramics (e.g., Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CuO, SiO<sub>2</sub>, and TiO<sub>2</sub>) or other materials (e.g., SiC and carbon nanotubes).

The present worldwide manufacture of cerium oxide nanoparticles is estimated to be ten thousand tons. Cerium oxide nanoparticles producers are sited worldwide. The main industrial segments in which cerium oxide nanoparticles expertise is probable to be working are electronics, catalysts, optics, environment, energy, paints and coatings (Keller et al., 2013; Collin et al., 2014). The use of cerium oxide nanoparticles fluids for enhancing

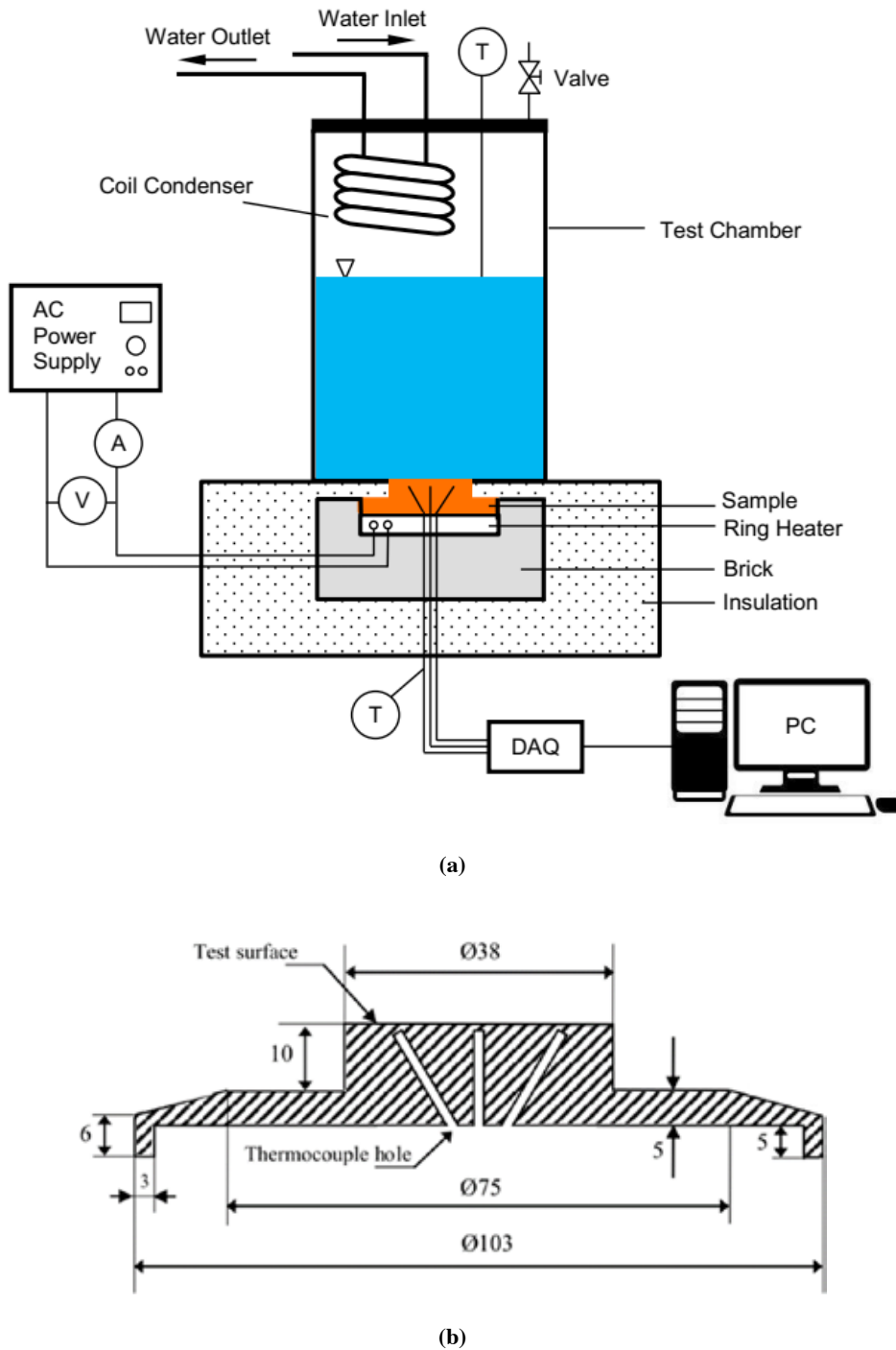
the thermo-physical has shown to be important in applications such as fuel cells, heat exchanger, heat transfer, tribology, coolant material, UV absorbent, filters and metal polishing (Herna'ndez et al., 2008; Ngoc et al., 2011; Zhao et al., 2013; Tiwari et al., 2013). Although many studies have been performed to investigate the pool boiling behavior of many types of nanofluids, there are limited number of studies on cerium oxide nano-suspensions. Therefore, this study may guide the investigators to encourage studies on the cooling application of this nanofluid.

In this study, the experiments are carried out to determine the pool boiling HTC and CHF value of cerium oxide aqueous nanofluid. The effect of heat flux applied to the boiling surface on pool boiling HTC of cerium oxide nanofluid is experimentally examined and briefly scrutinized.

## MATERIAL AND METHOD

### Experimental Setup

A schematic of the experimental facility used in this study is shown in Figure 1a. The test facility has several major components such as a boiling vessel, heating section and the data acquisition system. The boiling vessel made of borosilicate glass has dimensions Ø100x200mm. To operate at atmospheric pressure, a valve was mounted on the Teflon lid of the boiling vessel. To condense the generated vapor, a coil condenser is used on the lid and therefore to keep constant the volume concentration of the nano-suspension. Figure 1b illustrates the details of the copper block placed at the bottom of the vessel. The boiling takes place on the upper end of its 38 mm in diameter that the heat transfer area is 11.34 cm<sup>2</sup>. The uniform temperature distribution on the surface has been proved by numerical analysis of another author's work (Ciloglu, 2017). Prior to each test the boiling surface is mechanically polished using SiC emery paper with different grades and then with  $\alpha$ -alumina for mirror finish. The test surface is finally rinsed with deionized (DI) water.



**Figure 1.** (a) Schematic diagram of experimental setup; and (b) the details of the copper block. All dimension is based on mm

To measure the surface temperature, three K-type thermocouples are mounted 2 mm below the test surface at different locations and another is vertically fitted into the boiling vessel to record the

bulk fluid temperature, as illustrated in Figure 1a. Taking into account a small temperature drop across the distance of 2 mm between the thermocouples and boiling surface, the surface temperature

obtained from the mean of three thermocouples is estimated by extrapolation using the Fourier's law.

The uncertainty of the temperature measurement is  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ . The history of time, surface and fluid temperature is recorded using the data acquisition system (National Instruments, NI USB-6363).

The sealing between the specimen and the boiling vessel is provided by a silicone seal resistant to high temperature. An AC heater with a maximum power capability of 2.5 kW is closely embedded to the backside of copper block and the heat flux was controlled changing the voltage via 5 kW AC power supply. The copper block and AC heater are placed on a refractory brick.

The surroundings of them are well isolated by a rock wool to diminish the lateral heat loss and to transfer the heat flow towards the test surface.

## Preparation of Cerium Oxide Nano-suspension

**Collection of plant sample and preparation of plants extract and partially purification of peroxidase enzyme:** *Euphorbia* (*Euphorbia amygdaloides*) plant shown in Figure 2 was collected from Erzurum, Turkey, and it was recognized with the help of taxonomists. Plants were washed with distilled water several times. Then, *Euphorbia* was cut into small parts. The parts (50 g) were thoroughly shattered to form a homogeneous mixture in blender by using 500 mL of 10mM sodium phosphate buffer (pH:6). It was centrifuged at 9000 rpm for 10 min and the supernatant was used for next step. Prepared *Euphorbia* plant homogenate was saturated from 60 to 80% with ammonium sulphate and the partially purification of peroxidase enzyme was used for synthesis cerium oxide nanoparticles (Alayli et al., 2008; Cicek et al., 2015).



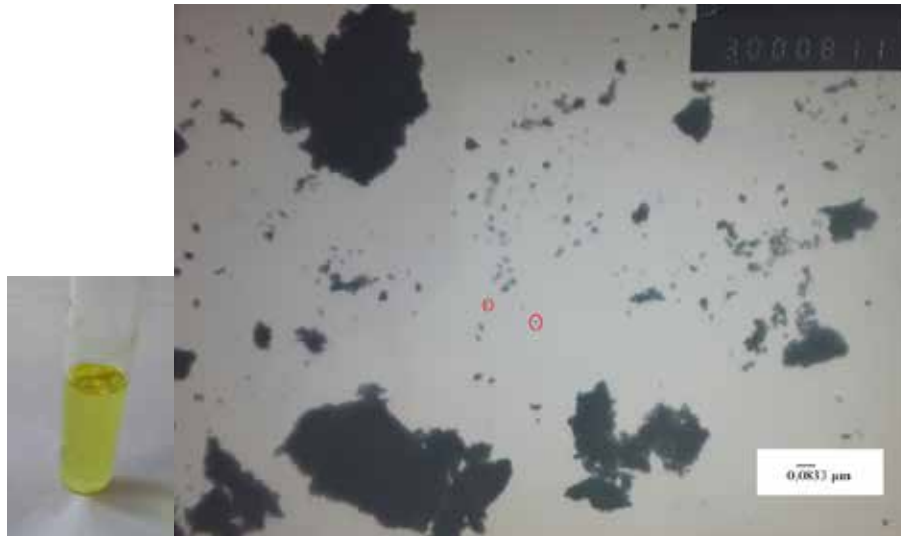
Figure 2. Photograph of *Euphorbia* (*Euphorbia amygdaloides*) plant

**Synthesis of cerium oxide nanoparticles and preparation of nano suspension:** 300 $\mu\text{L}$  of peroxidase enzyme was added in a sample of cerium sulfate solution ( $\text{CeSO}_4$ ) (10 mL, 10mM) and it was incubated for the reaction mixture in a closed space for 4 hours. The solution was turning from dark yellow to light yellow and this change indicated the presence of cerium nanoparticles. Then, water in the reaction medium was removed with the help of an evaporator and synthesized cerium oxide nanoparticles were dried at  $60^\circ\text{C}$  for 24 hours (Bindhu and Umadevi, 2013; Vahabi and Dorcheh, 2014).

The nanofluids were prepared using two-step method. The obtained cerium oxide nanoparticles (0.1 vol.%) were prepared using DI water containing

Na-citrate (0.1 wt.%) and its pH value was adjusted to be 10.0 using 1 M NaOH/ 1 M HCl. Barton et al. (2014) suggested that the cerium oxide nanoparticles act as a coagulant at higher concentrations. The improved colloidal constancy of the citrate-functionalized nanoparticles in the supernatant descriptions reduced removal to the solids with higher concentrations. In order to increase the stability of solutions, the suspension is also put in an ultrasonic bath (Everest Ultrasonic, model Clean Ex 1211) for about 2 h just before the experiment. Consequently, the final nano-suspension exhibited high colloidal constancy. The TEM image and the sample photo of cerium oxide nano-suspension with the volume concentration of 0.1 vol.% are shown in Figure 3.





**Figure 3.** TEM and sample photograph of cerium oxide nanoparticle suspension (0.1 vol.%)

### Experimental Procedure

The experiments in the present study were carried out at atmospheric pressure and saturated temperature for all the working fluids with the concentration of 0.1 vol.%. In each run, the fluid was loaded into the boiling vessel. The power was then gradually raised by an increment of 5% until the fluid reached the saturation temperature (92°C) and a steady state. In the experiments, approximately 10 min was required to reach the steady state condition which was a thermal equilibrium between the specimen and the fluid. Once this condition was reached, the input voltage and current was measured and saved by using two multi meters. The power was increased in small increments of 2% at closed to the expected CHF. This procedure continued until the CHF was taken place. When the CHF occurred, the vapor layer on the surface formed and the surface temperature quickly increased. At the moment, the power was suddenly shut down and the test was finished to inhibit any equipment failure. The boiling vessel was cleaned and reloaded for

different runs. In each test, a clean test surface and fresh nanofluid were utilized. For all boiling tests, the measurements were taken at least three times to check the repeatability.

In a typical boiling phenomenon, at low heat fluxes, the predominant mechanism is the natural convection where the vapor bubbles are not taken place on the heating surface. However, at high heat fluxes, the vapor bubbles are generated owing to the bubble interactions and its transport, and so the nucleate boiling starts. In these conditions, the rate of heat transfer importantly increases and an instantaneous decrease of surface superheat is observed. The nucleate boiling goes on till the CHF is reached (Sarafraz and Hormozi, 2014). Then, the temperature of the copper block instantly rises because the transition and film boiling regime happen. In this case, the power is rapidly turned off, and the heat flux value at this point is defined as CHF. The voltage and current readings are recorded by increasing the power of the heater for each step. The data obtained are used to create the boiling curves.

### Data Reduction and Uncertainty

The heat flux is calculated by:

$$q'' = VI/A \quad (1)$$

where  $V$  is the voltage,  $I$  is the current and  $A$  is the surface area. The boiling HTC is calculated as follows:

$$h = q'' / (T_s - T_{sat}) \quad (2)$$

where  $T_s$  and  $T_{sat}$  are the surface and the saturation temperature, respectively. The experimental uncertainty is determined using the error propagation analysis (Buchanan and Turner, 1992). Maximum uncertainties in the current and voltage are less than 1%. The uncertainties in the heat fluxes are calculated to be 14.5% and 8.3% as the lowest and highest heat fluxes, respectively.

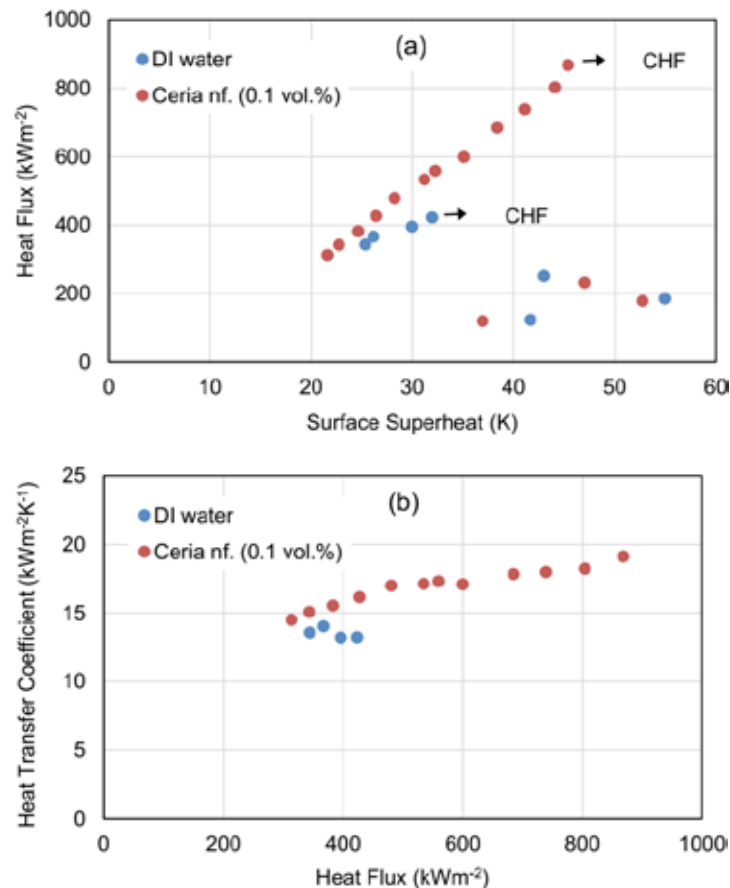
## RESULTS AND DISCUSSION

Figure 4a shows the effect of heat flux on the boiling characteristic of cerium oxide nanofluid at 0.1 vol. %. It is noted that the heat flux increases regularly with the surface superheat till the CHF point. From this figure, it can be concluded that the cerium oxide nanofluid exhibits 105% improvement in CHF ( $868 \text{ kWm}^{-2}$ ) as compared to that of DI water ( $423 \text{ kWm}^{-2}$ ).

Figure 4b depicts the variation of the heat flux versus the pool boiling HTC in nucleate boiling condition. It is seen that from this figure, the heat flux has a considerable effect on the pool boiling HTC. Namely, the pool boiling HTC dramatically increases as the applied heat flux increases.

The experimental results of this study are compared with the results in the literature. For example, Shahmoradi et al. (2013) also declared a 47% enhancement in CHF of  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{water}$  on a copper block having 38 mm diameter. In another study, Okawa et al. (2012) studied the boiling heat transfer for  $\text{TiO}_2/\text{water}$  nanofluids on a copper block with 20 mm diameter. They explained a 91% enhancement in CHF. Raveshi et al. (2013) also clarified a 64% enhancement in the heat transfer coefficient of water-EG based  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nanofluids on a copper cylinder of 40 mm diameter. As a result, a considerable increment in the CHF value of present nanofluid (103%) is obtained in this study.

A thin, weakly attached and easily removable layer of yellow nanoparticles is seen on the test surface after the pool boiling experiments with nanofluids. The some peculiarities of this nanoparticle layer including the effect of the surface roughness and the wettability can be facilitated to comprehend the fundamental phenomenon of the improvement in the pool boiling HTC and CHF (Liu and Qiu, 2007; Mourgues et al., 2013; Ciloglu et al., 2015; Ciloglu and Bolukbasi, 2015). The next research will be to determine the influences on the boiling heat transfer of the nanoparticle concentration and this nanoparticle layer.



**Figure 4.** Boiling curves of cerium oxide nanofluid with the DI water (a) Surface superheat vs. heat flux; and (b) heat transfer coefficient vs. heat flux

## CONCLUSION

The pool boiling behavior of cerium oxide nano-suspension with the nanoparticle concentration of 0.1 vol.% is experimentally investigated using the upper side of copper block with 38 mm diameter. The experiments are carried out under saturated and atmospheric conditions. The following conclusions have been made:

- It was seen that HTC can be improved with incorporation the solid nanoparticles in comparison with the DI water.
- Rate of enhancement can be intensified with increasing applied heat fluxes.
- The maximum increment of CHF is determined to be 103% for cerium oxide nanofluid compared to DI water.

## REFERENCES

- Ahmed O, Hamed MS, 2012. Experimental investigation of the effect of particle deposition on pool boiling of nanofluids. *Int. J. Heat Mass Transf.*, 55: 3423-3436.
- Alayli GA, Demir Y, Demir N, 2008. Purification of peroxidase from latex of *Euphorbia amygdaloides* and investigation of kinetic properties. *Asian J. Chem.*, 20: 477-482.
- Bang IC, Chang SH, 2005. Boiling heat transfer performance and phenomena of  $Al_2O_3$ -water nano-fluids from a plain surface in a pool. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 48: 2407-2419.
- Barton LE, Auffan M, Bertrand M, Barakat M, Santaella C, Masion A, Borschneck D, Olivi L, Roche N, Wiesner MR, Bottero JY, 2014. Transformation of pristine and citrate-functionalized  $CeO_2$  nanoparticles in a laboratory-scale activated sludge reactor. *Environ. Sci. Technol.*, 48: 7289-7296.
- Bindhu MR, Umadevi M, 2013. Synthesis of monodispersed silver nanoparticles using *Hibiscus cannabinus* leaf extract and its antimicrobial activity. *Spectrochim. Acta Part A: Mol. Biomol. Spectrosc.*, 101: 184-190.
- Buchanan JL, Turner PR, 1992. *Numerical Methods and Analysis*. McGraw-Hill, New York.
- Cicek S, Gungor AA, Adiguzel A, Nadaroglu H, 2015. Biochemical evaluation and green synthesis of nano silver using peroxidase from *Euphorbia (Euphorbia amygdaloides)* and its antibacterial activity. *J. Chem.*, 486948: 7.
- Ciloglu D, 2017. An experimental investigation of nucleate pool boiling heat transfer of nanofluids from a hemispherical surface. *Heat Transfer Eng.*, <http://dx.doi.org/10.1080/01457632.2016.1212571>.
- Ciloglu D, Bolukbasi A, 2015. A comprehensive review on pool boiling of nanofluids. *Applied Thermal Engineering*, 84: 45-63.
- Ciloglu D, Bolukbasi A, Cifci H, 2015. Experimental investigation of pool boiling heat transfer in nanofluids around spherical surfaces. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 30: 405-415.
- Collin B, Auffan M, Johnson AC, Kaur I, Keller AA, Lazareva A, Lead JR, Ma X, Merrifield RC, Svendsen C, White JC, Unrine J.M., 2014. Environmental release, fate and ecotoxicological effects of manufactured ceria nanomaterials. *Environ. Sci.: Nano*, 1: 533-548.
- Harish G, Emlin V, Sajith V, 2011. Effect of surface particle interactions during pool boiling of nanofluids. *Int. J. Therm. Sci.*, 50: 2318-2327.
- Hernández BA, González R, Viesca JL, Fernández JE, Díaz FJM, Machado A, Chou R, Riba J, 2008.  $CuO$ ,  $ZrO_2$  and  $ZnO$  nanoparticles as antiwear additive in oil lubricants. *Wear*, 265: 422-428.
- Keller A, McFerran S, Lazareva A, Suh S, 2013. Global life cycle releases of engineered nanomaterials. *J. Nanopart. Res.*, 15: 1-17.
- Kim SJ, Bang IC, Buongiorno J, Hu LW, 2007. Surface wettability change during pool boiling of nanofluids and its effect on critical heat flux. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 50: 4105-4116.
- Liu ZH, Qiu YH, 2007. Boiling heat transfer characteristics of nano fluids jet impingement on a plate surface. *J. Heat Mass Transfer*, 43: 699-706.
- Mourgues A, Virginie H, Muller T, Marylise CC, 2013. Boiling behaviors and critical heat flux on a horizontal and vertical plate in saturated pool boiling with and without  $ZnO$  nanofluid. *Int. J. Heat Mass Transfer*, 57: 595-607.
- Ngoc ND, Minh DL, Quang KN, Byung SK, 2011. UV absorption by cerium oxide nanoparticles/epoxy composite thin films. *Adv. Nat. Sci., Nanosci. Nanotechnol.*, 2: 045013.
- Okawa T, Takamura M, Kamiya T, 2012. Boiling time effect on CHF enhancement in pool boiling of nanofluids. *Int. J. Heat Mass Transf.*, 55: 2719-2725.
- Raveshi MR, Keshavarz AM, Mojarrad S, Amiri S, 2013. Experimental investigation of pool boiling heat transfer enhancement of alumina-water-ethylene glycol nanofluids. *Exp. Thermal Fluid Sci.*, 44: 805-814.

The use of a plant-based material as an efficient coolant in heat transfer applications is an exciting development for heat transfer engineers.

**Acknowledgments:** This research was supported by the BAP-2012/490 project of the Research Fund of Ataturk University.

## Nomenclature

- A surface area,  $m^2$   
 h heat transfer coefficient,  $W m^{-2} K^{-1}$   
 I input current, A  
 $q''$  heat flux,  $W m^{-2}$   
 T temperature,  $^{\circ}C$   
 U input voltage, V  
 s surface  
 sat saturate

- Sarafraz MM, Hormozi F, 2014. Nucleate pool boiling heat transfer characteristics of dilute Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ethyleneglycol nanofluids. *Int. Commun. Heat Mass Transf.*, 58: 96-104.
- Shahmoradi Z, Etesami N, Esfahany MN, 2013. Pool boiling characteristics of nanofluid on flat plate based on heater surface analysis. *Int. Commun. Heat Mass Transf.*, 47: 113-120.
- Sheikhhahai M, Esfahany MN, Etesami N, 2012. Experimental investigation of pool boiling of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ethylene glycol-water nanofluid in electric field. *Int. J. of Therm. Sci.*, 62: 149-153.
- Tiwari AK, Ghosh P, Sarkar J, 2013. Performance comparison of the plate heat exchanger using different nanofluids. *Exp. Therm. Fluid Sci.*, 49: 141-151.
- Vahabi K, Dorcheh SK, 2014. Biosynthesis of silver nanoparticles by *Trichoderma* and its medical applications, in *Biotechnology and Biology of Trichoderma*, Gupta VK, Schmoll M, Herrera-Estrella A, Upadhyay RS, Druzhinina I, Tuohy MG, Eds., chapter 29, 393-404, Elsevier, London, UK.
- You SM, Hong YS, O'Connor JP, 1994. The onset of film boiling on small cylinders: local dryout and hydrodynamic critical heat flux mechanisms. *Int. J. Heat Mass Transf.*, 37: 2561-2569.
- Zhao C, Chen YK, Ren G, 2013. A study of tribological properties of water-based ceria nanofluids. *Tribol. Trans.*, 56: 275-283.

## Numerical Solution for High-Order Linear Complex Differential Equations By Hermite Polynomials

Faruk DÜŞÜNCELİ<sup>1</sup>, Ercan ÇELİK<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** In this paper, the numerical solutions of complex differential equations are provided by the Hermite Polynomials and carried on two problems. As a result, the exact solutions and numerical one's have compared by tables and graphs that the method is practical, reliable and functional.

**Keywords:** Hermite polynomials, linear complex differential equations, numerical solution



## Yüksek Mertebeden Lineer Kompleks Diferansiyel Denklemlerin Hermite Polinomları ile Nümerik Çözümleri

**ÖZET:** Bu makalede lineer kompleks diferansiyel denklemleri hermite polinomları vasıtasıyla nümerik çözümünü sağladık ve iki test problemine uyguladık. Tam çözümler ile nümerik çözümleri tablo ve grafikler ile karşılaştırdık. Sonuç olarak metodumuzun güvenilir, pratik ve kullanışlı olduğunu gördük.

**Anahtar Kelimeler:** Hermite polinomları, lineer kompleks diferansiyel denklemler, nümerik çözüm

<sup>1</sup> Faruk DÜŞÜNCELİ (0000-0002-2368-7963), Mardin Artuklu Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Mardin, Türkiye

<sup>2</sup> Ercan ÇELİK (0000-0002-1402-1457), Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Bölümü, Erzurum, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Faruk DÜŞÜNCELİ, farukdusunceli@artuklu.edu.tr

## INTRODUCTION

Different type of differential equations have been solved with Taylor (Sezer and Yalçınbaş, 2009), Bessel (Yüzbaşı et al., 2011), Laguerre (Gülsu et al., 2011), Hermite (Yüzbaşı et al., 2011), Legendre (Tohidi, 2012;

Düşünceli and Çelik, 2015) and Fibonacci polynomials (Düşünceli and Çelik, 2017). In this paper, the matrix operates between the Hermite polynomials and their derivatives, we utilized the Hermite method to solve linear complex differential equation.

$$\sum_{n=0}^m P_n(z) f^{(n)}(z) = g(z) \quad (1)$$

with the initial conditions

$$f^{(t)}(\alpha) = \vartheta_t \quad t = 0, 1, \dots, m-1 \quad (2)$$

We accept  $f(z)$  is unknown function,  $P_n(z)$  and  $g(z)$  are analytical functions in the circular domain which  $D = \{z = x + iy, z \in \mathbb{C}, |z| \leq r, r \in \mathbb{R}^+\}$ ;  $\alpha \in D$ ,  $\vartheta_t$  is appropriate complex or real constant.

Suppose that the solution of (1) under the initial conditions (2) is approximated

$$f(z) = \sum_{n=0}^N a_n H_n(z), \quad z \in D \quad (3)$$

which is the Hermite series of the unknown function  $f(z)$ , where all of  $a_n$  are the Hermite coefficients to be determined. Hermite polynomials defined by

$$H_n(z) = n! \sum_{m=0}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} \frac{(-1)^m}{m! (n-2m)!} (2z)^{n-2m}$$

Where  $\lfloor \frac{n}{2} \rfloor = \frac{n}{2}$  if  $n$  is even and  $\lfloor \frac{n}{2} \rfloor = \frac{n-1}{2}$  if  $n$  is odd and we use the collocation points

$$z_{pp} = \frac{r}{N} p e^{i\theta} p, \quad 0 < \theta \leq 2\pi, r \in \mathbb{R}^+, p \in 0, 1, \dots, N \quad (4)$$

**MATERIAL AND METHOD**

We can write the desired solution  $f(z)$  of Equation (3)

$$f(z) = H(z)A \tag{5}$$

where

$$H(z) = [H_0(z) \quad H_1(z) \quad \dots \quad H_N(z)]$$

and

$$A = [a_0 \quad a_1 \quad \dots \quad a_N]^T$$

The Hermite polynomials  $H_n(z)$  can be formed in matrix form as

$$H(z) = Z(z)B^T \tag{6}$$

where

$$Z(z) = [1 \quad z \quad z^2 \quad \dots \quad z^N]$$

and whether N is odd,

$B$

$$= \begin{bmatrix} 0! \frac{(-1)^0}{0! 0!} 2^0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1! \frac{(-1)^0}{0! 1!} 2^1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 2! \frac{(-1)^1}{1! 0!} 2^0 & 0 & 2! \frac{(-1)^0}{0! 2!} 2^2 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 3! \frac{(-1)^1}{1! 1!} 2^1 & 0 & 3! \frac{(-1)^0}{0! 3!} 2^3 & 0 & \dots & 0 \\ 4! \frac{(-1)^2}{2! 0!} 2^0 & 0 & 4! \frac{(-1)^1}{1! 2!} 2^2 & 0 & 4! \frac{(-1)^0}{0! 4!} 2^4 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & n! \frac{(-1)^{\frac{(n-1)}{2}}}{\left(\frac{n-1}{2}\right)! 1!} 2^1 & 0 & n! \frac{(-1)^{\frac{(n-3)}{2}}}{\left(\frac{n-3}{2}\right)! 3!} 2^3 & 0 & \dots & n! \frac{(-1)^0}{0! n!} 2^n \end{bmatrix}^{N+1 \times N+1}$$

whether N is even,

$$B = \begin{bmatrix} 0! \frac{(-1)^0}{0! 0!} 2^0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1! \frac{(-1)^0}{0! 1!} 2^1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 2! \frac{(-1)^1}{1! 0!} 2^0 & 0 & 2! \frac{(-1)^0}{0! 2!} 2^2 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 3! \frac{(-1)^1}{1! 1!} 2^1 & 0 & 3! \frac{(-1)^0}{0! 3!} 2^3 & \dots & 0 & 0 \\ 4! \frac{(-1)^2}{2! 0!} 2^0 & 0 & 4! \frac{(-1)^1}{1! 2!} 2^2 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ n! \frac{(-1)^{\left(\frac{n}{2}\right)}}{\left(\frac{n}{2}\right)! 0!} 2^0 & 0 & n! \frac{(-1)^{\left(\frac{n-2}{2}\right)}}{\left(\frac{n-2}{2}\right)! 2!} 2^2 & 0 & \dots & n! \frac{(-1)^0}{0! n!} 2^n & 0 \end{bmatrix}_{N+1 \times N+1}$$

Then, the relation between the matrix  $H(z)$  and its derivatives  $H'(z), H^{(2)}(z), \dots, H^{(n)}(z)$  are

$$\begin{aligned} H'(z) &= H(z)K^T \\ H^{(2)}(z) &= H(z)(K^T)^2 \\ &\vdots \\ H^{(n)}(z) &= H(z)(K^T)^n \end{aligned} \tag{7}$$

where

$$K = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & N \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}_{N+1 \times N+1}$$

By using the relations (6) and (7) we obtain the relation

$$f^{(n)}(z) = H^{(n)}(z)K^T A = H(z)(K^T)^n A = Z(z)B^T(K^T)^n A \tag{8}$$

By changing the collocation points  $z = z_{pp}$  into the relation (8), we get the following matrix equations



$$f^{(n)}(z_{pp}) = Z(z_{pp})B^T(K^T)^n A, \quad p \in 0, 1, \dots, N \quad (9)$$

For  $p = 0, 1, \dots, N$ , we can write the relation (9)

$$\begin{aligned} f^{(n)}(z_{00}) &= Z(z_{00})B^T(K^T)^n A \\ f^{(n)}(z_{11}) &= Z(z_{11})B^T(K^T)^n A \\ &\vdots \\ f^{(n)}(z_{NN}) &= Z(z_{NN})B^T(K^T)^n A \end{aligned}$$

where

$$Z = \begin{bmatrix} Z_{00} \\ Z_{11} \\ \vdots \\ Z_{NN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_0(z_{00}) & Z_1(z_{00}) & Z_2(z_{00}) & \cdots & Z_N(z_{00}) \\ Z_0(z_{11}) & Z_1(z_{11}) & Z_2(z_{11}) & \cdots & Z_N(z_{11}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ Z_0(z_{NN}) & Z_1(z_{NN}) & Z_2(z_{NN}) & \cdots & Z_N(z_{NN}) \end{bmatrix}$$

Let us modify the collocation points (4) into equation(1),

$$\sum_{n=0}^m P_n(z_{pp})f^{(n)}(z_{pp})A = g(z_{pp}) \quad (10)$$

We attain the basic matrix equation of the relations (8)–(10),

$$\sum_{n=0}^m \sum_{p=0}^N P_n(z_{pp})Z(z_{pp})B^T(K^T)^n A = \sum_{p=0}^N G_p \quad (11)$$

where

$$P_n = \begin{bmatrix} P_n(z_{00}) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & P_n(z_{11}) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & P_n(z_{NN}) \end{bmatrix} \text{ and } G_p = \begin{bmatrix} g(z_{00}) \\ g(z_{11}) \\ \vdots \\ g(z_{NN}) \end{bmatrix}$$

Since the  $A$  is unknown and should be determined that the matrix equation (11) could be rewritten in the subsequent form:

$$WA = G \text{ or } [W; G] = [w_{pq}; g_p] \quad p, q = 0, 1, \dots, N \quad (12)$$

where,

$$W = \sum_{n=0}^m \sum_{p=0}^N P_n(z_{pp})Z(z_{pp})B^T(K^T)^n \text{ and } A = [a_0 \quad a_1 \quad \cdots \quad a_N]^T$$

or real constant.

We write the matrix shape of the initial conditions (2) by the aid of (8),

$$f^{(t)}(\alpha) = H(\alpha)(K^T)^t A = \vartheta_t \quad t = 0, 1, \dots, m - 1$$

In another hand the matrix shape of the initial conditions could be reformed as

$$U_t A = \vartheta_t \quad t = 0, 1, \dots, m - 1$$

where

$$U_t = H(\alpha)(K^T)^t \quad t = 0, 1, \dots, m - 1$$

the augmented form of these equations are

$$[U_t; \vartheta_t] = [u_{t0}, u_{t1}, \dots, u_{tN}; \vartheta_t] \quad t = 0, 1, \dots, m - 1 \tag{13}$$

Finally, to find the unknown Hermite coefficients connected to the approximate solution of the problem (1) under the initial conditions (2), we

require to replace them rows of (13) by the last  $m$  rows of the augmented matrix (12) and hence we have new augmented matrix

$$[\tilde{W}; \tilde{G}] = \begin{bmatrix} w_{00} & w_{01} & \cdots & w_{0N} & ; & g_0 \\ w_{10} & w_{11} & \cdots & w_{1N} & ; & g_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_{N-m\ 0} & w_{N-m\ 1} & \cdots & w_{N-m\ N} & ; & g_N \\ u_{00} & u_{01} & \cdots & u_{0N} & ; & \vartheta_0 \\ u_{10} & u_{11} & \cdots & u_{1N} & ; & \vartheta_1 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ u_{m-1\ 0} & u_{m-1\ 1} & \cdots & u_{m-1\ N} & ; & \vartheta_{m-1} \end{bmatrix} \tag{14}$$

or the matrix equation

$$\tilde{W}A = \tilde{G} \tag{15}$$

If can rewrite (15) in the form and the  $A$  is uniquely set. The solution is given by the Hermite series are determined. And so on, the  $m$ th order linear complex differential equation under the initial conditions has

an approximated. We can control the precision of the acquired solutions. Since the Hermite series are numerical solution of (1). So the equation should be approximately efficient for

$$z = z_j \in D, j = 0, 1, 2, \dots$$

$$E(z_j) = \left| \sum_{n=0}^m P_n(z_j) f^{(n)}(z_j) - g(z_j) \right| \cong 0 \quad (16)$$

or

$$E(z_j) \leq 10^{-l_j} \quad (l_j \text{ is any positive integer}).$$

If  $\max 10^{-l_j} = 10^{-l}$  is described, then the truncation limit  $N$  is put on until the values  $E(z_j)$  at each of the points  $z_j$  becomes smaller than the prescribed  $10^{-l}$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

In this part, two examples are given to illustrate the accuracy and effectiveness of the proposed way and all of them are complemented on a computer by using programs typed in Matlab. Therefore, we have recorded in tables, the values of the exact solution

$$\begin{aligned} f(x, y) = & x(573/9223372036854775808 + (21i)/144115188075855872) \\ & + y(-21/144115188075855872 \\ & + (573i)/9223372036854775808) \\ & + (x + yi)^2(-18014398509481987/36028797018963968 \\ & + (53i)/576460752303423488) \\ & + (x + yi)^3(-159/2305843009213693952 \\ & - (7i)/36028797018963968) \\ & + (x + yi)^4(1485316528861191/36028797018963968 \\ & - (11906580003201i)/36028797018963968) \\ & + (x + yi)^5(1666248956492659/2305843009213693952 \\ & - (41586247975829i)/36028797018963968) \\ & + 144115188075855857/144115188075855872 \\ & - (19i)/2305843009213693952 \end{aligned}$$

For  $N=10$ ,

$$\begin{aligned}
f(x, y) = & x(13882071/147573952589676412928 \\
& - (6532991i)/18446744073709551616) \\
& + y(6532991/18446744073709551616 \\
& + (13882071i)/147573952589676412928) \\
& + (x + yi)^2(-2305843009202906759/4611686018427387904 \\
& - (3280233i)/2305843009213693952) \\
& + (x + yi)^3(-1814333/18446744073709551616 \\
& + (735701i)/2305843009213693952) \\
& + (x + yi)^4(47986826942415845/1152921504606846976 \\
& + (38497718388899i)/576460752303423488) \\
& + (x + yi)^5(23264094237931/18446744073709551616 \\
& - (34829294771i)/2305843009213693952) \\
& + (x + yi)^6(-792491809524217/576460752303423488 \\
& - (2823403318151i)/288230376151711744) \\
& + (x + yi)^7(248913431329/4611686018427387904 \\
& - (159064944217i)/576460752303423488) \\
& + (x + yi)^8(13170887529351/576460752303423488 \\
& + (378968311233i)/288230376151711744) \\
& + (x + yi)^9(-658775106425/9223372036854775808 \\
& + (4512177617i)/1152921504606846976) \\
& + (x + yi)^{10}(-29038783659/288230376151711744 \\
& - (23378868389i)/144115188075855872) \\
& + 9223372036851657523/9223372036854775808
\end{aligned}$$

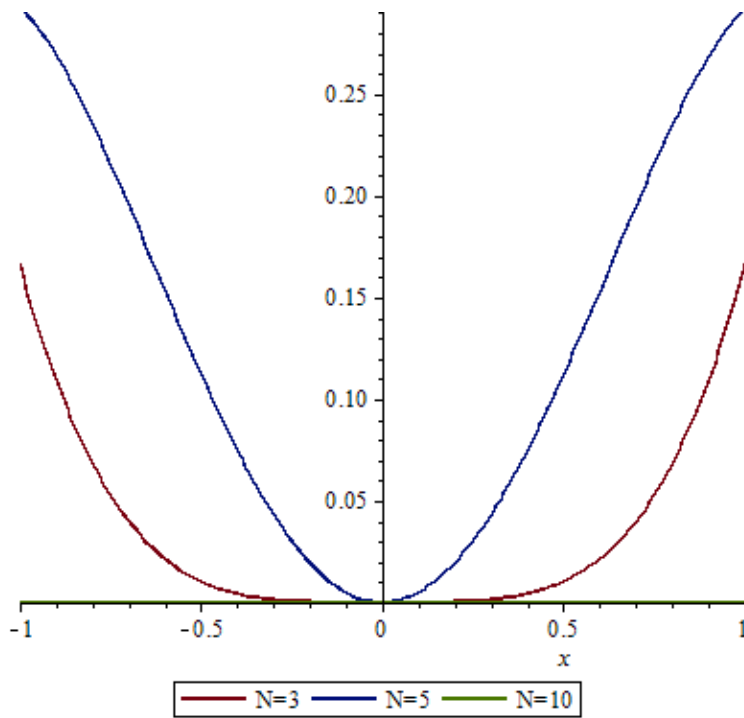
The solutions of the linear complex differential equation for  $N = 3, 5$  and  $10$  are obtained. The absolute errors shown in Tables 1,2 and in Figures 1,2.

**Table 1** Comparison of real parts of the exact solution and numerical one's for some values

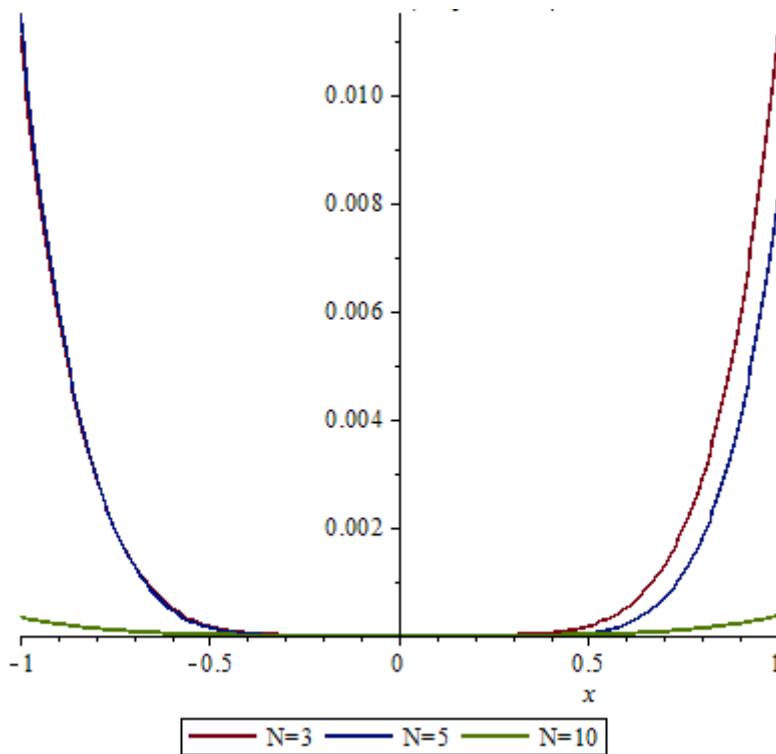
$z_j$	Exact solution(Real)	N=3	N=5	N=10
-.9(1+i)	.8908207824	1	.6216215573	.8908892455
-.8(1+i)	.9317999001	1	.6966493057	.9318501705
-.7(1+i)	.9600062080	1	.7647768674	.9600393451
-.6(1+i)	.9784066646	1	.8252866747	.9895949000
-.5(1+i)	.9895848832	1	.8775540316	.9895949000
-.4(1+i)	.9957335935	1	.9210479812	.9957378882
-.3(1+i)	.9986500259	1	.9553321731	.9986514289
-.2(1+i)	.9997333347	1	.9800657301	.9997336172
-.1(1+i)	.9999833333	1	.9950041154	.9999833512
0(1+i)	1	1	1	1
.1(1+i)	.9999833333	1	.9950041298	.9999833511
.2(1+i)	.9997333347	1	.9800661925	.9997336139
.3(1+i)	.9986500259	1	.9553356851	.9986514034
.4(1+i)	.9957335935	1	.9210627805	.9957377771
.5(1+i)	.9895848832	1	.8775991953	.9895945485
.6(1+i)	.9784066646	1	.8253990566	.9784252442
.7(1+i)	.960006208	1	.7650197690	.9600372394
.8(1+i)	.931799900	1	.6971228821	.9318457566
.9(1+i)	.890820782	1	.6224749574	.8908805837

**Table 2** Comparison of imaginer parts of the exact solution and numerical one's for some values

$z_j$	Exact solution(Im.)	N=3	N=5	N=10
-.9(1+i)	-.8040981746	-.81	-.8101521967	-.8043179038
-.8(1+i)	-.6370882357	-.64	-.6400242974	-.6372208337
-.7(1+i)	-.4886930379	-.49	-.4899727890	-.4887680105
-.6(1+i)	-.3594816533	-.36	-.3599629365	-.3595206898
-.5(1+i)	-.2498263975	-.25	-.2499713353	-.2498445938
-.4(1+i)	-.1599544898	-.16	-.1599838390	-.1599617215
-.3(1+i)	-.0899919000	-.09	-.0899934881	-.0899941321
-.2(1+i)	-.0399992888	-.04	-.0399984374	-.0399997218
-.1(1+i)	-.0099999888	-.01	-.0099998850	-.0100000001
0(1+i)	0	0	0	0
.1(1+i)	-.0099999888	-.01	-.0099998850	-.0100000000
.2(1+i)	-.0399992888	-.04	-.0399973324	-.0399997251
.3(1+i)	-.0899919000	-.09	-.0899850972	-.0899941575
.4(1+i)	-.1599544898	-.16	-.1599484800	-.1599618328
.5(1+i)	-.2498263975	-.25	-.2498634277	-.2498449507
.6(1+i)	-.3594816533	-.36	-.3596944279	-.3595216345
.7(1+i)	-.4886930379	-.49	-.4893924366	-.4887702076
.8(1+i)	-.6370882357	-.64	-.6388928054	-.6372254971
.9(1+i)	-.8040981746	-.81	-.8081132113	-.8043271515



**Figure 1.** The real parts of the absolute errors functions

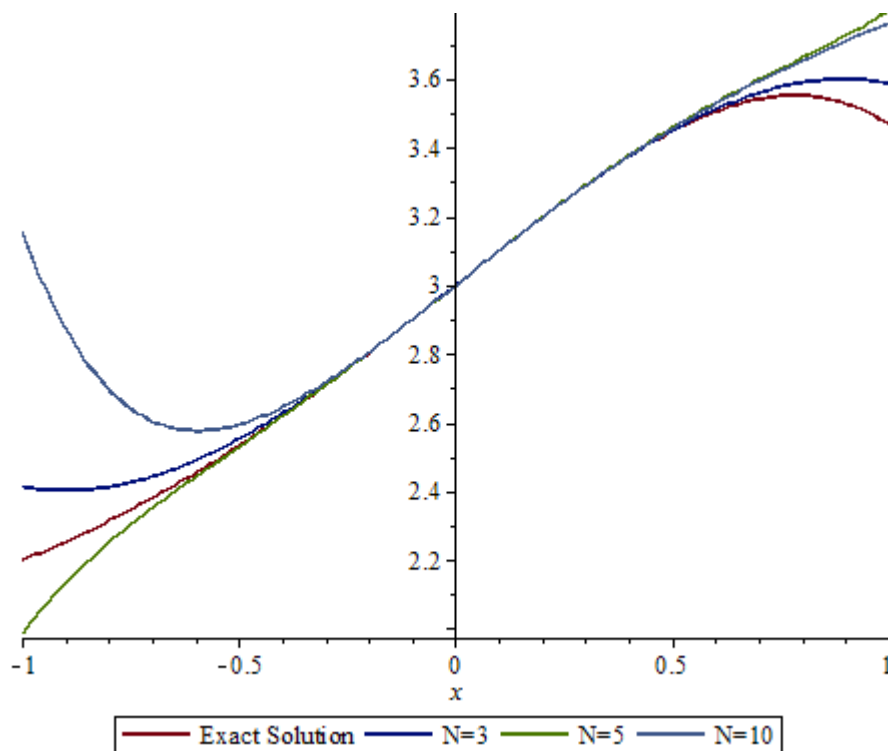


**Figure 2.** The imaginer parts of the absolute errors functions

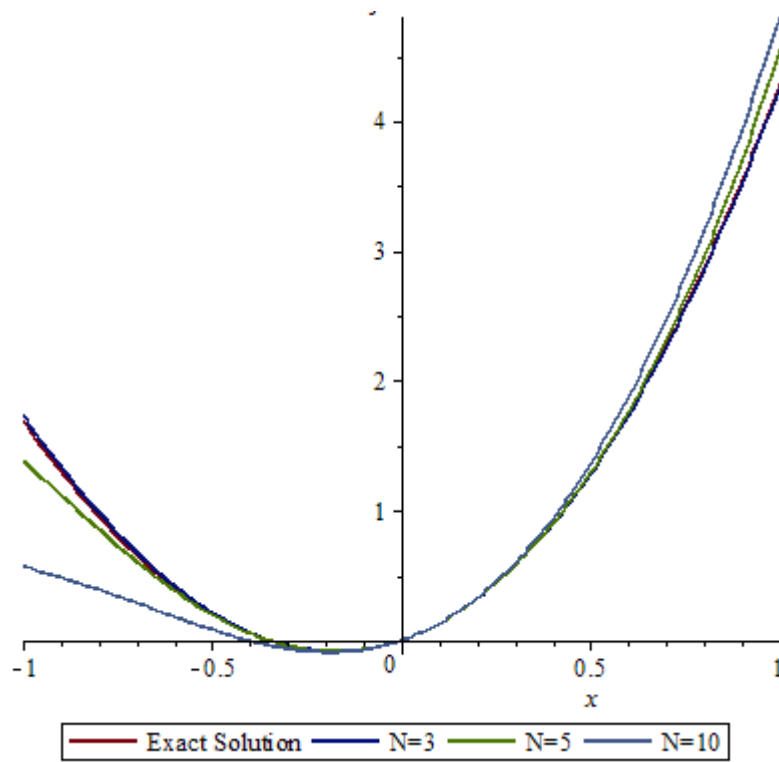
**Example 2:** Finally, consider the linear complex differential equation

$$f''(z) + 2f'(z) + zf(z) = z^3 + e^z(z + 3) + 6z + 2$$

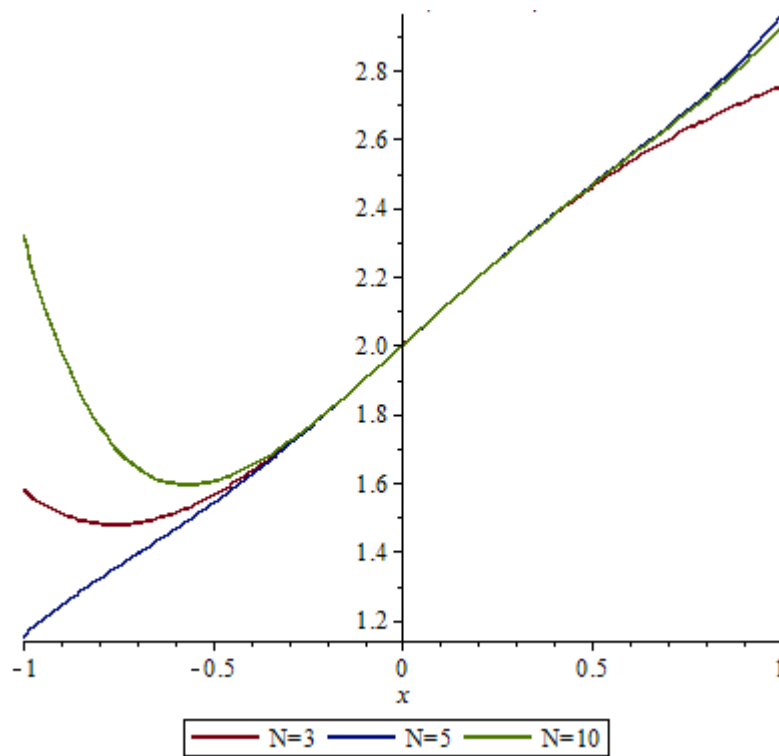
with initial conditions  $f(0) = 3$  ,  $f'(0) = 1$ . The exact solution is  $f(z) = z^2 + e^z(z + 3) + 6z + 2$ . The next step of our method, we obtain the numerical solution for  $N = 3,5,10$ . The values of the numerical solution in the issue of  $N = 3,5,10$  for both parts of real and imaginary together with the exact solution and absolute errors are supported in figures 3,4,5,6 as follows.



**Figure 3.** The real parts of the exact solution and numerical one's

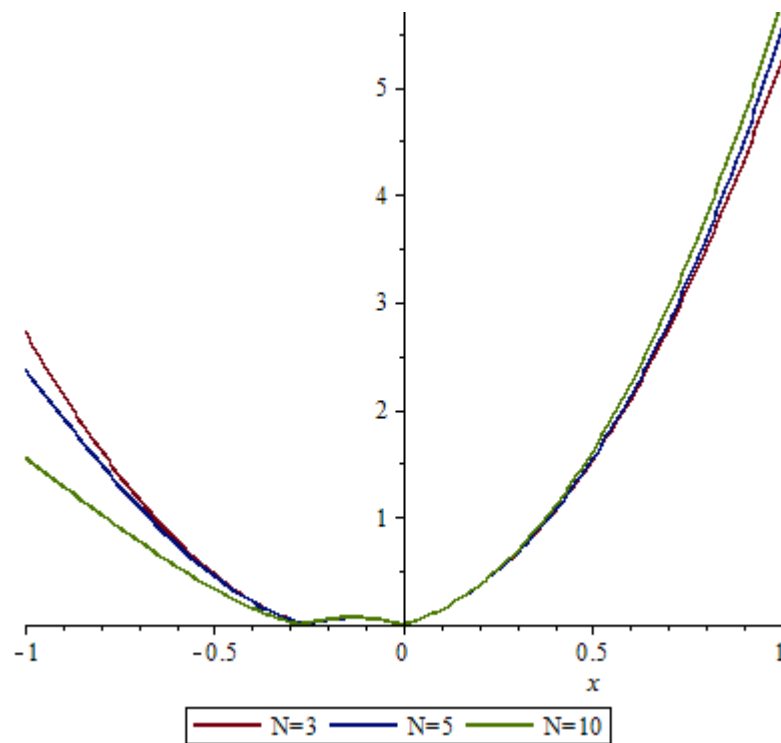


**Figure 4.** The imaginer parts of the exact solution and numerical one's



**Figure 5.** The real parts of the absolute errors functions





**Figure 6.** The imaginer parts of the absolute errors functions

## CONCLUSIONS

This way is established on reckoning the coefficients in the Hermite series extension of the solution of a linear complex differential equations providing the circular domain is identified by the functions and by the functions  $P_n(z)$  and  $G_n(z)$ . This way is righteous.

It may be concluded that the method is an efficient way to discover numerical solutions for linear complex differential equations. On the other hand, the results are quite reliable and good-agreement with the exact solutions.

## REFERENCES

- Düşünceli F, Çelik E, 2015. An effective tool: Numerical solutions by Legendre polynomials for high-order linear complex differential equations. *British Journal of Applied Science & Technology*, 8(4): 348-355.
- Düşünceli F, Çelik E, 2017. Fibonacci matrix polynomial method for linear complex differential equations. *Asian Journal of Mathematics and Computer Research*, 15(3): 229-238.
- Gülsu M, Gürbüz B, Öztürk Y, Sezer M, 2011. Laguerre polynomial approach for solving linear delay difference equations. *Applied Mathematics and Computation*, 217:6765–6776.
- Sezer M, Yalçınbaş S, 2009. A collocation method to solve higher order linear complex differential equations in rectangular domains. *Numerical Methods for Partial Differential Equations*, 26:596–611.
- Tohidi E, 2012. Legendre approximation for solving linear HPDEs and comparison with Taylor and Bernoulli matrix methods. *Applied Mathematics*, 3:410–416.
- Yüzbaşı S, Aynıgül M, Sezer M, 2011. A collocation method using Hermite polynomials for approximate solution of pantograph equations. *Journal of the Franklin Institute*, 348:1128–1139.
- Yüzbaşı S, Şahin N, Gülsu M, 2011. A collocation approach for solving a class of complex differential equations in elliptic domains. *Journal of Numerical Mathematics*, 19: 225–246.



## Absolute Parallelism in The Bainchi-Type IX Taub Solution

Murat KORUNUR<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** In this work, we study one of the famous gravitation problems in an alternative point of view which is known as the absolute parallelism. Considering Taub solution of the Bainchi-Type IX space-time and the Hamiltonian approach technique of absolute parallelism, we obtain corresponding angular momentum, total energy and momentum distributions. It is seen that our main results agree with those ones published in the literature by other author.

**Keywords:** Angular momentum, energy, teleparallel gravity

## Bianchi-Tipi IX Taub Çözümünde Mutlak Paralelizm

**ÖZET:** Bu çalışmada, mutlak paralellizm olarak bilinen alternatif bir bakış açısıyla ünlü kütleçekim problemlerinden birini inceliyoruz. Bainchi-Type IX uzay-zamanın Taub çözümü ve mutlak paralelizmde Hamilton yaklaşımı tekniği göz önüne alındığında, bu duruma karşılık gelen açısal momentum, toplam enerji ve momentum dağılımları elde edilmektedir. Temel sonuçlarımızın diğer bir yazar tarafından literatürde yayınlanan sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Açısal momentum, enerji, mutlak paralelizm

<sup>1</sup> Murat KORUNUR (0000-0002-8311-9079), Munzur Üniversitesi, Tunceli Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Tunceli, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Murat KORUNUR, muratkorunur@yahoo.com

## INTRODUCTION

The energy-momentum localization is one of the interesting and unsolved phenomena both in the general relativity and the absolute parallelism. The first attempt was done by Einstein himself (Einstein, 1915). Thereafter many prescriptions have been used and improved to solve and understand this puzzle (Tolman, 1934; Papapetrou, 1948; Landau and Lifshitz, 1951; Bergmann and Thompson, 1953; Möller, 1958; Weinberg, 1972; Qadir and Sharif, 1992, Abedi and Salti, 2015). Using the absolute parallelism description of Einstein's general relativity, Maluf (Maluf, 1994) established Hamilton approach. Later, Maluf and his collaborators (Maluf and Rocha-Neto, 1999, 2001) found the localized energy density of rotating black holes and null surfaces in the absolute parallelism. Next, in the context of Kerr black hole, the gravitational energy, momentum and angular momentum distributions were calculated (Maluf et al., 2002). Making use of the Banados-Teitelboim-Zanelli (BTZ) black hole and the Hamilton approach of three dimensional absolute

parallelism, total angular momentum distribution associated with the spacetime model is found (Sousa and Pereira, 2006). Recently, many scientist have interested in this interesting approach to discuss the four-momentum localization problem in various space-time models (Nashed, 2008, 2010; Sousas et al., 2010; Maluf and Ulhoa, 2009; Sharif and Taj, 2010; Ulhoa and Rocha, 2013; Maluf, 2013; Saltı and Açıköz, 2013; Rocha Neto and Maluf, 2014).

Here, we use the following representations: the space-time indices defined by the Greek alphabet ( $\alpha, \beta, \psi$ ) while the tangent space indices described by the Latin alphabet ( $(a), (b), (c) \dots$ ). All indices run from 0 to 3. Time and space indices are denoted according to where  $\mu = 0, \hat{\mu}$  where  $\hat{\mu} = 1, 2, 3$ .

## MATERIAL AND METHODS

The basic geometry of absolute parallelism is the tetrad field  $h_{\mu}^{(a)}$  and the absolute parallelism is defined on Weitzenböck space-time (Weitzenböck, 1923):

$$\Gamma_{\mu\nu}^{\sigma} = h_{(a)}^{\sigma} \partial_{\mu} h_{\nu}^{(a)} \quad (1)$$

where  $g_{\mu\nu} = \eta_{(a)(b)} h_{\mu}^{(a)} h_{\nu}^{(b)}$  with  $\eta_{(a)(b)}$  is the Minkowski metric. The torsion tensor can be defined in the absolute parallelism as given below (Hehl, 1980):

$$T_{\mu\nu}^{(a)} = \partial_{\mu} h_{\nu}^{(a)} - \partial_{\nu} h_{\mu}^{(a)}. \quad (2)$$

The Lagrangian density in absolute parallelism (Maluf, 1994) is written as

$$\mathcal{L} = -\kappa h \left[ \frac{1}{4} T^{(a)(b)(c)} T_{(a)(b)(c)} + \frac{1}{2} T^{(a)(b)(c)} T_{(b)(a)(c)} - T^{(a)} T_{(a)} \right] - \mathcal{L}_M. \quad (3)$$

Here  $h = \det(h_{\mu}^{(a)})$ ,  $\kappa = \frac{1}{16\pi}$  and the trace of torsion tensor is defined by  $T_{(a)} = T_{(b)(a)}^b$ .

Variation of the Equation 3. with respect to tetrad components ( $h^{(a)\mu}$ ) gives the corresponding field equations

$$\begin{aligned} \frac{\delta \mathcal{L}_M}{\delta h^{(a)\mu}} &= h T_{(a)\mu} = 4\kappa h_{(a)\sigma} h^{(b)\mu} \partial_{\nu} (h \Sigma^{(b)\sigma\nu}) \\ &- 4\kappa h \left( \Sigma_{(a)}^{(b)\nu} T_{(b)\nu\mu} - \frac{1}{4} h_{(a)\mu} T_{(k)(l)(m)} \Sigma^{(k)(l)(m)} \right). \end{aligned} \quad (4)$$

Here, the  $\Sigma^{(a)(b)(c)}$  is an antisymmetric tensor according to the last two indices;

$$\begin{aligned} \Sigma^{(a)(b)(c)} &= \frac{1}{4} [T^{(a)(b)(c)} + T^{(b)(a)(c)} - T^{(c)(a)(b)}] \\ &+ \frac{1}{2} [\eta^{(a)(c)} T^{(b)} - \eta^{(a)(b)} T^{(c)}]. \end{aligned} \quad (5)$$

Next, the total Hamiltonian density is given by (Maluf and Rocha-Neto, 2001)

$$\mathcal{H} = h_{(a)(0)} \mathcal{F}^{(a)} + \Phi_{(a)(b)} \Gamma^{(a)(b)} + \psi_{(b)} \Gamma^{(b)} + \partial_{\hat{\lambda}} (h_{(a)0} \Pi^{(a)\hat{\lambda}}) \quad (6)$$

where  $\Gamma^{(a)(b)}$  and  $\Gamma^{(b)}$  are constrains, and

$$\begin{aligned} \Phi_{(a)(b)} &= \frac{1}{2} [T_{(a)0(b)} + T_{(b)0(a)}], \\ \psi_{(b)} &= T_{(00)(b)} \end{aligned} \quad (7)$$

are known as the Lagrangian multipliers. On the other hand, the total Lagrangian density is also given by

$$\mathcal{F}^{(a)} = -\partial_{\hat{\lambda}} \Pi^{(a)\hat{\lambda}} + \mathcal{H}^{(a)},$$

with

$$\Pi^{(a)\hat{\lambda}} = -4\kappa h \Sigma^{(a)0\hat{\lambda}}, \quad (8)$$

where  $\mathcal{H}^{(a)}$  denotes a vector constraint which is obtained from  $\mathcal{F}^{(a)} = 0$ .

Furthermore, for an arbitrary space volume, the energy-momentum density is defined by  $-\partial_{\hat{\lambda}} \Pi^{(a)\hat{\lambda}}$  while the total energy-momentum is given as (Maluf and Rocha-Neto, 2001)

$$P^{(a)} = -\int_V [\partial_{\hat{\lambda}} \Pi^{(a)\hat{\lambda}}] d^3x. \quad (9)$$

In addition to this, the four-angular momentum of gravitational fields is defined by (Maluf et al., 2006)

$$L^{(a)(b)} = -\int_V M^{(a)(b)} d^3x \quad (10)$$

where  $M^{(a)(b)}$  represents angular momentum density and it is given by

$$M^{(a)(b)} = 2\kappa \partial_{\hat{\lambda}} [h^{(a)\hat{\lambda}} h^{(b)0} - h^{(b)\hat{\lambda}} h^{(a)0}]. \quad (11)$$

In the present work, we consider the Hamiltonian formulation in the absolute parallelism to obtain angular momentum, total energy and momentum distributions associated with the Taub type space-time model. In the next section, the total angular momentum and four-momentum densities are calculated. We also plot these quantities versus time coordinate to discuss their evolutionary behaviors.

The last section is devoted to the summary and final remarks.

## RESULTS AND DISCUSSION

In the holonomic coordinate system the special case of homogenous isotropic Bianchi Type IX model is given by (Taub, 1954):

$$ds^2 = F(t)dt^2 - Y(t)dx^2 - [Y(t)\sin^2(x) + H(t)\cos^2(x)]dy^2 - H(t)dz^2 - 2H(t)\cos(x)dydz, \quad (12)$$

where

$$Y(t) = \frac{\omega \cosh(\omega t + \xi)}{4 \cosh^2\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right)}, \quad (13)$$

$$H(t) = \frac{\omega}{\cosh(\omega t + \xi)}, \quad (14)$$

$$F(t) = Y^2(t)H(t). \quad (15)$$

Here  $\omega$ ,  $\xi$ ,  $\sigma$  show there constants,  $x$ ,  $y$  and  $z$  ranges within:

$$0 \leq x \leq \pi; \quad 0 \leq y \leq 4\pi; \quad 0 \leq z \leq 2\pi. \quad (16)$$

Now, the metric tensor can be written as

$$g_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} F & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -Y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -[Y\sin^2(x) + H\cos^2(x)] & -H\cos(x) \\ 0 & 0 & -H\cos(x) & -H \end{pmatrix}. \quad (17)$$

In order to obtain tetrad fields, we use the Equations 13., 14., 15., the metric tensor 17., and

the relationship  $g_{\mu\nu} = h_{\mu}^{(a)}h_{(a)\nu}$ . Hence, one can easily obtain the following components

$$h_{\mu}^{(0)} = \left( \frac{\omega^{3/2} \cosh^{1/2}(\omega t + \xi)}{4 \cosh^2\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right)}, 0, 0, 0 \right),$$

$$h_{\mu}^{(1)} = \left( 0, \frac{\omega^{1/2} \cosh^{1/2}(\omega t + \xi)}{2 \cosh\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right)}, 0, 0 \right),$$

$$\begin{aligned}
 h_{\mu}^{(2)} &= \left( 0, 0, \frac{\omega^{1/2} \sin(x) \cosh^{1/2}(\omega t + \xi)}{2 \cosh\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right)}, 0 \right), \\
 h_{\mu}^{(3)} &= \left( 0, 0, -\frac{\cos(x)}{\omega^{1/2} \cosh^{1/2}(\omega t + \xi)}, \frac{\omega^{1/2}}{\cosh^{1/2}(\omega t + \xi)} \right).
 \end{aligned} \tag{18}$$

Next, considering  $h_{(a)}^{\mu} = g^{\mu\nu} h_{(a)\nu}$ , the inverse tetrad components are found as in the following forms

$$\begin{aligned}
 h_{(0)}^{\mu} &= \left( \frac{4 \cosh^2\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right)}{\omega^{3/2} \cosh^{1/2}(\omega t + \xi)}, 0, 0, 0 \right), \\
 h_{(1)}^{\mu} &= \left( 0, \frac{2 \cosh\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right)}{\omega^{1/2} \cosh^{1/2}(\omega t + \xi)}, 0, 0 \right), \\
 h_{(2)}^{\mu} &= \left( 0, 0, \frac{2 \cosh\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right)}{\omega^{1/2} \sin(x) \cosh^{1/2}(\omega t + \xi)}, -\frac{2 \cot(x) \cosh\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right)}{\omega^{1/2} \cosh^{1/2}(\omega t + \xi)} \right), \\
 h_{(3)}^{\mu} &= \left( 0, 0, 0, \frac{\omega^{1/2}}{\cosh^{1/2}(\omega t + \xi)} \right).
 \end{aligned} \tag{19}$$

It is concluded that tetrad fields satisfy  $h_{(0)}^i = 0$ . So, the three velocity conditions is ensured and the frame is static.

Thus, the non-vanishing components of torsion tensor are calculated as

$$\begin{aligned}
 T^{(1)(0)(1)} &= -T^{(1)(1)(0)} = \frac{2 \cosh\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right) \sinh\left(\frac{\omega t + \xi - \sigma}{2}\right)}{\omega^{1/2} \cosh^{3/2}(\omega t + \xi)}, \\
 T^{(2)(0)(2)} &= -T^{(2)(2)(0)} = \frac{2 \cosh\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right) \sinh\left(\frac{\omega t + \xi - \sigma}{2}\right)}{\omega^{1/2} \cosh^{3/2}(\omega t + \xi)}, \\
 T^{(2)(1)(2)} &= -T^{(2)(2)(1)} = \frac{2 \cosh\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right) \cot(x)}{\omega^{1/2} \cosh^{1/2}(\omega t + \xi)}, \\
 T^{(3)(0)(3)} &= -T^{(3)(3)(0)} = -\frac{2 \cosh^2\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right) \sinh(\omega t + \xi)}{\omega^{1/2} \cosh^{3/2}(\omega t + \xi)}, \\
 T^{(3)(1)(2)} &= -T^{(3)(2)(1)} = \frac{4 \cosh^2\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right)}{\omega^{3/2} \cosh^{3/2}(\omega t + \xi)},
 \end{aligned} \tag{20}$$

while the surviving components of  $T^i$  is found as given below

$$T^{(0)} = \frac{\cosh\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right) \left[ \sinh\left(\frac{3\omega t + 2\xi + \sigma}{2}\right) - 3\sinh\left(\frac{\omega t}{2} + \xi - \frac{\sigma}{2}\right) \right]}{\omega^{1/2} \cosh^{3/2}(\omega t + \xi)}, \quad (21)$$

$$T^{(1)} = \frac{2\cosh\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right) \cot(x)}{\omega^{1/2} \cosh^{1/2}(\omega t + \xi)}. \quad (22)$$

Additionally, the non-vanishing components of  $\Sigma^{(a)(b)(c)}$  become:

$$\begin{aligned} \Sigma^{(0)(0)(1)} &= -\Sigma^{(0)(1)(0)} = \Sigma^{(3)(1)(3)} = -\Sigma^{(3)(3)(1)} = -\frac{\cosh\left[\frac{1}{2}(\omega t + \sigma)\right] \cot(x)}{\omega^{1/2} \cosh^{1/2}(\omega t + \xi)}, \\ \Sigma^{(1)(0)(1)} &= -\Sigma^{(1)(1)(0)} = \Sigma^{(2)(0)(2)} = -\Sigma^{(2)(2)(0)} = \frac{\cosh\left[\frac{1}{2}(\omega t + \sigma)\right]}{2\omega^{1/2} \cosh^{3/2}(\omega t + \xi)} \\ &\times \left[ 5\sinh\left(\frac{\omega t}{2} + \xi - \frac{\sigma}{2}\right) - \sinh\left(\frac{3\omega t}{2} + \xi + \frac{\sigma}{2}\right) \right], \\ \Sigma^{(1)(2)(3)} &= -\Sigma^{(1)(3)(2)} = -\Sigma^{(2)(1)(3)} = \Sigma^{(2)(3)(1)}, \\ &= -\Sigma^{(3)(1)(2)} = \Sigma^{(3)(2)(1)} = -\frac{\cosh^2\left[\frac{1}{2}(\omega t + \sigma)\right]}{\omega^{3/2} \cosh^{3/2}(\omega t + \xi)}, \\ \Sigma^{(3)(0)(3)} &= -\Sigma^{(3)(3)(0)} = -\frac{\sinh(\omega t + \sigma)}{\omega^{1/2} \cosh^{1/2}(\omega t + \xi)}. \end{aligned} \quad (23)$$

Therefore, one can easily get the  $\Pi^{(a)(b)}$  components

$$\begin{aligned} \Pi^{(0)(1)} &= \frac{\omega \cos x}{16\pi \cosh(\omega t + \sigma)}, \\ \Pi^{(1)(1)} &= \Pi^{(2)(2)} = \frac{\omega \left[ \sinh\left(\frac{3\omega t}{2} + \xi + \frac{\sigma}{2}\right) - 5\sinh\left(\frac{\omega t}{2} + \xi - \frac{\sigma}{2}\right) \right]}{32\pi \cosh(\omega t + \xi) \cosh\left(\frac{\omega t}{2} + \frac{\sigma}{2}\right)} \sin(x), \\ \Pi^{(3)(3)} &= \frac{\omega}{8\pi} \tanh\left(\frac{\omega t}{2} + \frac{\xi}{2}\right) \sin(x). \end{aligned} \quad (24)$$

Now, making use of the relation

$$\Pi^{(a)\mu} = h_{(b)}^{\mu} \Pi^{(a)(b)}, \quad (25)$$

it can be obtained that

$$\begin{aligned} \Pi^{(0)1} &= \frac{\omega^{1/2} \cos(x)}{8\pi \cosh^{1/2}(\omega t + \xi)}, \\ \Pi^{(1)1} &= \frac{\omega^{1/2} \left[ \sinh\left(\frac{3\omega t}{2} + \xi + \frac{\sigma}{2}\right) - 5\sinh\left(\frac{\omega t}{2} + \xi - \frac{\sigma}{2}\right) \right]}{16\pi \cosh^{3/2}(\omega t + \xi)} \sin(x), \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}\Pi^{(2)2} &= \frac{\omega^{1/2} \left[ \sinh\left(\frac{3\omega t}{2} + \xi + \frac{\sigma}{2}\right) - 5 \sinh\left(\frac{\omega t}{2} + \xi - \frac{\sigma}{2}\right) \right]}{16\pi \cosh^{3/2}(\omega t + \xi)}, \\ \Pi^{(2)3} &= \frac{\omega^{-1/2} \left[ \sinh\left(\frac{3\omega t}{2} + \xi + \frac{\sigma}{2}\right) - 5 \sinh\left(\frac{\omega t}{2} + \xi - \frac{\sigma}{2}\right) \right]}{16\pi \cosh^{3/2}(\omega t + \xi)} \cos(x), \\ \Pi^{(3)3} &= \frac{\omega^{1/2}}{8\pi} \cosh^{1/2}(\omega t + \xi) \tanh\left(\frac{\omega t}{2} + \frac{\sigma}{2}\right) \sin(x).\end{aligned}\quad (26)$$

When we use the results given in Equation 19. with the Equation 11., it can be calculated that the angular momentum density becomes

$$M^{(0)(1)} = -M^{(1)(0)} = \frac{\kappa \omega \cos(x)}{\cosh\left(\frac{\omega t + \sigma}{2}\right)}.\quad (27)$$

From this point of view, for the total angular momentum, we obtain

$$L^{ab} = 0.\quad (28)$$

In addition to this, the total energy associated with the Taub type space-time solution is found as

$$E = - \int_V d^3x \partial_i \Pi^{(0)i} = 2\pi \omega^{1/2} \operatorname{sech}^{1/2}(\omega t + \xi).\quad (29)$$

Besides, the corresponding momentum becomes

$$P^i = 0.\quad (30)$$

## CONCLUSION

In this work, we mainly consider the absolute parallelism instead of Einstein's theory of general relativity. Making use of the Hamiltonian approach, we calculate the total angular momentum, energy and the

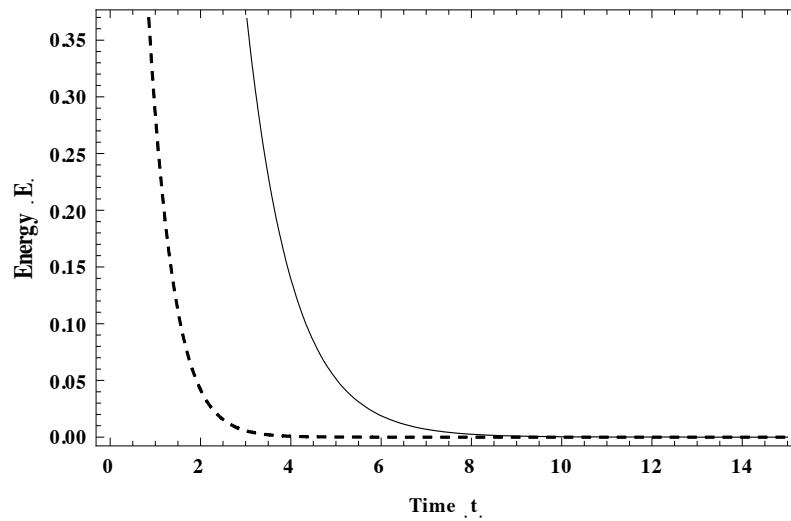
momentum for the Taub solution of Bainchi-Type IX Spacetime.

For the total energy distribution, the localized relation is found as:

$$E = 2\pi \omega^{1/2} \operatorname{sech}^{1/2}(\omega t + \xi)\quad (31)$$

which is similar that one published already in the literature previously by Halpern (Halpern, 2006). Halpern performed corresponding calculations by using the Einstein, Papapetrou, Landau-Lifshitz and Möller

prescriptions in the general theory of relativity. That's why, we have shown also that two different points of view proposed to discuss the nature of gravitation are agree with each other.



**Figure 1:** The total energy distribution versus time. Black line corresponds our results and dashed line corresponds Halpern results. Here, we have taken the constants as  $\omega = 2, \xi = 1, \sigma = 1$

Figure 1 shows us both Halpern and our results obtained for the total energy according to the time coordinate. It is obviously seen that the total energy

decreases in time and eventually it will vanish in both cases.

## REFERENCES

- Abedi H, Salti M, 2015. Multiple field modified gravity and localized energy in teleparallel framework. *Gen. Relativ. Gravit.*, 8(47):1-14.
- Bergmann PG, Thompson R, 1953. Spin and angular momentum in general relativity. *Phys. Rev.*, 89: 400-407.
- Einstein A, 1915. *Preuss. Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin*, 47: 78.
- Halpern P, 2006. Energy of the Taub cosmological solution. *Astrophys Space Sci.*, 306, 279-283.
- Hehl FW, 1980. *Proceeding of the 6h School of Cosmology and Gravitation on Spin, Torsion, Rotation and Supergravity*. Erice, edited by P. Bergmann and V. de Sabbata, Plenum, New York, USA.
- Landau LD, Lifshitz EM, 1951. *The Classical Theory of Fields*. Addison-Wesley Press, Reading, MA.
- Maluf JW, 1994. Hamiltonian formulation of the teleparallel description of general relativity. *J. Math. Phys.*, 35: 335-343.
- Maluf JW, 1995. Localization of energy in general relativity. *J. Math. Phys.*, 36: 4242-4247.
- Maluf JW, Martins EF, Kneip A, 1996. Gravitational energy of rotating black holes. *J. Math. Phys.*, 37: 6302-6310.
- Maluf JW, da Rocha-Neto JF, 1999. General relativity on a null surface: Hamiltonian formulation in the teleparallel geometry. *Gen. Rel. Grav.*, 31: 173-185.
- Maluf JW, da Rocha-Neto JF, 2001. Hamiltonian formulation of general relativity in the teleparallel geometry. *Phys. Rev. D*, 64: 084014.
- Maluf JW, da Rocha-Neto JF, Torbio TML, Castello-Branco KH, 2002. Energy and angular momentum of the gravitational field in the teleparallel geometry. *Phys. Rev. D*, 65: 124001.
- Maluf JW, Ulhoa SC, Faria FF, da Rocha Neto JF, 2006. The angular momentum of the gravitational field and the Poincaré group. *Class. Quant. Grav.*, 23: 6245.
- Maluf JW, Ulhoa SC, 2009. On the gravitational angular momentum of rotating sources. *Gen. Rel. and Grav.*, 41(6): 1233-1247.
- Maluf JW, 2013. The teleparallel equivalent of general relativity. *Annalen der Physik*, 525(5): 339-357.
- Møller C., 1958. On the localization of the energy of a physical system in the general theory of relativity. *Ann. Phys. (N.Y.)*, 4: 347-371.
- Nashed GGL, 2008. Charged dilaton, energy, momentum and angular-momentum in teleparallel theory equivalent to general relativity. *Eur. Phys. J. C*, 54: 291-302.
- Nashed GGL, 2010. Brane world black holes in teleparallel theory equivalent to general relativity and their Killing vectors, energy, momentum and angular momentum. *Chin. Phys. B*, 19: 020401.
- Papapetrou A, 1948. Einstein's theory of gravitation and flat space. *Proc. R. Ir. Acad.*, 52: 11-23.
- Qadir A, Sharif M, 1992. General formula for the momentum imparted to test particles in arbitrary spacetimes. *Phys. Lett. A*, 167: 331- 334.
- Rocha-Neto JF, Maluf JW, 2014. The angular momentum of plane-fronted gravitational waves in the teleparallel equivalent of general relativity. *Gen. Rel. Grav.*, 46: 1667.

- Salti M, Acikgoz I, 2013. Black holes, wormholes and the Hamiltonian approach in the framework of teleparallel gravity. *Physica Scripta* 87(4): 045006.
- Sharif M, Taj S, 2010. Energy Contents of Gravitational Waves in Teleparallel Gravity. *Mod. Phys. Lett. A*, 25: 221-232.
- Sousa AA, Pereira RB, 2006. Angular momentum of the BTZ black hole in the teleparallel geometry. *Prog. Theor. Phys.*, 114: 1179-1190 .
- Sousa AA, Moura JS, Pereira RB, 2010. Energy in an expanding universe in the teleparallel geometry. *Braz. J. Phys.*, 40: 1-8.
- Taub AH, 1951. Empty space-times admitting a three parameter group of motions. *Ann. Math.*, 53: 472-490.
- Tolman RC, 1934. *Relativity, Thermodynamics and Cosmology*. Oxford University Press, London, UK, 227 p.
- Ulhoa SC, Rocha PMM, 2013. Neutron Stars in Teleparallel Gravity. *Braz. J. Phys.*, 43(3): 162-171.
- Weinberg S, 1972. *Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of General Theory of Relativity*. Wiley, New York, USA, 165 p.
- Weitzenböck R, 1923. *Invarianten Theorie*. Nordhoff, Groningen.



## Uzman Perspektifinden Bolu Kent Ormanı'nın Çok Fonksiyonlu Kullanım Özelliklerinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma\*

Başak ERTEM MUTLU<sup>1</sup>, Bülent CENGİZ<sup>2</sup>

**ÖZET:** Kent ormanları çok fonksiyonlu kullanım özellikleri (ekolojik, estetik ve mimari, fiziksel ve iklimsel, sosyal ve ekonomik faydaları) ile kentsel yeşil altyapı sisteminin temel yapı taşlarıdır. Bu makalede öncelikle Bolu Kent Ormanı'nın doğal ve rekreasyonel kullanım özellikleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) aracılığı ile saptanmıştır. Daha sonra Bolu Kent Ormanı'nın çok fonksiyonlu planlanmasına katkıda bulunmak ve bu kapsamda alanın sosyal, estetik, ekolojik ve ekonomik yararlarını ölçmek amacıyla 75 uzmana anket uygulanmıştır. Elde edilen veriler, Statistical Package Social Sciences (SPSS) 17.0 programındaki Korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Sonuçta, Bolu Kent Ormanı'nın çok fonksiyonlu kullanım özellikleri bakımından önemli potansiyele sahip olmasına karşın, Bolu'nun büyük kısmını ormanlık alanların oluşturmasından dolayı kent ormanı beklenen ilgiyi görememiştir. Ayrıca işletmenin ve bakım çalışmalarının düzenli yapılmaması sonucunda ulaşılmak istenen standartların altında kaldığı tespit edilmiştir. Bolu Kent Ormanı'nın bütüncül planlanması gerektiği vurgulanmakta olup, koruma-kullanım dengesi gözetilerek çok fonksiyonlu planlanmasına ve yönetimine ışık tutacak sürdürülebilir öneriler getirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bolu kent ormanı, çok fonksiyonlu kullanım, kent ormanı, uzman görüşü

## A Research on the Evaluation of Multifunctional Usage Features of Bolu Urban Forest from Expert Perspective

**ABSTRACT:** Urban forests are the basic building blocks of the urban green infrastructure system with its multifunctional features (ecological, aesthetic and architectural, physical and climatic, social and economic benefits). In this article, the natural and recreational usage characteristics of Bolu Urban Forest are determined by Geographic Information Systems (GIS). Later on, 75 specialist surveys were conducted in order to contribute to multifunctional planning of the Bolu Urban Forest and to measure the social, aesthetic, ecological and economic benefits of the area. The data obtained were analyzed by correlation analysis in Statistical Package Social Sciences (SPSS) 17.0 program. As a result, although the Bolu Urban Forest has significant potential in terms of its multifunctional use characteristics, the urban forest has not been able to see the expected disturbance due to the fact that most of Bolu is composed of forest areas. In addition, it has been found that the operator and maintenance work are not performed regularly and thus are below the standards required. Bolu Urban Forest should be planned holistically and sustainable proposals have been introduced that will shed light on multifunctional planning and management, taking into account the protection-use balance.

**Keywords:** Bolu urban forest, multifunctional usage, survey, urban forest, expert opinion

<sup>1</sup> Başak ERTEM MUTLU(0000-0002-0394-4950), Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup> Bülent CENGİZ(000-0001-6647-2324), Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Bartın, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Bülent CENGİZ, bulent\_cengiz@yahoo.com

\* Bu çalışma Başak Ertem MUTLU'nun yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

## GİRİŞ

Araştırmalar, orman alanlarını insanlar için dinlenme alanları ve zihinsel, fiziksel sağlık kaynağı olarak göstermektedir (Tyrväinen et al., 2005; Jay and Schraml, 2009). Tyrväinen (1999)'e göre; doğal güzellikleri ve rekreasyonel değerleri ile ormanlar giderek önem kazanmıştır. Bu değer kentsel alanların yakınında yer alan kent ormanlarını da kapsamaktadır (Tahvanainen et al., 2001). Kent ormanları rekreasyon, estetik, kereste üretimi ve biyoçeşitlilik gibi çok amaçlı hedefler için önemlidir. Kentleşmenin artmasıyla ormanlık alanların önemi

ve talebi artmaya devam etmektedir (Ode and Fry, 2002). Orman alanları başta olmak üzere pek çok doğal alan değişen toplumsal baskılara ve taleplerle karşılaşmaktadır. Bu baskı ve taleplerin giderilmesi kentsel alanlardaki ve kent yakınındaki ormanlık alanların planlanması ve yönetimi ile sağlanabilir (Konijnendijk, 2000). Kentsel orman alanlarının planlama ve yönetim sürecinde rekreasyon, estetik kalite, çevre koruma ve doğa koruma gibi faydalarının değerlendirilmesi gerekmektedir (Pauleit and Duhme, 2000). Çizelge 1'de kent ormanlarının faydaları özetlenmiştir.

**Çizelge 1.** Kent ormanlarının çok fonksiyonlu kullanım özellikleri (Tyrväinen et al., 2005)

<b>Sosyal faydaları</b>	Rekreasyon fırsatları, ev ve iş ortamlarının iyileştirilmesi, fiziksel ve zihinsel sağlık, kültürel ve tarihi değerlerin önem kazanması gibi olumlu etkiler
<b>Estetik ve Mimari faydaları</b>	Bitkilerin farklı renk, doku, form ve yoğunlukları ile peyzaj değişimi, ağaçların büyümesi, mevsimsel dinamikler ve doğa deneyimi, açık alanların tanımlanması, peyzaj görüş çerçevesi oluşması, peyzaj binaları
<b>İklimsel ve Fiziksel faydalar</b>	Soğutma, rüzgâr kontrolü, sıcaklık ve nem kontrolü ile kentsel iklim üzerine etkisi. Hava kirliliği azaltma, ses kontrolü, parlama ve yansıma azaltma, taşkın önleme ve erozyon kontrolü
<b>Ekolojik faydaları</b>	Kentsel çevrede flora ve fauna için biyotopların oluşması
<b>Ekonomik faydaları</b>	Pazar amaçlı ürün elde edilmesi (kereste, çilek, mantar vb.), artan mülk değerleri, turizm

Kent ormanları farklı rekreasyonel kullanımları, ziyaret grubunun bileşimi, boyutu ve ziyaret sıklığı gibi pek çok farklı bileşenlere sahip alanlardır (Jay and Schraml, 2009). Gobster (2002)'ye göre, farklı kullanıcı grupları (örneğin çocuklar, ergenler, yetişkinler, etnik azınlıklar ve engelliler) arasında açık hava rekreasyonunun farklı kullanımı ve ihtiyaçları hakkında bilgi, peyzaj planlamacıları ve yöneticileri için planlama sürecinde değerlendirilmesi gereken önemli etkidir (Gentin, 2011). Jensen (1993)'e göre, açık hava rekreasyon ihtiyaçları ve farklı kullanıcı gruplarının tercihleri hakkındaki bilgi eksikliği, peyzaj yöneticilerinin açık hava rekreasyon planlaması yaparken kendi uzmanlıklarına başvurmalarına sebep olmaktadır. Yöneticiler ve planlamacılar, farklı kullanıcı grupları ile orman tercihleri hakkında farklı bir anlayışa sahip olabilirler. Kullanıcı grupları çoğu uzmandan farklı bir kültürel geçmişe sahip olduğundan dolayı bu farklılıklar değişkenlik göstermektedir (Gentin, 2011). Anketler, ziyaretçilerin sosyo-demografik

özelliklerini, ilgili faaliyet gruplarının tercih ve algılarını ve orman alanının yapısı ve alt yapısıyla ilgili güncel ve doğru verileri vermektedir (Roovers et al., 2002). Günümüzde toplumun devamlılığı ve gelişimi için önem arz eden diğer bir altyapı olan “yeşil altyapı” kavramından bahsedilmektedir. Geleneksel (gri) altyapı anlayışından farklı olarak yeşil altyapı; temiz hava, içme suyu, besin gibi ekosistem hizmetleri olarak bilinen, yaşamsal öneme sahip kimi hizmetleri kamunun kullanıma sunmaktadır (Walmsley, 2006; Özeren, 2012'den).

Kent ormanları ekolojik, estetik ve mimari, fiziksel ve iklimsel, sosyal ve ekonomik faydaları ile kentin en önemli yeşil alanlarından olup, kentsel yeşil altyapı sisteminin temel yapı taşlarındandır. “Çok fonksiyonellik” yeşil altyapının konsepti ve yaklaşım merkezidir. Yeşil altyapı, bir dizi fonksiyonellik için ekosistem hizmetlerinin geniş bir yelpazede sunulmasına olanak veren potansiyele sahiptir. Çok işlevsellik bireysel alanlar ve yollar için geçerli olmaktadır. Ancak bu alanlar ve bağlantılar

birlikte alınırsa tam fonksiyonlu yeşil altyapı ağına ulaşmak mümkündür (Anonymous, 2009).

## MATERYAL VE YÖNTEM

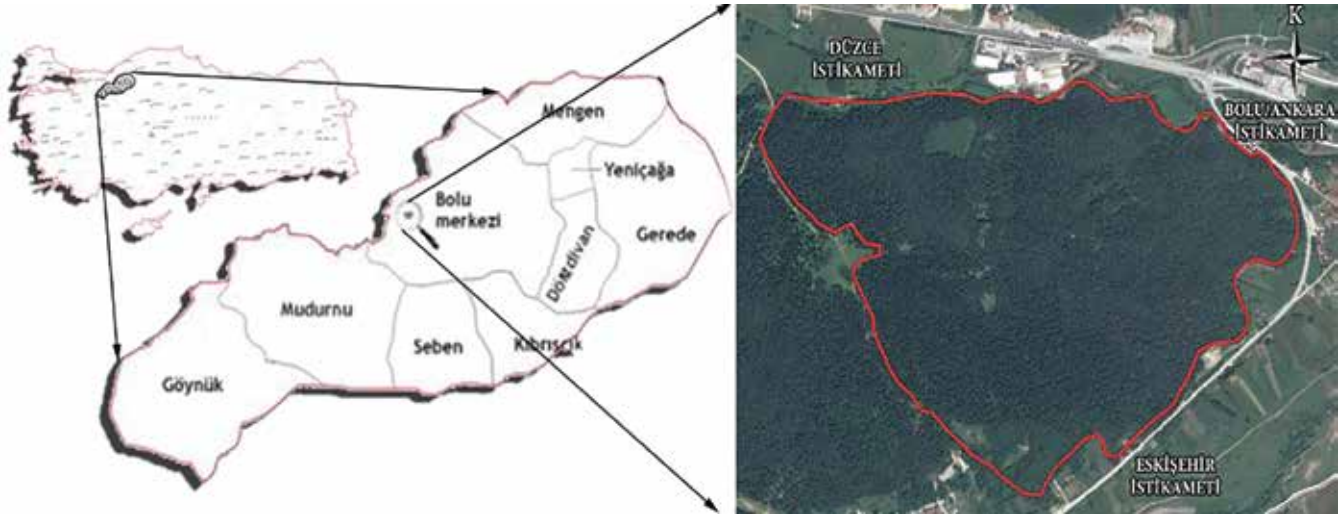
### Materyal

Araştırma alanı olarak seçilen Bolu Kent Ormanı (Şekil 1) Bolu Yeşildağ Orman İşletme

Şefliği sınırlarında, Yolçatı Köyü Abant kavşağında yer almaktadır. Büyüklüğü 130.7 ha'dır.

Topografyası 800-880 m arasında değişmekte olup hafif eğimli bir alandır. Bakışı kuzey - güney ve kent ormanının çevresi toplam 4 965 m'dir.

Bolu kent merkezine uzaklığı 14 km'dir.



Şekil 1. Bolu Kent Ormanı'nın coğrafi konumu ve topografyası (Orjinal, 2015)

Bolu Kent Ormanı Orman Genel Müdürlüğü'nün 19-12-2005 tarih ve 379 sayılı oluru ile kurulmuştur (Anonim, 2014). 2006 yılında Bolu Kent Ormanı, gerekli yasalara dayanarak C ve D tipi mesire alanı ilan edilmiştir (Anonim, 2014). Çalışma alanı olarak Bolu Kent Ormanı seçilmesinin amacı, alanın kent ormanı standartlarında bir potansiyele sahip olması fakat bunun değerlendirilmeyip alanın günden güne yok olmaya yüz tutmasıdır. Bunun önlenmesi amacıyla alana yönelik öneriler getirilmiştir.

Bolu il nüfusu Türkiye İstatistik Kurumu'na (TÜİK) göre 2015 yılında 291 095 kişi olup kent merkezi nüfusu 156 173'dir. Bolu Kent Ormanı çevresinde 600 nüfuslu Yolçatı Köyü, 350 nüfuslu Yeşilköy Köyü ve 750 nüfuslu Ömerler Köyü bulunmaktadır (Anonim, 2012).

### Yöntem

Yöntem 4 ana aşamadan oluşmaktadır.

(i) Araştırma alanı hakkında literatür çalışması yapılmıştır ve elde edilen veriler ArcGIS 10.1 aracılığı ile haritalarda analiz çalışmaları yapılmıştır.

(ii) Çalışma alanına ait özelliklerin belirlenmesi

için anket çalışması yapılmıştır. Anket soruları belirlenirken Tyrvaenen et al., (2005)'in çalışmasında yer alan kent ormanlarına ait çok fonksiyonlu kullanım özelliklerinin değerlendirmesinden faydalanılmıştır. Bu anket ile uzmanlara göre kent ormanlarının fonksiyonlarında öncelik sırasının belirlenmesi amaçlanmıştır. Anket toplam 21 sorudan oluşmaktadır. İlk 12 soru demografik özellikler hakkında iken; sonraki 9 soru kent ormanlarının çok fonksiyonlu kullanım özellikleri hakkındadır. Ankette uzmanların her soru için 5 seçeneği önem sırasına göre 1'den 5'e doğru sıralamaları istenilmiştir (1= en önemsiz, 5= en önemli).

(iii) Uzman görüşleri için hazırlanan anketler kent ormanları konusunda kendi alanında uzman olan Erzurum'da Orman Bölge Müdürlüğü'nde yer alan; Ormanlık Araştırma, Odun Dışı Orman Ürünleri ve Milli Parklar olmak üzere 3 farklı birimde yüz yüze uygulanmıştır. Ayrıca, anketler kent ormanlarına akademisyenlerin de bakış açısından ve bilgilerinden faydalanmak amacıyla, Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi akademisyenlerine, Atatürk Üniversitesi

Mimarlık ve Tasarım Fakültesi akademisyenlerine ve kent ormanlarında çalışan kişilerin deneyimlerinden faydalanmak amacıyla da Erzurum Büyükşehir Belediyesi/Park ve Bahçeler Müdürlüğü'ndeki çalışanlara uygulanmıştır. Bartın'da 10, Erzurum'da 65 olmak üzere toplam 75 uzmana anket uygulanmıştır. Her anket ortalama 5 dakikalık sürede uygulanmıştır. Yapılan anket ile alanın çok fonksiyonelliği ortaya koyan potansiyel özelliklerinin ortaya konması ve rekreasyonel açıdan etkin kullanımına sahip olduğunu ortaya koymak amaçlanmıştır. Elde edilen veriler, Statistical Package Social Sciences (SPSS) 17.0

paket programında yer alan Korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir.

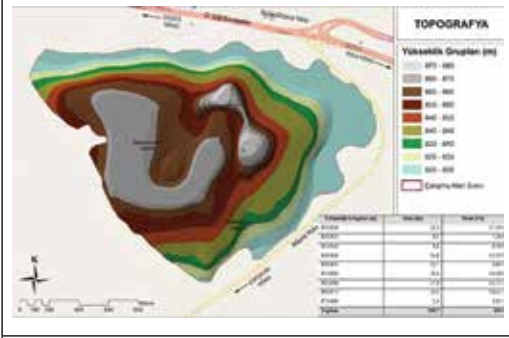

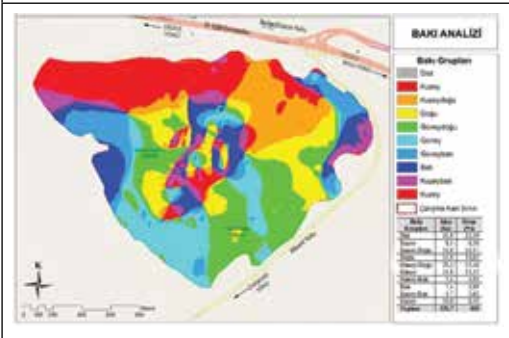
(iv) Alınan bilgiler doğrultusunda alana yönelik çok fonksiyonlu kullanım özellikleri ve rekreasyonel potansiyeli açısından bir kent ormanında olması gerekenler göz önünde bulundurularak, Bolu Kent Ormanı'nın koruma-kullanım dengesi gözetilerek çok fonksiyonlu planlanmasına ve yönetimine ışık tutacak önerilerde bulunulmuştur.

## BULGULAR


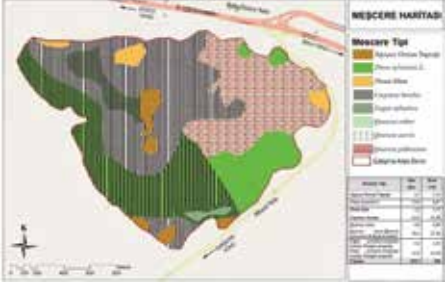
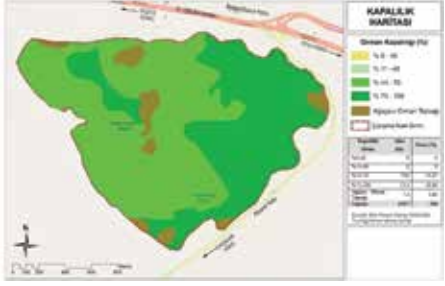

### Bolu Kent Ormanı'nın Doğal Özellikleri

Bolu Kent Ormanı doğal peyzaj özellikleri Çizelge 2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2. Bolu Kent Ormanı'nın doğal özellikleri

	<p><b>Yükseklik Analizi:</b></p> <p>Araştırma alanının yükseklik grupları 9 grupta toplanmıştır. Alanın tamamı için yapılan değerlendirmede 820-826 m arası 22,3 ha (%17,10), 826-833 m arası 9,5 ha (%7,28), 833-840 m arası 8,6 ha (%6,58), 840-846 m arası 14,8 ha (%11,30), 846-853 m 12,7 ha (%9,69), 853-860 m 18,4 ha (%14,08), 860-866 m arası 17,9 ha (%13,71), 866-873 m arası 24,1 ha (%18,41), 873-880 m arası 2,4 ha (%1,85) toplam alan 130,7 ha'dır.</p>
	<p><b>Eğim Analizi:</b></p> <p>Araştırma alanının batısında bulunan Sazacıkkayır Mevkii'nde % 0-2 (düz ya da düze yakın) 34,3 ha (%26,26) ve alanın güneyinde Küllükbaşı Mevkii'nde % 2-6 (hafif eğimli) 49,4 ha (%37,77) alanlardan oluşmaktadır. Alanın ortalarında dağın tepesine doğru eğim artmaktadır. Ormanın alt kesimlerinden ortalarına doğru eğim % 6-12 (orta eğimli) 32,6 ha (%24,98) ve % 12-20 (dik eğimli) 11,7 ha (%8,94) olmaktadır.</p>
	<p><b>Bakı Analizi:</b></p> <p>Araştırma alanı bakı analizine göre daha çok kuzey-güney bakılara sahiptir. Bunu sırasıyla kuzeydoğu, güneydoğu, batı ve kuzeybatı bakıları izlemektedir.</p>



	<p><b>Güneşlenme Analizi:</b></p> <p>Güneşlenme analizi bitkilerin gelişim analizi ve yer analizi için önem taşımaktadır. Çalışma alanının güneşlenme analizi alan eğimine ve yüksekliğine göre oluşturulmuştur. Güneşlenme sürelerine göre açık renkli alanlar güneşlenme süresinin uzun olduğu bir başka ifade ile; araştırma alanının tepe noktalarının olduğu yüksek alanlardır, gölge alanlar ise yüksekliği az, çukurda kalan alanlardır.</p>
	<p><b>Meşcere Analizi:</b></p> <p>Bolu Kent Ormanı, <i>Abies nordmanniana</i> (Stev.) Spach subsp. bornmülleriana ile <i>Pinus sylvestris</i> L. türlerinin üst tabakayı oluşturduğu ve hakim olduğu karışıma; <i>Quercus robur</i>, <i>Quercus cerris</i>, <i>Carpinus betulus</i> ve <i>Fagus sp.</i> gençliklerinin alt tabakayı oluşturduğu karışık bir meşceredir. Orman içi açıklık alanlarda ise <i>Rosa canina</i> L., <i>Graminea</i> (Buğdaygiller) türleri ve <i>Spergula diandra</i> (Çayır otu) yer almaktadır (Anonim, 2014).</p>
	<p><b>Kapalılık Analizi:</b></p> <p>Bolu Kent Ormanı kapalılık oranı %41-70 arası 70,9 ha ile alanın %54.25'ini, %71-100 arası kapalılık oranı 52.4 ha ile alanın %40.09'unu, ağaçsız orman toprağı ise 7.4 ha ile alanın %5.66'sını kaplamaktadır. Bolu Kent Ormanı dikey kapalılık derecesi 0.7-0.9 arasındadır (Anonim, 2014).</p>
	<p><b>Hidroloji Analizi:</b></p> <p>Bolu Kent Ormanı'nda kuru dere yatakları bulunmaktadır. Alanın yakınından ise Kocası Çayı geçmektedir. (Anonim, 2014).</p>

**Toprak yapısı:** Bolu Kent Ormanı'nda esmer orman toprağı ve podzolleşmiş toprak bulunmaktadır. Açıklık alanlardaki ovalarda bulunan alüvyonlu topraklar ise kumlu-killi topraklardır (Anonim, 2012).

**İklim:** Bolu ili yıllık ortalama sıcaklıkları en düşük Ocak ayında 0.9°C, en yüksek Temmuz ayında 19.9°C'dir. Ortalama en yüksek sıcaklık Ağustos ayında 27.9 °C, ortalama en düşük sıcaklık Ocak ayında -3.2 °C, ortalama güneşlenme süresi en yüksek Temmuz ayında 9.2 saat, en düşük 2.0 saat Aralık ayındadır. Aylık toplam yağış miktarı ortalaması en az 23.8 kg m<sup>-2</sup> Ağustos ayında, en çok 61.3 kg m<sup>-2</sup> Aralık ayındadır. En yüksek sıcaklık 39.8 °C Ağustos ayında iken, en


düşük sıcaklık -28.9 °C ile Ocak ayında görülmektedir (MGM, 2015).

**Fauna:** Bolu Kent Ormanı, ortanca ağaçkakan (*Dendrocopos medius*), orman toygarı (*Lullula arborea*), kara ağaçkakan (*Dryocopus martius*) ve küçük yeşil ağaçkakan (*Picus canus*) gibi ılıman orman biyomu türlerinin büyük popülasyonlarını barındırmaktadır (Anonim, 2014).

### Bolu Kent Ormanı'nın Rekreatif Kullanım Özellikleri

Bolu Kent Ormanı'nın rekreatif kullanım özellikleri Çizelge 3'de özetlenmiştir.

**Çizelge 3.** Bolu Kent Ormanı'nın rekreasyonel kullanım özellikleri

	<p><b>Mevcut donatı elemanları:</b> 1 adet otopark, 7 adet yağmur barınağı, 1 adet danışma binası ve çeşme, 2 adet WC, çocuk oyun grubu, sağlıklı yaşam fitness grubu, 1 adet gölet, 8 adet ahşap oturma bankları ve 5 adet ahşap pergola.</p>
	<p><b>Yürüyüş yolları:</b> Yürüyüş yolu uzunluğu zorluk derecesine göre ayrılmış olan cross, yürüyüş parkuru ve ara patika yaya yolları ile toplamda 5 150 m.'dir. Cross ve yürüyüş parkurunun ana parkuru 1 910 m., zor parkuru 850 m. olmak üzere toplam 2 760 m.'dir.</p>

### Uzman Görüşü Değerlendirmesi

Kent ormanlarının sosyal, estetik, ekolojik ve ekonomik yararlarını ölçmek amacıyla anket yapılan kişilerin 8' i Uzman (%10,7), 17'si Akademisyen (%22,7), 6'sı İşçi (%8), 1'i Emekli (%1,3) ve Diğerleri (mimar, tekniker, mühendis, veteriner vb.)

43 kişi (%57,3)'dir. Uzmanlara sorulan sorular kent ormanının çok fonksiyonelli kullanım özelliklerine ve rekreasyonel potansiyeli olmak üzere iki (2) ana grupta değerlendirilmiştir. Uzmanların çok fonksiyonelliğine göre verdikleri cevaplar Çizelge 4'de verilmiştir.

**Çizelge 4.** Uzmanların kent ormanlarını çok fonksiyonelli kullanım özelliklerine yönelik değerlendirmeleri

	Fonksiyonları	Sayı (N)	Yüzde (%)
Ekolojik Fonksiyonları	Bitki türlerinin çeşitliliğini artırır ve yaban hayatının korunma ve yaşam alanını oluşturur.	19	25.34
	Kent çevresinde flora ve fauna için biyotop sağlar.	16	21.34
	Kent çevresinde gürültü kirliliğini azaltır.	14	18.66
	Ormandaki zengin maddeler (çürümüş yaprak vb.) ile gübre ihtiyacını azaltarak, toprağı geliştirir.	14	18.66
	Orman yeraltı suyunun drenajını azaltır ve suyun depolanmasını sağlar.	12	16
		<b>75</b>	<b>100</b>
Estetik ve Mimari Fonksiyonları	Özellikle kentin ana giriş ve çıkışlarındaki yolların etrafında oluşturdukları yeşil doku ile ziyaretçilerin kent hakkındaki ilk izlenimlerini olumlu yönde etkilemek ve kente farklı bir bakış açısı katar.	19	25.34
	Kent çevresindeki ormanlar sayesinde kentin katı ve keskin hatlı oluşumlarını yumuşatır.	16	21.34
	Görsel monotonluğu azaltarak peyzaja zengin bir katkı sağlamak ve bu sayede şairlere, ressamalara da ilham kaynağı olur.	15	20
	Kent etrafındaki ormanlarda bulunan yol kenarı ağaçları ise, hem sürücülere hem de yaya ve araç trafiğini ayırır.	14	18.66
	Kentin yakın çevresindeki endüstriyel tesisler, hammadde kaynakları, çöplükler ve diğer görünümü hoş olmayan alanların sınırlama ve kamufle edilmelerinde rol alır.	11	14.66
		<b>75</b>	<b>100</b>

Fiziksel ve İklimsel Fonksiyonları	İnsanlara kent ortamından çok uzaklaşmaya gerek duyulmaksızın, doğa ile temas etme, zamana ve mevsimlere göre doğada oluşan değişimleri gözlemlene olanağı vererek doğa ile bütünleşmelerini sağlar.	23	30.66
	Yeşil rengin bütün tonlarını içinde barındırdığından insan gözünün en duyarlı dalga boyundaki radyasyonlarla fizik ve ruh sağlığı üzerinde olumlu etki yaratır.	14	18.66
	Yeşil alanlar, orman alanları insan ruhunu pozitif anlamda dinlendirdiği için sosyal etkileşime geçilebilen alanlar olarak kullanılır.	13	17.34
	Kent ormanları kent iklimini iyileştirir ve kentin hava kalitesini yükseltir.	13	17.34
	Endüstrileşmiş çoğu kentlerdeki kent koruları, botanik bahçeleri, hayvanat bahçeleri ve arboretumlar gibi tesislerin, kent halkının fauna ve florayı daha iyi tanınmasını sağlar.	12	16
		<b>75</b>	<b>100</b>
Sosyal Fonksiyonları	Kent halkına rekreasyon fırsatı sağlar.	27	36
	Doğa ve çevre eğitimi için alan sağlar.	15	17.34
	Kent halkının ev ve iş çevresinin gelişimini sağlar.	13	14.86
	Yeşil alanların kültürel ve tarihi değerini artırır.	11	14.66
	Fizik ve ruh sağlığı üzerinde olumlu etki yaratır.	9	12.04
		<b>75</b>	<b>100</b>
Ekonomik Fonksiyonları	Kent ormanlarının kentlerin yakacak odun ihtiyacını karşılar.	20	26.67
	Fauna için besin kaynağı oluşturur.	17	22.67
	Turizm açısından kent ormanında yapılan etkinlikler gelir sağlar.	15	20
	Endüstriyel ürünler için ağaç endüstrisinin ham maddesini sağlar.	12	16
	Çilek, mantar, böğürtlen gibi meyve ve sebze türlerinin hem halka kaynak olması hem de yerel pazara kaynak olur.	11	14.66
		<b>75</b>	<b>100</b>

Uzmanların kent ormanlarının rekreasyonel potansiyeline göre verdikleri cevaplar Çizelge 5'de verilmiştir.

**Çizelge 5.** Uzmanların kent ormanlarını rekreasyonel potansiyeliğine göre değerlendirmeleri

	Fonksiyonları	Sayı (N)	Yüzde (%)
Rekreasyonel Etkinlikler	Ormanda kamp yapmak, paintball, oryantiring (ormanında yön bulma sporu), trekking (doğa yürüyüşü) gibi grup aktiviteleri	24	32.03
	Piknik yapma	18	24.02
	Fotoğraf çekme ve yaban hayatı, kuş gözlemi	15	14.86
	Festival ve konser etkinlikleri	11	14.66
	Doğa yürüyüşü, koşu, tırmanma ve bisiklet gibi sportif etkinlikler	7	9.33
		<b>75</b>	<b>100</b>

Rekreasyonel Alan Kullanımları	Çocuk oyun alanları ve spor ekipmanları	23	30.65
	Oryantiring, koşu ve dağ tırmanma parkurları	20	26.67
	Tarihi dağ müzesi, açık hava gösteri ve sergi alanları	12	16
	Hobi, terapi ve botanik bahçeleri	11	14.66
	Bungalov evler, çadır ve karavan alanları	9	12.03
		<b>75</b>	<b>100</b>
Kentsel Yaşam Kalitesine Etkisi	Sosyal fonksiyonlar (rekreasyon alanları olması, çevre koşullarına olumlu katkıları, bedensel ve ruhsal sağlığa olumlu katkıları)	28	37.34
	Estetik fonksiyonlar (doğal manzaraların çeşitliliği, bitkilerin mevsimsel değişimleri vb.)	19	25.34
	İklimsel ve fiziksel fonksiyonlar (serinlik etkisi, rüzgar ve hız kontrolü, kent iklimini dengeleyici etkileri, sel-taşkın önleme, erozyon kontrolü vb.)	14	18.66
	Ekolojik fonksiyonlar (kentsel çevrede hayvan ve bitki varlığına ortam sağlaması)	14	18.66
		<b>75</b>	<b>100</b>

## SONUÇ

European Cooperation in Science and Technology (COST, 2012), Uluslararası Orman Statüsü'ndeki kent ormanı kaynaklarını anlamak ve kayda almak için Avrupa çapında sörvey çalışmaları başlatmıştır. Araştırmada sorulan sorulan anket soruları ile, çeşitli kent ormanı ve ağaçların başlıca faydalarını somutlaştırarak, arazi kullanım önerileri sunulmaya çalışılmıştır. Bu sayede kent politikalarının karar vericilerinin de bilinçlenmesine katkı sağlanacağı düşünülmüştür. Kent ormanı miktarı ve kalitesi, sorunlar ve önemi vurgulanmıştır. Bu bağlamda Bolu Kent Ormanı'nın çok fonksiyonlu kullanım özelliklerine göre değerlendirilmesi Şekil 2'de sunulmuştur.

Bu çalışmada uzman görüşlerinden elde edilen veriler doğrultusunda alana yönelik geliştirilen öneriler aşağıda özetlenmiştir.

Ø Bolu kent ormanı içerdiği doğal özellikleri ve bitki dokusu itibari ile yaban hayatına korunma ve yaşam alanı oluşturması korunarak kullanımına yönelik olarak zonlama ile belirli alanlarda bitki ve hayvan varlığı koruma alanları oluşturulmalıdır ve endemik türler için özel çalışmalar yapılmalıdır.

Ø Kent ormanlarının estetik ve mimari fonksiyonları açısından Bolu Kent Ormanı'ndan kente kadar olan yol boyunca yol kenarlarındaki yeşil dokunun mevcutta olan halinin sürdürülebilirliği sağlanmalı ve gelişimi için özen gösterilmelidir.

Ø Kent ormanlarının fiziksel ve iklimsel fonksiyonları açısından mevcut altyapısının doğa ile temas etme, zamana ve mevsimlere göre doğada oluşan değişimleri gözleme olanağı vererek doğa ile bütünleşmelerini sağlamak için Bolu Kent Ormanı'nda düzenli gözlem yapma imkanı oluşturulmalıdır.

Ø Kent ormanlarının ekonomik fonksiyonları açısından Bolu Kent Ormanı'nda yakacak odun için ve bitkisel gaz elde edilmesi için özel alanlar oluşturulmalıdır. Ayrıca Bolu Kent Ormanı'nda yetişen mantar, böğürtlen, kuşburnu gibi yöresel ürünlerin toplanıp satışının yapılması ile de yöre halkına ekonomik fayda sağlanmalıdır.

Ø Kent ormanlarının sosyal fonksiyonları açısından Bolu Kent Ormanı'nda yapılabilecek rekreasyonel etkinlikler için rekreasyonel potansiyeli artırma amaçlı, alanla uyumlu rekreatif etkinlikler araştırılarak özel alanlar oluşturulmalıdır (dağcılık, kamping, paintball, oryantiring “ormanda yön bulma sporu”, doğa yürüyüşleri, tırmanma vb.). Yapılacak aktivitelerde çocuk oyun alanları ve spor ekipmanlarının yenilenmesine ve düzenli bakımının yapılmasına dikkat edilmelidir. Çünkü bu alanlar kent ormanı için önemli cazibe noktalarıdır.






Ø Kente kazandırdıkları fonksiyonlara bakıldığında Bolu Kent Ormanı'nın insan sağlığına katkı sağlaması açısından daha çok önem verilmelidir. İnsanlara hem rekreatif açıdan, hem bedensel ve ruhsal açıdan katkı sağlaması için fırsatlar yaratılmalıdır. Sosyal etkinlikler açısından orman alanında doğa

festivalleri düzenlenmeli, çocuklarında sosyal olarak katılımı açısından çevre ve doğa eğitimleri üzerinde durulmalıdır.

Gül ve Gezer (2009)'a göre, kent ormanı planlama ve yönetim sürecinde kentsel yeşil konsey ve yerel yönetiminde olduğu "Kent Ormanlığı Konseyi" oluşturulmalıdır. Kent ormanlarına ilişkin gelişim, destek ve kullanım planları yapılmalıdır. Bu planlara kent halkını bilinçlendirmeye yönelik çalışmalar da dahil edilmelidir. Orman İşletme'ye bağlı olan Bolu Kent Ormanı yönetimi şu anda kiraya verilen Bolu

Belediye'sine aittir. Fakat bu kapsamda belediye de mevcut bir planlama çalışması yer almamaktadır.

Özetle, Tyrvainen et al., (2005)'in kent ormanlarının çok fonksiyonlu kullanım özelliklerinde vurguladığı şekilde Bolu Kent Ormanı da çok fonksiyonlu planlandığı takdirde ekolojik, estetik ve mimari, fiziksel ve iklimsel, sosyal, ekonomik yararları ile Bolu kentinin en önemli yeşil alanlarından biri olacaktır. Bu bağlamda kentsel yeşil altyapı sisteminin ana bileşenlerinden Bolu Kent Ormanı'nın sürdürülebilirliği sağlanacaktır.

Bolu Kent Ormanı'ndaki yeni plantasyonlar		<p><b>Fiziksel ve İklimsel Fonksiyonları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Kent iklimini iyileştirip, kentin hava kalitesini arttırması için potansiyele sahiptir.</li> <li>-Halkın kentten uzaklaşp, doğa ile bütünleşmesi için altyapısı olan bir alandır.</li> <li>-Öğrencilerin, çocukların küçük yaşta bitki ve hayvanları tanınması için önemli potansiyele sahiptir.</li> </ul>
Yağmur barınağı ve yürüyüş parkuru örneği		<p><b>Sosyal Fonksiyonları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Kent halkına rekreasyon fırsatı verebilecek bir alandır, fakat ilk yapıldığı zamanki donatı elemanları korunmamıştır ve yenileme yapılmamıştır. Bu sebepten dolayı donatı elemanlarının çoğu kullanılmayacak durumdadır.</li> <li>-Alanda bulunan yeşil dokunun tarihi ve kültürel değeri için alan çalışması yapılmasına rağmen alanın gelişimi için çalışma yapılmamaktadır.</li> <li>-Rekreasyonel etkinlikler açısından potansiyele sahiptir. Buna rağmen alanda sadece yürüyüş yapılmaktadır. Diğer aktiviteler için alanlar mevcut değildir.</li> </ul>
Bolu Kent Ormanı'ndaki orman ürünleri		<p><b>Ekonomik Fonksiyonları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Çilek, mantar, böğürtlen gibi meyve ve sebzeler alanda yeterli miktarda yetişmektedir, fakat yerel pazarda satılması için kullanılmamaktadır.</li> <li>-Fauna için besin kaynağı oluşturma potansiyeli yüksek bir alandır.</li> <li>-Kent halkının yakacak odun ihtiyacını karşılaması için özel yetiştirme alanları bulunmamaktadır. Şu an köylülerin odun için yararlanabileceği özel yetiştirme alanları mevcut değildir.</li> </ul>
Bolu Kent Ormanı'ndan karışık meşçere örneği		<p><b>Ekolojik Fonksiyonları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Flora ve fauna çeşitliliğinin yoğun olduğu bir alan olmasına rağmen alana yönelik gelişim planı hazırlanmamıştır.</li> <li>-Kendi kendini yenileyebilecek kapasitede alan olmasına rağmen, koruma-kullanım dengesi amaçlı bütüncül plan yapılmamıştır.</li> <li>-Sürdürülebilir gelişim için alan içerisinde yaban hayatı koruma alanı bulunmamaktadır.</li> </ul>
Bolu Kent Ormanı'nın karayolu ile bağlantısı		<p><b>Estetik ve Mimari Fonksiyonları</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Kent merkezine 14 km mesafede ama karayolu güzergahında olması alan için avantaj niteliğindedir. Bu potansiyele sahip olmasına rağmen alana halkın rahat gidebilmesi için toplu taşıma sistemi bulunmamaktadır. Kullanıcılar sadece özel araçları ile alana ulaşım sağlayabilmektedir.</li> <li>-Kente estetik bir görünüm kazandırmaktadır.</li> </ul>

Şekil 2. Bolu Kent Ormanı'nın çok fonksiyonlu kullanım özelliklerinin analizi

## KAYNAKLAR

- Anonymous, 2009. Green Infrastructure Guidance, Natural England, [www.naturalengland.org.uk](http://www.naturalengland.org.uk), (Erişim tarihi: 22 Kasım 2014).
- Anonim, 2012. Tabiatın Kalbi Bolu. Bolu Belediyesi, Bolu Araştırmaları Merkezi Yayınları-12, Bolu.
- Anonim, 2014. Yeşildağ Orman İşletme Şefliği Kayıtları, Yeşildağ Orman İşletme Şefliği, Bolu Orman İşletme Müdürlüğü, Bolu.
- COST, 2012. Green Infrastructure Approach: Linking Environmental With Social Aspects in Studying and Managing Urban Forests. European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research.
- Gentin S, 2011. Outdoor recreation and ethnicity in Europe - A review. *Urban Forestry and Urban Greening*, 10: 153-161.
- Gezer A ve Gül A, 2009. Kent Ormancılığı (Kavramsal, Teknik Ve Kültürel Yaklaşımlar), Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Yayın No:86, Isparta, 244 s.
- Jay M and Schraml U, 2009. Understanding the role of urban forests for migrants - uses, perception and integrative potential. *Urban Forestry and Urban Greening*, 8: 283-294.
- Konijnendijk CC, 2000. Adapting forestry to urban demands – role of communication in urban forestry in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 52: 89-100.
- MGM, 2015. Yıllık Ortalama İklim Verileri, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceleristatistik.aspx?m=BOLU#sfB>. (Erişim tarihi: 12 Mayıs, 2015).
- Ode AK and Fry LA, 2002. Visual aspects in urban woodland management. *Urban Forestry and Urban Greening*, 1: 15-24.
- Özeren, M. (2012). Yeşil Altyapı Sistemi Kapsamında Meles Deltası ve Çevresinin Kurgulanması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, İzmir, 125 s.
- Pauleit S and Duhme F, 2000. GIS assessment of Munich's urban forest structure for urban planning. *J Arboriculture*, 26(3): 133-141.
- Roovers P, Hermy M, Gulinck H, 2002. Visitor profile, perceptions and expectations in forests from a gradient of increasing urbanisation in central Belgium. *Landscape and Urban Planning*, 59: 129-145.
- Tahvanainen L, Tyrvaäinen L, Ihalainen M, Vuorela N, Kolehmainen O, 2001. Forest Management and Public Perceptions – Visual Versus Verbal Information. *Landscape and Urban Planning*, 53: 53-70.
- Tyrvaäinen L, 1999. Economic Estimates Of Urban Forests: Comparison of Economic Estimates. In *The Living Forest: Non-Market Benefits of Forestry*. Forestry Commission, The Stationery Office, London.
- Tyrvaäinen L, Pauleit S, Seeland K, Vries S, 2005. Benefits And Uses Of Urban Forests And Trees. In *Urban Forests And Trees*. New York: Springer, 81-114.

## Van Gölü Güney Kıyı Alanlarında Yerleşim Alan Kullanım Değerlendirmesi ve Görsel Analiz Yaklaşımları

Feran AŞUR<sup>1</sup>, Hakan ALPHAN<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, Van Gölü Güney kıyı bölgesinde alanın doğal ve sosyo-kültürel peyzaj özellikleri ile biyofiziksel peyzaj özelliklerini bir bütün olarak ele alıp yerleşime uygunluk tespitinde yardımcı olabilecek bir model oluşturulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda Van Gölü Güney kıyı bölgesi ve yakın çevresinde yerleşim uygunluğu ve göl görünürlük haritasının üretilmesi üzere uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri araçlarından yararlanılmıştır. Araştırma sonucunda alanını yerleşim uygunluklarına göre değerlendirme, yerleşim uygunlukları ile göl manzarası varlığına göre değerlendirme ve yerleşim uygunlukları ile seçilmiş bakı noktalarının uzman görüşleri sonuçlarına göre değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan haritalar, veriler, bilgiler ve öneriler; doğal ve kültürel değerler açısından zengin olan Van Gölü'nün Güney kıyıları ve yakın çevresinde alan kullanım planlamaları ve önemli bir göl peyzajı niteliğindeki alanın yüksek değer taşıyan görsel kaynaklarının korunması için temel altlık durumunda olabilecektir.

**Anahtar Sözcükler:** Görsel peyzaj, Van Gölü, yerleşim uygunluğu

## Settlement Suitability Assessment and Visual Analysis Approaches for Southern Coastal Areas of the Van Lake

**ABSTRACT:** The present study was conducted with aims to create a model through visual analysis approaches for the southern coastal areas of the Van Lake that could aid in settlement suitability assessments, taking into consideration the socio-cultural and biophysical landscape properties of the region as a whole. With respect to this scope, remote sensing and geographical information tools were employed to create settlement suitability and lake visibility maps of the southern coastal areas of the lake. Assessments were made for settlement suitability of the lake coastal zones, for settlement suitability and lake view, and for settlement suitability and selected points of orientation along with expert opinions. Resulting maps, data, information and suggestions of this study may constitute a basic database for settlement planning of coastal zones and close surroundings of the Van Lake, and for preservation of visual aspects of lake landscapes.

**Keywords:** Settlement suitability, Van Lake, visual landscape

<sup>1</sup> Feran AŞUR(000-0001-9480-5536), Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gevaş MYO, Bahçe Tarımı, Van, Türkiye

<sup>2</sup> Hakan ALPHAN(0000-0003-1139-4087), Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Feran AŞUR, feranekasur@gmail.com

## GİRİŞ

İnsanın çevreye yaptığı müdahalelerin artışı ile birlikte çevre üzerinde yarattığı baskı ve tahribat kaçınılmaz olmuş ve çevrenin daha etkin kullanılabilmesi için peyzajların değerlendirilmesi konusu önemli hale gelmiştir. Bu doğrultuda günümüz insanı ve gelecek kuşaklar için yaşanabilir çevreler bırakılması, doğal ve kültürel varlıkların korunması için alan kullanım planlama yaklaşımlarının geliştirilmesi önem kazanmıştır.

Görsel değerlendirmeler bölgesel planlama düzeyinde; kentsel gelişmelerin yer seçimi, bölgesel parkların saptanması ve kurulması, strüktürel planlama düzeyinde ise; korunması ya da onarımı gereken alanların belirlenmesi, kentsel yayılma ve gelişme, kırsal rekreasyon, ağaçlandırma alanlarının seçimi, çevre birimlerinin kıyaslanmasını gerektirmektedir (Ak, 2010). Peyzajın görsel kalitesi zaten fiziksel özelliğinin bir doğası ve gereği olduğu için değerlendirmede mutlaka nesnel veya fiziksel yaklaşım modeli temel alınmaktadır. Görsel peyzajın kalite değerinin belirlenmesinde kullanılan biyofiziksel faktörler eğim, bakı, yükseklik, bitki örtüsü, su varlığı, komşu manzara, enderlik, doğal elemanlar, tarihi mekanlar ve kültürel değişiklikler olarak belirlenmiştir (BCMF, 1997; Çakıcı, 2007; Uzun ve Müderrisoğlu, 2011; Jahany ve ark., 2012; SNH, 2013; BLM, 2016). Araştırma alanı olarak seçilen Van Gölünün Güney kıyı kesimi ve yakın çevresi doğal ve kültürel peyzaj varlıkları açısından oldukça zengin olmaktadır. Araştırmanın konusunda etkili olan varsayımlar; peyzaj planlamalarına yön vermede doğal kaynakların değerlendirilmesi nasıl katkı sağlayabilir noktasında görsel peyzaj özelliklerinin değerlendirmeye alınması gereksinimi, Van Kültür Varlıklarını Koruma Müdürlüğü'nce tescil edilmiş çok sayıda tarihi mekanın çalışma alanında yer alması, kültürel peyzaj bakımından önemli zenginlikler sayılmasına rağmen görsel peyzaj değerlerinin göz önünde bulundurulmasıyla üretilmiş bir alan kullanım planlamasının bulunmaması şeklindedir. Ortaya çıkan haritalar, veriler, bilgiler ve öneriler planlama çalışmalarında karar vericilerce görsel peyzaj kaynaklarının varlığını gözetleyerek daha sağlıklı kararlar verilebilmeleri için temel altlık oluşturacaktır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

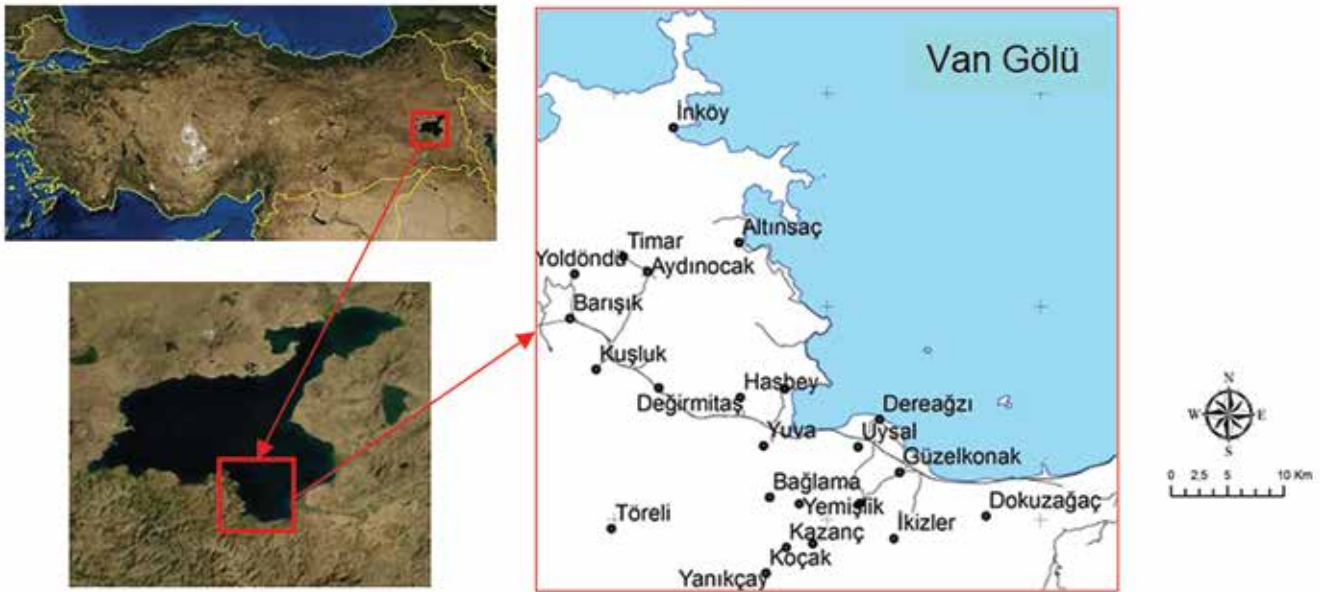
Van İl sınırları içinde Van Gölünün Güney kıyı seridi ve yakın çevresi araştırmanın ana materyalini oluşturmuştur. Araştırma alanı 607 km<sup>3</sup> lük hacim ve 3 626 km<sup>2</sup>'lik alanıyla dünyanın en büyük sodalı ve Türkiye'nin en büyük gölü olan Van Gölü'nün Güney kıyı bölgesinde Deveboynu Yarımadası mevkiinde 38°26' ve 38°29' Kuzey enlemleri ile 42°52', 42°47' Doğu boylamları arasında olan alan ile 38°18' ve 38°16' Kuzey enlemleri ile 43°04' ve 43° 05' Doğu boylamları arasındaki yer almaktadır (Şekil 1). Alanda yer alan doğal yapı özellikleri ile mevcut alan kullanımının belirlenmesinde topoğrafik haritaların yanı sıra 6 Haziran 2013 tarihli Landsat OLI (Operational Land Imager) çok bantlı uydu görüntüleri, Google Earth veri tabanından elde edilen ve coğrafi olarak referanslandırılan yüksek çözünürlükte (5m) veriler ve ASTER sayısal yükseklik modeli altlık olarak kullanılmıştır. Yersel veri sağlamak amacıyla GPS (Global Positioning Systems) verilerin değerlendirilmesi için ArcGIS 10 2, ERDAS Imagine ve IDRISI Selva yazılımları kullanılmıştır. Konu ile ilgili olan akademisyen ve uzman kişilerle alanda gözlemler yapılarak fotoğraflar çekilmiş, yerli ve yabancı kaynaklardan yararlanılmıştır. Alanın fiziksel sınırları Van Gölü maksimum su kotu 1 650 m'den itibaren kara yönünde 200 m yükseklik ve kıyıda kara yönünde 5 km derinlik sınırlayıcıları dikkate alınmıştır.

Yöntem olarak araştırmada kullanılan çok kriterli analiz yöntemlerinden "Doğrusal Kombinasyon Tekniği" süreci; kriter ve sınırlayıcıların belirlenmesi, bunların standardizasyonu ve ağırlıklandırılması ile birleştirme aşamalarından oluşmaktadır. Standardizasyonda bulanık (fuzzy) standardizasyon kullanılmış, ağırlıklandırmada ise analitik hiyerarşi sürecinden yararlanılmıştır. Mevcut verilerin belirlenmesi ve veri tabanı oluşturma alanının doğal peyzaj özellikleri ortaya konulmuştur. Yerleşim alanları uygunluklarının belirlenmesinde kentsel gelişim alanları ile ilişkili olan yerleşim, ulaşım, tarım ve rekreasyon alanları için kullanımı etkileyecek kriterler ve sınırlayıcılar; arazi örtüsü, arazi yetenek sınıfları, topoğrafik yapı, su varlığına uzaklık, ulaşım yollarına uzaklık, jeolojik yapı, fay hatlarına uzaklık ve yerleşime olan



uzaklık ile bağlantılı olarak belirlenmiştir. Arazi yetenek sınıfları Van İli Arazi Varlığı raporundan (KHGM, 1996) ve 1/25 000 ölçekli toprak envanteri haritalarından temin edilerek sayısallaştırılmıştır. VI. ve VIII. sınıf araziler “Tarıma elverişsiz araziler” olarak sınıflandırılmaktadır (KHGM, 1996; Sarı, 2000). Dolayısıyla bu araziler yerleşim için çok uygun olarak değerlendirilmiştir. İnsanın sağlıklı yaşamı için yükseklik ölçüsü deniz seviyesinden 800 m’den başlayan 2.000 m’ye kadar uzanan yükseklik kuşağıdır (konaklı, 2011). Bu nedenle üretilen yükseklik haritasında yerleşim için uygun yükseklik değeri minimum 1 655 m ve maksimum 2 000 m olarak belirlenmiştir. Konaklı (2011)’ye göre Yerleşim alanlarında drenaj sorunu nedeniyle eğimin % 0-2 arasında olması genelde tercih edilmemektedir. Yerleşimlerde genellikle güney bakılı bölgeler tercih edilmektedir. Değişik kullanım tipleri için doğal su varlığına yakınlık alt ölçütü farklı olabilmektedir. Buna göre Mutlak Koruma Alanında 17. Madde C bendinde olduğu gibi “çevre düzeni planına uyularak,

alan içinde gölden faydalanma, piknik, yüzme, balık tutma ve avlanma ihtiyaçları için cepler teşkil edilir. Bu cepler su alma yapısına 300 metreden daha yakın olamaz” (Anonim, 2004). Bu bilgilere dayanarak doğal su varlığına yakınlık minimum 300 m olarak ele alınmıştır. Jeolojik yapı değerlendirilmesinde; alüvyon yelpazesi, yamaç molozu, moren ve ayrışmamış kuaterner zeminler kentsel yapılaşmaya ‘uygun değil’ iken serpantin, gabro, bazalt, mermer, rekristalize kireçtaşı, yerinde şist ve split zeminler kentsel yapılaşmaya ‘uygun’ olarak değerlendirmeye alınmıştır (Korkmaz, 2006; Değerliyurt, 2013). Jeolojik yapıda mevcut fay hatlarından uzaklık arttıkça yerleşim uygunluğu artmaktadır. Tanrıöver (2011)’e göre yerleşimden olan uzaklık hesaplanmasında, mesafe ölçümlerinde şehir merkezinden değil, şehir sınırından olan uzaklık önem taşımaktadır. Nedeni ise yeni merkezler ve yapılar sınırdan itibaren gelişime katkıda bulunmasıdır. Yerleşime uygunluk, kentten uzaklaştıkça doğrusal olarak azalacak şekilde standardize edilmiştir.



Şekil 1. Araştırma alanının konumu

Birleştirme ve uygunluk hesaplamaları yapılarak farklı kriterleri bir araya getirilmiş ve karar alımı için sonuç üretilmiştir. Yer seçimi aşamasında bir alanın uygun olup olmadığını çoklu kriter yöntemi kullanılarak ilgili alan kullanım şekline etki eden parametrelerin her birine ağırlık değeri verilmektedir. Bu ağırlık değerleri, parametrelerin göreceli değerine göre belirlenmektedir. Buna göre fay hatlarından

uzaklık ile kıyıdan ve yerleşimlerden uzaklıklar en yüksek ağırlıklara sahiptir. Yoldan uzaklık kriteri ise en düşük katkıya sahip kriter olarak belirlenmiştir. Yerleşim alanlarının belirlenmesinde araştırma alanının birinci derece deprem bölgesinde bulunması nedeni ile fay hatlarından uzaklık, 0.2773 ağırlık oranı ile önemli değişken varsayılmıştır. Tutarlılık oranı ise 0.05 olarak ortaya çıkmıştır (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Faktör ağırlıkları

Kriterler	Ağırlık
Arazi örtüsü	0.1057
Arazi yeteneği	0.1057
Yükseklik	0.0351
Eğim	0.0686
Bakı	0.0601
Kıyıda uzaklık	0.1476
Faylardan uzaklık	0.2773
Yoldan uzaklık	0.0240
Jeoloji	0.0390
Yerleşimden Uzaklık	0.1368
Tutarlılık oranı: 0.05	

Yürütülen analizlerde kriter haritaları 0–255 arasında tekrardan ölçeklendirilmiştir. Tarım alanlarıyla kaplı alanlara 125 ve çıplak alanlara verilen değer ise 255 olmuştur. Arazi yetenek sınıflandırmasında VIII. sınıf araziye verilen değer 240 olmuştur. Jeolojik değerlendirmede serpantin, gabro, bazalt, spilit, volkano-sedimanterler, yerinde şist, mermer, rekristalize kireçtaşı 255 değer almıştır. Diğer haritalarda ise Fuzzy yaklaşımı kullanılmıştır. Kriterler Sigmoidal, doğrusal ve J-şekilli fonksiyonu kullanılarak standardize edilmiştir. Uzman tabanlı bu çalışmada, alanın görsel peyzaj değerlendirme kriterleri ve envanterlerinin belirlenmesinde görünürlük beğenileri biçimsel yönde olup, algı faktöründen bağımsız şekilde yürütülmüştür.

Yerel ölçekte bakış noktaları insanların bölgedeki görsel nitelikleri tecrübelerini dikkate alarak turistik yollar, ulaşım güzergâhları, gözetleme istasyonları ve çalışma alanının yakınından geçen kamusal araç yollarından seçilmelidir (Shepperton Studios, 2004; Wu ve ark., 2006). Peyzaj estetiğinin değerlendirilmesinde fotoğrafların kullanımı, çoğu uzman için geçerli bir yöntem olarak kullanılmıştır (Clay ve Smidt, 2004; Çakıcı, 2007). Peyzajın görsel kalite değerlerin belirlenmesi ve sınıflandırması için: BCMF (1997), Uzun ve Müderrisoğlu (2011), Jahany ve ark. (2012), SNH (2013) ve BLM (2016)'dan yararlanarak görsel peyzajın biyofiziksel özelliklerinin uygunluk ölçütleriyle alt ölçütleri belirlenmiştir (Çizelge 2).

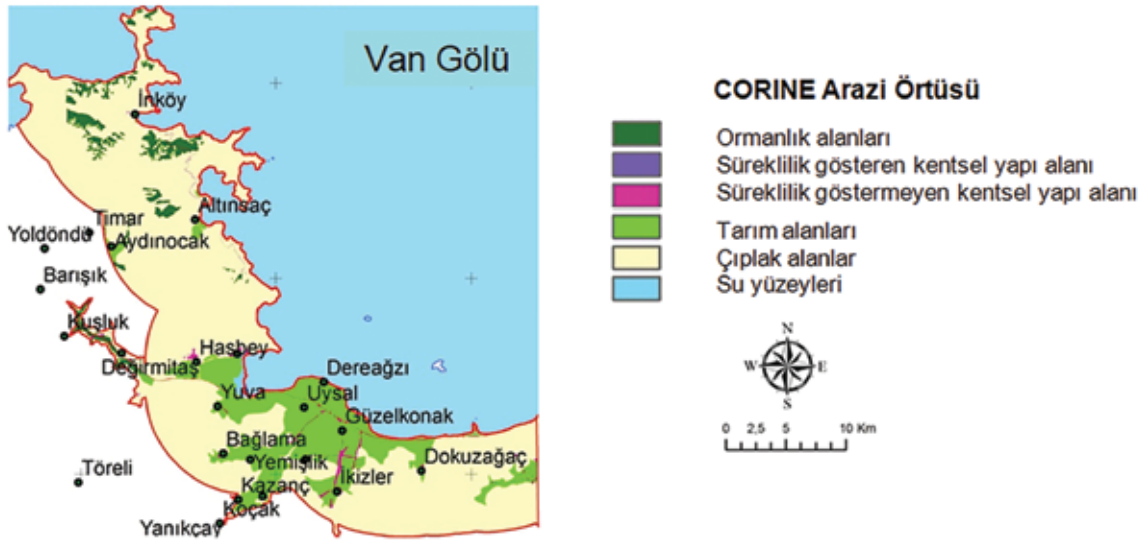
**Çizelge 2.** Görsel peyzajın biyofiziksel özelliklerinin değerlendirme formu BCMF (1997), Çakıcı (2007), Uzun ve Müderrisoğlu (2011), SNH (2013), BLM (2016).

Puanlar Kriterler	5	4	3	2	1
Sınır, komşu manzara, ufuk çizgisi	Çok belirgin	Belirgin	Orta derecede belirgin	Az belirgin	Sınır, komşu manzara yok
Topoğrafik çeşitlilik	Çok belirgin	Belirgin	Az belirgin	Belirgin değil	Topoğrafik çeşitlilik yok
Bitki Örtüsü	Yoğun	Orta	Az belirgin	Çok az	Bit. Örtüsü yok
Su manzarası	Çok baskın berrak su varlığı	Su yüzeyi varlığı çok baskın değil	Su varlığı az belirgin	Su varlığı yok	Suyun fiziksel kalitesi kötü
Doğal Elemanlar	Doğal elemanlar çok baskın	Doğal elemanlar baskın	Doğal elemanlar yapısal elemanlar dengede	Yapısal elemanlar baskın	Yapısal elemanlar çok baskın

Uzmanların beğenilerine yönelik tercihlerinin ortak bir paydada toplanması için, seçilen 8 bakı noktasının (hedef manzarayı izleme noktası) görsel peyzaj biyofiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi alanı gören 10 kişilik uzman grubu tarafından gerçekleştirilmiştir.

Manzara değeri yüksek yerler göl görünürlüğü ile paralellik gösterdiğinden göl görünürlük haritasıyla yerleşim alanı uygunluk haritası birlikte değerlendirilmeye alınmıştır.

Göl görünürlük analizinde göl yüzeyi 500 m aralıklarla görünebilen noktalar belirlenmiştir.



Şekil 2. Araştırma alanının mevcut arazi örtüsü

Yerleşim alanında Doğa Derneğinin hazırlamış olduğu “Türkiye’nin Önemli Doğa Alanları” adlı eserinde yer alan üç Önemli Doğa Alanı bulunmaktadır (Doğa Derneği, 2015). Önemli Doğa Alanı olan Van Gölü Güney kıyıları “DOG 048” bölgesinde yerleşim alanları olan: Dokuzağaç, İkizler, Dilmetaş, Koçak, Dereağzı, Güzelkonak, Uysal, Yuva, Hasbey, Göründü, Yemişlik, İnköy ve Altınsaç yerleşimleri bulunmaktadır. Rekreatiyonel alanları: Bölgede kamp alanı olarak kullanılabilen kumsal saha ve trekking yapacaklar için ideal alanlar bulunmaktadır. Kuş gözlemciliği, fotoğrafçılık, avcılık ve çevre yürüyüşleri gibi aktivitelere ev sahipliği yapabileme potansiyeline sahiptir. Arazinin engebeli oluşu ve kışın sert ve uzun geçmesinden dolayı tarımsal üretim alanda sınırlıdır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma alanına ait mevcut arazi örtüsü, peyzajın doğal ve sosyo-kültürel yapısı ve özellikleri ile yerleşim uygunluk değerlendirilmeleri ortaya konulmuştur.

**Mevcut arazi örtüsü:** Arazi örtüsü sınıflamasında CORINE (Coordination of Information of the Environment) sınıflama sistemi kullanılmıştır. Landsat OLI çok bantlı uydu görüntüleri, ASTER sayısal yükseklik modeli, topoğrafik haritalar ve diğer veriler yardımı ile alanda mevcut arazi örtüsü ortaya konulmuştur. Alanda farklı alan tipi mevcut durumu saptanmıştır (Şekil 2).

**Alanın Doğal Peyzaj Özellikleri:** Yerleşim alanları uygunluklarının değerlendirilmesinde kriter haritalar hazırlanarak doğal peyzaj özellikleri belirlenmiştir. Toprak özellikleri olarak arazi dağılımında sekiz arazi yetenek sınıfı bulunmaktadır. Topoğrafik yapı; yüksekliğin yersel dağılımını gösteren sayısal yükseklik modeli verilmiştir. Yükseklik haritası ile de ilişkilendirildiğinde eğimli alanlar büyük oranda yükseklik değerleri çok olan alanlarda yer aldığı görülmektedir. Genel jeoloji; Van Gölünün Güney kesiminde yer alan Gevaş İlçesinde; Paleozoyik yaşlı Bitlis Masifini oluşturan metamorfik kayalar, Mesozoyik yaşlı ofiyolit topluluğu ve örtü kayaları olarak adlandırılacak ofiyolit ile Bitlis Masifini oluşturan metamorfik kayaların bir araya

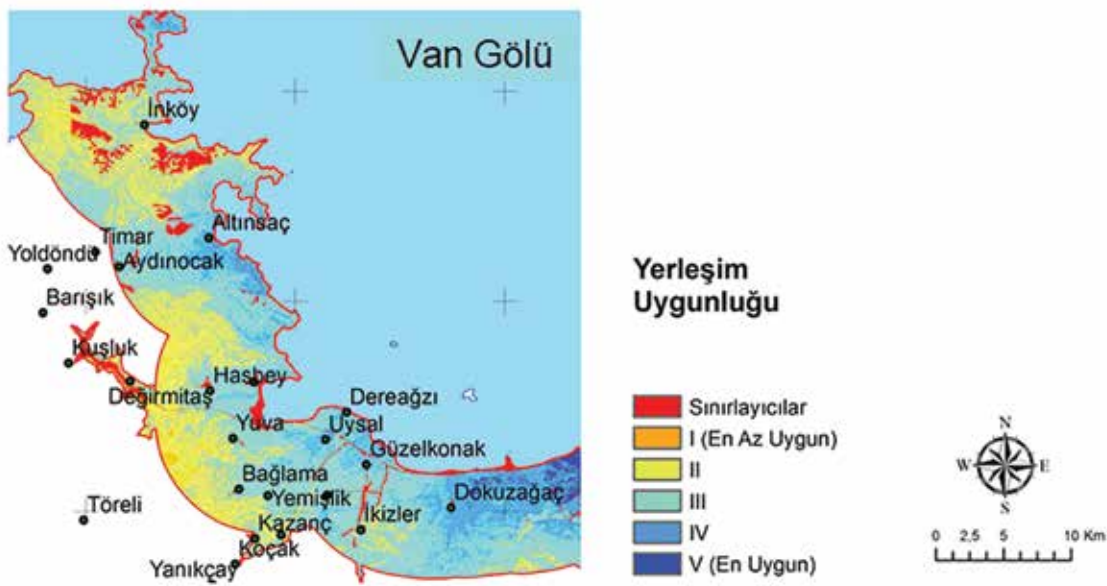
gelmesinden sonraki dönemlerde çökelmiştir (Örün ve ark., 2008). Van ili sınırları içinde ve çevresinde çok etkili sayılabilecek tektonik unsurlar bulunmaktadır. Araştırma alanının hidrolojik yapısı; akarsular, sulak alanlar, kıyı morfolojisi ve kıyı tipleri başlıkları altında irdelenmiştir. Alanda mevcut olan Göründü Sulak Alanı Akdamar Adasının güneybatısında 400 ha alanla Van Gölü'nün güney kıyısında yer almaktadır. Göründü Köyü göl kıyısında yer almaktadır (Çetinkaya, 1993; Doğa Derneği, 2015). Bu sazlık yerleşim etkilerinden uzak kalmaktadır. Deniz (2008)'e göre üç tip kıyı şekli olan; Basık ya da alçak kıyılar, Ana kaya veya taşlı kıyılar ve Falezli kıyıları Van Gölü çevresinde görmek mümkündür. Falezli kıyılar Van Gölü'nün güneyinde geniş alan kaplamaktadır. Yükseklik, İnköy civarındaki gibi 45–50 m'yi bulmaktadır. Van Gölü çevresinin bitki örtüsü bakımından zayıf olup şiddetli erozyon yaşanmaktadır (Yıldız ve Deniz, 2005). İran-Turan fitocoğrafik bölgesine giren Van ve çevresinde step formasyonu hâkimdir. Araştırma alanında özellikle batı ve güney yamaçlar biyotik baskının (yakacak temini, hayvan yemi, otlatma) şiddetli olduğu yerlerdir. Bu alanlarda orman devamlı tahripten dolayı çalimsı yapıya dönüşmüştür (Altan, 1993; Muratgeldiev ve ark., 2000). Bingöl (2004) araştırma alanındaki kıyı bölgesinde yer alan “Deveboynu Yarımadası ve Çevresi (Gevaş-Van) Florası” başlıklı çalışmada içerdikleri en çok taksona göre ilk üç cins ise *Astragalus*, *Centaurea* ve *Silene* olarak belirlemiştir. Araştırma alanında olan

Altınşaç köyü 1700'den 2300 m'ye kadar yoğun meşe (*Quercus petraea* subsp. *pinnatiloba*) toplulukları yayılış göstermektedir.

Van İli konumu itibarı ile Sibirya ve soğuk step elemanlarından oluşan Kafkas faunasının Anadolu'ya giriş yaptığı Erzurum-Kars platosu ve çöl elemanlarının giriş yaptığı Iğdır-Aralık üçgeni ile Van-Hakkari platosu güzergahlarında olması nedeniyle zengin bir memeli faunasına sahiptir (Anonim, 2015). Göl kışın donmadığı için kuş çeşitliliği açısından zengin sayılıp, sazlıklar birçok su kuşu türüne ev sahipliği yapmaktadır.

#### Yerleşim için uygunlukların değerlendirilmesi:

Bunun için standartlaştırılmış haritalar kullanılmıştır. Çalışma sonucu yerleşim uygunluğu açısından 5 farklı sınıf ortaya çıkmıştır. IV. sınıfta bulunan alanlar gelecekte yerleşim için uygun potansiyel göstermektedir. Bu alanlar Gevaş İlçesine bağlı Dokuzdağaç çevresinden oluşmaktadır. Yerleşim alanı kullanımı için mevcut plan kareler için orman, korunan alan ve yerleşim alanları var ise, bu kullanımlara sınırlayıcılar olarak öncelik tanınmıştır. Göründü Sazlığı ve Altınşaç bölgesindeki ormanlık alanlar koruma öngörüldüğü için bu alanlarda maskeleyme uygulanarak değerlendirme dışı bırakılmıştır. Altınşaç'ın Güney, kuzeybatı ve güneybatı kısımları ile İnköy'ün kuzeydoğu bölgeleri seyrek yerleşime sahiptir. İnköy'ün kuzeydoğu bölgeleri yerleşime uygunluk göstermeyen alanlar olarak ortaya çıkmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Yerleşim uygunluk haritası

**Alanın Görsel Peyzaj Değerleri:** Örnek noktaların manzara değerleri, göl yüzeyi görünürlük değerleri ile göl yüzeyi görünürlüğü ve manzara noktalarının ilişkilendirilmiştir.

**Örnek noktaların manzara değerlendirilmesi:** seçilen noktaların (Şekil 4-11) uzman grubu tarafından görsel peyzaj değerlendirme sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Sahil yolundan görüntü



Şekil 5. Göründü sazlığı



Şekil 6. İskele Köyü Sahili ve Artos Dağı



Şekil 7. Göl, dağ ve orman



Şekil 8. Altınsaç iskelesi



Şekil 9. Alandaki burundan görüntü



Şekil 10. Altınsaç Koyu



Şekil 11. İnköy Koyu

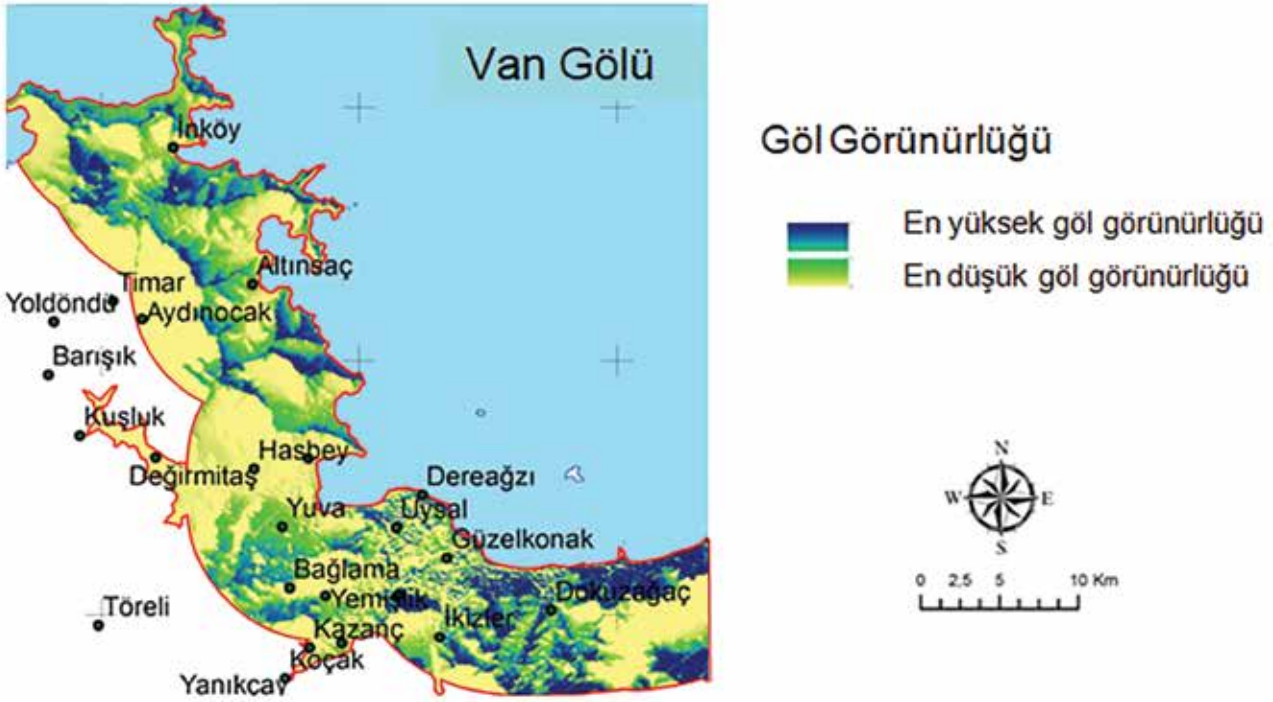
**Çizelge 3.** Seçilen 8 bakı noktalarının görsel peyzajın biyofiziksel özelliklerinin uzman grubu tarafından puan değerlendirme formu sonucu

Uzmanlar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Toplam Puan
Şekil no											
4	18	20	23	20	22	20	22	18	23	21	207
5	19	21	23	23	23	23	21	19	22	21	225
6	19	22	23	22	24	22	23	20	23	22	220
7	20	21	22	23	23	23	24	21	22	23	222
8	21	22	23	22	23	20	23	22	20	23	219
9	21	21	23	22	21	20	22	21	22	22	215
10	23	24	25	22	23	23	24	22	23	23	232
11	20	18	18	17	22	22	21	15	24	20	197

Bakı noktalarından 200 ve üzeri puan alan bakı noktalarının belirgin peyzaj özellikleri su manzarası olan göl görüntüsü, doğallık ve bitki örtüsü olarak ortaya çıkmıştır. En az puan alan görüntü ise göl manzarası ve doğal alan içermesine karşın suyun kirli görüntüsü nedeniyle düşük puan aldığı alan (11 No'lu fotoğraf) ortaya çıkmaktadır. Bu Makhdoum (2006) ve Wu et al.,

(2006)'nın görünen su varlığı, doğal bitki örtüsü ve topoğrafyanın varlığı ile algılanan görsel peyzaj kalitesinin arttığını fakat insan yapımı negatif elemanların varlığı ile azaldığını ortaya koydukları sonuçlarla örtüşmektedir.

**Göl yüzeyi görünürlük değeri:** Bu değer yüksek olduğu alanlar Şekil 12'de verilmiştir.

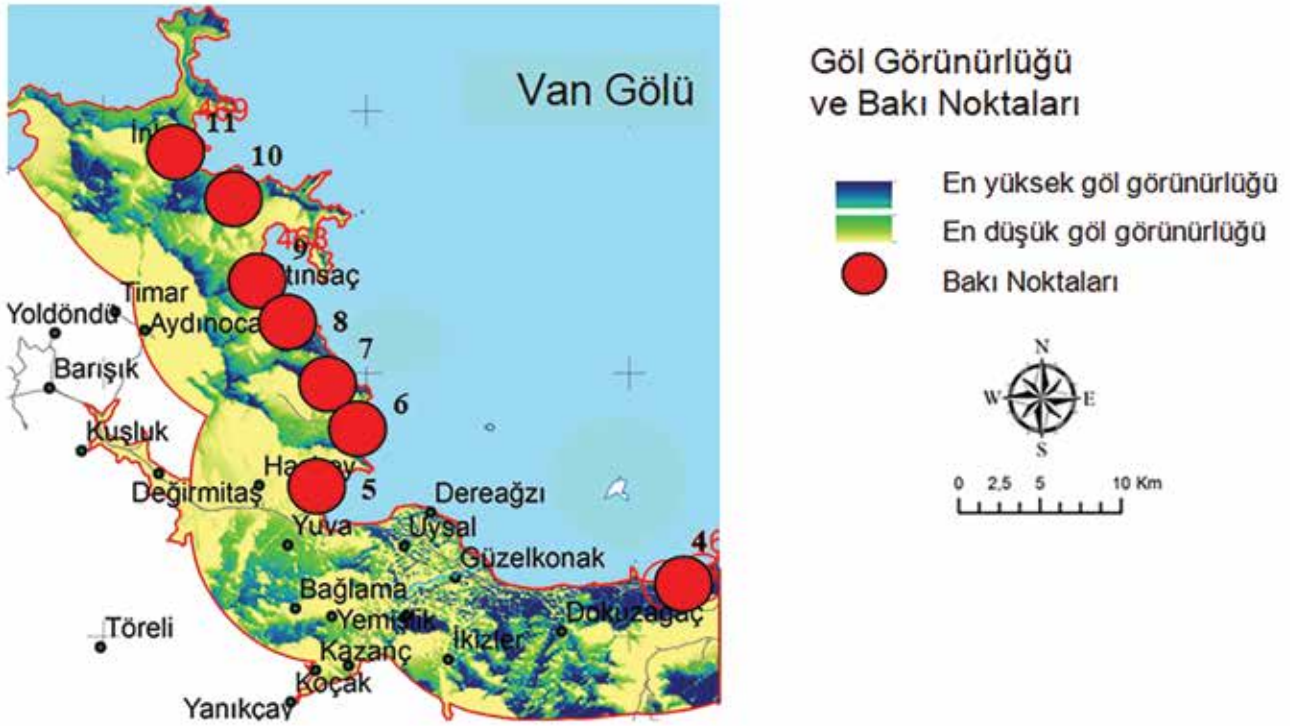


Şekil 12. Göl yüzeyi görünürlük haritası

Göründü bölgesinden Altınsaç ve İnköy bölgesine kadar büyük bölüm göl yüzeyi görünürlüğü bakımından yüksek değer taşımaktadır. Bu bölgeye kara yolu ile ulaşım çok zor olup, göl üzerinden daha kolay ve hızlı ulaşım sağlanabilmektedir. Görünürlük bakımından yüksek değer taşıyan alanlar ulaşılabilirlik açısından uygun olup karayolları ile rahatlıkla ulaşım sağlanabilmektedir. Bu Wu et al., (2006)'nın manzara noktalarına ulaşılabilirlik özellikte olması gerektiğini desteklemektedir. Özus ve Dökmeci (2006); Benson et al., (1998), Bond et al., (2002)'nin çalışmaları manzara kaliteleri yerleşim tercihlerini pozitif yönde etkilediğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre göl yüzeyi görünürlüğü yüksek olan alanlar önceden yerleşimler için kısmen tercih edildiği ortaya çıkmaktadır.

Göl yüzeyi görünürlüğü ve manzara noktalarının ilişkilendirilmesi: seçilen noktalar göl yüzeyi görünürlük haritası ile ilişkilendirilerek görsel peyzaj kalite değerlendirmesinde ortak kriter olan su yüzeyi görünürlüğü bakımından bir değerlendirme yapılmıştır (Şekil 13). Seçilen bakı noktaları göl yüzeyi görünürlük haritası ile karşılaştırıldığında göl yüzeyi görünürlük haritasından tamamen bağımsız seçilen bu noktalar göl görüntüsüne sahiptir.

220 ve üzerinde puan alan 5,6,7 ve 10 no'lu fotoğraflar görsel kalite ve göl yüzeyi görünürlük açısından değerli noktalar olarak ortaya çıkmıştır. Bu alanların görsel peyzaj yapıları genelde doğal, çeşitli, perspektif sunan, eşsiz, mekan kimliği taşıyan ve açık olmaktadır.



Şekil 13. Göl yüzeyi görünürlük haritası ve bakı noktalarının ilişkisi

### Alanın Yerleşim Uygunluğu ve Görsel Peyzaj Değerlerine Göre Değerlendirmesi

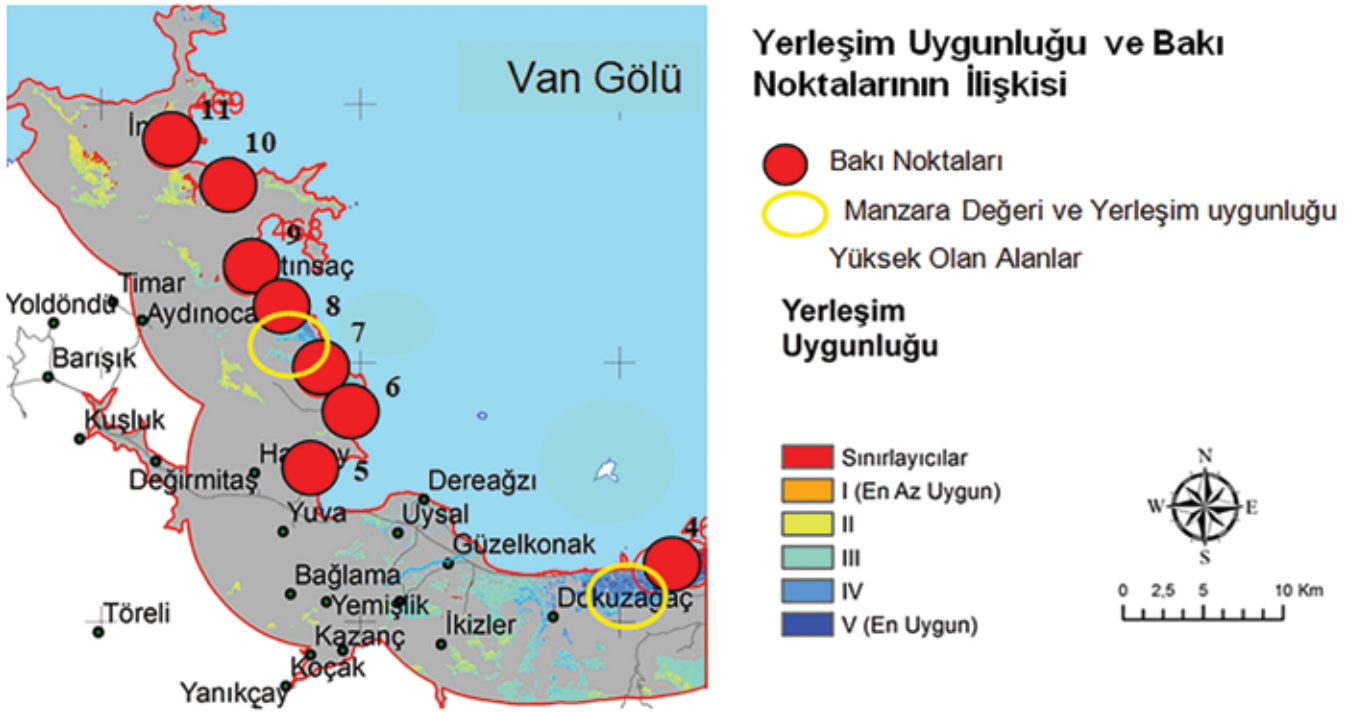
**Yerleşim uygunluklarına göre değerlendirme:** Yerleşim için uygunluk göstermeyen bölgeler: Altınış bölgesinin kuzeybatı kısımları ve İnköy'ün kuzeydoğu kısımlarından oluşmaktadır. Yerleşime uygunluk açısından Dokuzağaç köyü ve yakın çevresi yüksek değere sahip olmaktadır. Yemişlik, Bağlama, Güzelkonak, Uysal, Yuva, Hasbey, Aydınocak

ve Altınış köyleri orta derecede yerleşime uygundur.

**Yerleşim uygunlukları ve göl görünürlüğüne göre değerlendirme:** Hem yerleşime uygunluk kriterlerini sağlayan alanlar hem göl yüzeyi görünürlüğü yüksek olan alanlardan örtüşen bölgeler ortaya konulmuştur. Buna göre yerleşim uygunlukları ve göl görünürlüğü açısından değeri

yüksek olan alanların birlikte değerlendirmesinde Dokuzağaç ve Altınış'ın güneybatı bölgesi ortak olarak yüksek değere sahip olduğu ortaya çıkmaktadır.

**Yerleşim uygunluklarının seçilmiş bakı noktalarına göre değerlendirmeleri:** Göl yüzeyi görünürlük haritasından bağımsız olarak seçilen 8 bakı noktası göl yüzeyi görünürlük haritasına yerleştirilmiştir. 8 bakı noktası içinde en yüksek puan alan noktalar su manzarası kriteri açısından da yüksek puan alan noktalar olup bu noktalar göl yüzeyi görünürlük açısından yüksek değer taşıyan bölgelerde yer almaktadır (Şekil 14). Görsel peyzaj değerleri yüksek olan 5, 6, 9, 10 ve 11 No'lu bakı noktaları yerleşim için uygunluk göstermeyen alanlarda bulunmaktadır. Bu bakı noktalarının buldukları alanları çevreleriyle birlikte güzel manzara sağlayabilme niteliklerinin korunması gerekmektedir.



Şekil 14. Yerleşim uygunluğu ve göl görünürlüğü ilişkisi

## SONUÇLAR

Fiziksel planlamaya yansıtılması temeline dayanan bu araştırma sonucunda üretilen haritalar ve bilgiler manzara noktaları ve yüksek görsel kaliteye sahip konumların belirlenmesinde kullanılabilir. Araştırma sonucunda göl görünürlük değeri yüksek alanlar ve doğal güzellikleri açısından manzara değeri yüksek olarak tespit edilen Altınsaç ve İnköy bölgesi korunması gereken tabiat parkı statüsüne alınması önerilmektedir. Bunun sonucunda alandaki kaynakların sürdürülebilirliğini, mutlak korunmasını ve gelecek nesillere intikalini sağlamak mümkün olabilecektir. Görsel değeri yüksek tespit edilen Altınsaç bölgelerinde mevcut kırsal yerleşimlerle uyumlu çevrenin tarımsal ve zengin ekolojik özelliklerini koruyarak kırsal turizme ve tarımsal rekreasyona uygun ev pansiyonculuğu teşvik edilmesi önerilmektedir. Kırsal peyzajın kalitesini eğitim ve altyapı çalışmalarıyla artırmak olasıdır. Tabiat Varlıklarını Koruma Merkez Komisyonunun doğal sit alanlarına dair alınan ilke kararına göre, “kesin korunacak hassas alanlar”, “kaynak değerlerinin korunması için alan kullanımı ve alana tüm etkilerin sınırlandırıldığı, gerektiğinde insanların bölgeye girişlerinin engellendiği, bilimsel araştırmalar, eğitim ya da çevresel izleme amacıyla

özel önlemler alınarak korunacak kara, su, deniz alanları” olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2017). Bölgelerde “Doğal Sit “ olarak 19.07.2012 tarih ve 28358 sayılı Resmi Gazetede (Anonim, 2012) yayımlanan “Korunan Alanların Tespit, Tescil ve Onayına İlişkin Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik” çerçevesinde tespit ve tescil edilmelidir. Böylece yerleşimin önüne geçilerek eğitim, eko-turizm ve kontrollü rekreasyonel kullanımlara yönlendirme mümkün olabilecektir. Çalışmada ortaya çıkan haritalar ve veriler doğrultusunda alanda yapılacak yerleşim planlamalarında Dokuzağaç köyü ve yakın çevresi yerleşime uygunluğu yüksek olarak ortaya çıktığı için bu alan dışında yoğun yerleşime izin verilmemelidir. Yemişlik, Bağlama, Güzelkonak, Uysal, Yuva, Hasbey, Aydınocak ve Altınsaç köyleri orta derecede yerleşime uygunluk gösterdiğinden bu alanlarda da fazla yoğun olmayan bir yerleşim dokusu korunmalıdır. Bu çalışmada peyzajın biyofiziksel parametrelerine dayanarak manzara değerine sahip alanların görünürlük özellikleri değerlendirilmiştir. Ancak ortaya çıkan sonuçlara göre manzara değeri yüksek olan alanların özellikleri aynı zamanda algısal parametreleri büyük oranda doğrulamaktadır. Algısal temellere dayanan çalışmalar bir peyzajın görsel özellikleri BLM (2016),



Bell (1993), Clay & Smidt (2004)'e göre ne kadar doğallık, canlılık, eşsizlik, çeşitlilik, ilginçlik ve mekan kimliği taşıyorsa peyzajın olumlu manzara özellikleri de o oranda yüksektir. Bu özellikleri yüksek puan alan manzara noktaları da taşımaktadır. Bu nedenle peyzajın görsel kalitesi fiziksel niteliğin bir doğasıdır

## KAYNAKLAR

- Ak MM, 2010. Akçakoca Kıyısı Bandı Örneğinde Görsel Kalitenin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 156 s.
- Altan T, 1993. Türkiye'nin Doğal Bitki Örtüsü, Çukurova Üni. Ziraat Fak. Ders Kitabı no: 70, Adana, 200s.
- Anonim, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, www.mevzuat.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod (Erişim Tarihi: Aralık, 2015).
- Anonim, 2012. Korunan Alanların Tespit, Tescil ve Onayına İlişkin Usul ve Esaslara Dair Yönetmelik, www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/07/20120719-3.htm. (Erişim Tarihi: 9 Ocak, 2017).
- Anonim, 2015. Orman ve Su İşleri Bakanlığı., Van İli'nin Karasal Biyolojik Çeşitlilik ve İç Su Ekosistemleri Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzleme İşleri Sonuç Raporu (yayınlanmamış), Ankara.
- Anonim, 2016. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Van Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Müdürlüğü, Van.
- Anonim, 2017. Kamu İhale Genel Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ, www.resmigazete.gov.tr/eskiler/ 01/20170125.htm (Erişim Tarihi: 12 Nisan, 2017).
- BCMF. (British Columbia Ministry of Forests), 1997. Visual Landscape Inventory: Procedures And Standards Manual, Forest Practices Branch For The Culture Task Force, Resources Inventory Committee.
- Bell S, 1993. Elements of Visual Design In The Landscape, First Edition, Published By E And Fn Spon, A Imprint of Champan Hall, London, 220 p.
- Benson ED, Hansen JL, Schwartz AL ve Smersh GT, 1998. Pricing Residential Amenities: The Value of a View. Journal of Real Estate Finance and Economic, 16(1), 55-73.
- Bingöl Ö, 2004. Deveboynu Yarımadası ve Çevresi (Gevaş-Van) Florası. Yüztüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107 s.
- BLM, 2016. Visual Resource Management System [Görsel Kaynak Yönetim Sistemi]. U.S. Department of The Interior Bureau of Land Management Website: [http://www.blmwyomingvisual.anl.gov/docs/blm\\_vcr.html](http://www.blmwyomingvisual.anl.gov/docs/blm_vcr.html). (Erişim Tarihi: 25 Nisan 2015).
- Bond M, Seiler VL and Seiler MJ, 2002. Residential Real Estate Prices: A Room With A View. Jrer, 23 (1/2), 129-136.
- Clay GR, Smidt K, 2004. Assessing The Validity And Reliability of Descriptor Variables Used In Scenic Highway Analysis. Landscape and Urban Planning, 66:239-255.
- Çakıcı I, 2007. Peyzaj Planlama Çalışmalarında Görsel Peyzaj Değerlendirmesine Yönelik Bir Yöntem Araştırması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 109 s.
- Çetinkaya O, 1993. Van Gölü Havzası Su Kaynakları ve Balıkçılık Potansiyeli, Doğu Anadolu Bölgesi I. Su Ürünleri Sempozyumu, 23-25 Haziran 1993. s:71-83. Erzurum.
- Değerliyurt M, 2013. Kentsel Gelişim ve Deprem Arasındaki İlişkinin İncelenmesine Bir Örnek: İskenderun (Hatay). 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı-Mkü – Hatay.
- Deniz O, 2008. Van Gölü Güney Kıyılarındaki Ekoturizm (Mavi Tur) Amaçlı Değerlendirme Olanakları. Doğu Coğrafya Dergisi, Cilt: 13, Sayı: 20. S:183-194.
- Doğa Derneği, 2015. Türkiye'nin Önemli Doğa Alanları, Cilt:2, S:368-387, Ankara.
- Jahany A, Makhdoom M, Fegghi J, Etemat V, 2012. Determine The Quality of The Landscape And The Outlook In Order To Ecotourism. Environmental Studies, Vol. 2., N. 3., P. 13-20.
- KHGM, 1996. Van İli Arazi Varlığı., Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, 87 s, Ankara.
- Konaklı N, 2011. Konya Altınapa Baraj Gölü Havzası Örneğinde Optimal Alan Kullanım Planının Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 197s.
- Korkmaz H, 2006. Antakya'da Zemin Özellikleri ve Deprem Etkisi Arasındaki İlişki, Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafya Araştırma ve Uygulama Merkezi Coğrafi Bilimler Derg.Sayı: 4 (2), S.: 49-66.
- Makhdoom M, 2006. Arazi Etüt Merkezi (Altuncu Baskı), Tahran Üniversitesi Yayınları. S: 138- 220. Tahran.
- Muratgeldiev Y, Küçüködük M, Bingöl Ü, Güney K, Geven F, 2000. İran-Turan Floristik Bölgesi S.Ü, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fen Dergisi, Cilt 1(2000)119-124.
- Öz E, Dökmeci V, 2006. Dönüşüm Yaşanan Tarih Alanlarda Konut Fiyatlarında Etkili Faktörlerin Analizi. İTÜ Dergisi, 5 (2), 177-186.
- Sarı M, 2000. Arazi Kullanımı ve Erozyon İlişkisi, Erozyonla Mücadele, Tema Eğitim Semineri Notları, S: 69-102, İstanbul.
- Shepperton Studios, 2004. Chapter 8: Landscape And Visual Assessment, Environmental Statement, <http://www.Spelthorne.Gov.Uk/Text/> (Erişim Tarihi: 23 Eylül 2015).
- SNH, 2013. Scottish Natural Heritage. A Handbook Environmental Impact Assessment. 4th Edition. 247 p. [www.snh.gov.Uk](http://www.snh.gov.Uk). (Erişim Tarihi: 20 Kasım 2015).
- Tanrıöver A A, 2011. Adana Kentsel Gelişiminin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Modellenmesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana, 203.s.
- Uzun O, Müderrisoğlu H, 2011. Visual Landscape Quality In Landscape Planning: Examples of Kars And Ardahan Cities in Turkey., African Journal of Agricultural Research Vol. 6(6), Pp. 1627-1638.
- Wu Y, Bishop I, Hossain H, Sposito V, 2006. Using Gis In Landscape Visual Quality Assessment. Applied Gis 2 (3): pp. 18.1-18.20. Doi: 10.2104/Ag 060018.
- Yıldız M, Deniz O, 2005. Kapalı Havza Göllerinde Seviye Değişimlerinin Kıyı Yerleşmelerine Etkisi: Van Gölü Örneği. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt: 15, Sayı: 1, S: 15-32.



## Farklı Kent Dokularının Yaz Aylarında Biyoklimatik Konfora Etkisi: Erzurum Örneği

Esra BULGAN<sup>1</sup>, Sevgi YILMAZ<sup>2</sup>

**ÖZET:** İklim; insan ve çevreye ait etkileri nedeniyle araştırılmaya değer önemli konular arasında yer almaktadır. Bu çalışmada, Biyoklimatik konfor değeri hesaplamak için Erzurum kent merkezinde farklı niteliklere sahip beş alan belirlenmiştir. Bu alanlardan; 2012 yılı 20 Haziran ve 10 Eylül aralığında günlük 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 ve 21:00 saatlerini kapsayan sıcaklık (°C), nem (%), rüzgar (m/s) ve bulutluluk (oktas) gibi meteorolojik parametreler ölçülmüştür. Çalışmada; fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) indeksi ve RayMan 2.1 modeli kullanılmıştır. Referans istasyon kırsal, diğer 5 istasyon kentsel olarak tanımlandığında kırsal istasyon ile kentsel istasyonlar arasında 1.1°C ve 4.3°C arasında değişen FES farklılıkları olduğu görülmüştür. Step bitki örtüsüyle kaplı kırsal alan olan Erzurum Meteoroloji Havaalanı istasyonunda yaz aylarında “konfor”lu aralık %10,3 oranında hissedilirken, bitki örtüsünce zengin olan Atatürk Üniversitesi yerleşkesinde bu oran %20,4 olarak tesbit edilmiştir. Bu nedenle kent içi yeşil alanları mümkün olduğunca korunmalı ve miktarları artırılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoklimatik konfor, erzurum, fizyolojik eşdeğer sıcaklık, iklim, rayman

## Quantification of Summer Thermal Bioclimate of Different Urban Forms in Erzurum City Centre

**ABSTRACT:** Climate has always become an important research object due to its effects on people and environment. In this study, five different areas in Erzurum city centre were determined for the assessment of thermal comfort areas. For the measurement of bioclimatic comfort values in these areas, meteorological parameters (such as ambient temperature (°C), relative humidity (%), wind speed (m/s) and cloudiness (oktas) for the daily time zones such as 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 and 21:00 were taken in 2012 between 20th of June and 10th of September. PET index and RayMan 2.1 model are used for the assessment of bioclimatic comfort conditions. When the reference station is identified as rural and the other five stations are defined as urban, it is observed that there are PET differences between urban and rural stations in the range of 1.1°C to 4.3°C. While the comfortable range for summer time are felt as %10.3 in Erzurum Meteorology Airport Station which is rural area covered with steppe vegetation, this ratio is identified as %20,4 at Ataturk University Campus covered with vegetation. Therefore, urban green areas should be protected and increased as much as possible.

**Keywords:** Bioclimatic comfort, Erzurum, PET, climate, rayman

<sup>1</sup> Esra BULGAN(0000-0002-0840-8268), Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup> Sevgi YILMAZ (0000-0001-7668-5788), Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri, Peyzaj Mimarlığı, Erzurum, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Sevgi YILMAZ, sevgiy@atauni.edu.tr

## GİRİŞ

İklim insanların; yeryüzüne dağılışları, yiyecek ve giyecek seçimleri, barınma ve konut yapıları, fizyolojik gelişimleri ve karakterlerinde, önemli rol oynamaktadır. Kent iklimi ve biyoklimatik konfor ilişkisi ile ilgili çalışmalarda, yeşil alanların önemini ortaya koyabilmek için parklarda (Thorsson et al., 2007; Zoulia et al., 2009; Bowler et al., 2010; Yang et al., 2011; Cohen et al., 2012; Irmak et al., 2013), suyun etkisini belirlemek için göl veya kıyılarda (Lin and Matzarakis 2009; Xu et al., 2010; Pattacini, 2012) sokak kanyonunda (Ali-Toudert and Mayer, 2007; Hwang et al., 2011), kent morfolojisinde (Kamoutsis et al., 2010; Xi et al., 2012; Yılmaz et al., 2015; Yılmaz et al., 2016), kent-kır karşılaştırmalarında (Oke, 1987; Unger, 1999; Bulgan et al., 2014 ) ve dağ ikliminde (Irmak et al., 2013) konforun etkisi araştırılmaktadır.

Erzurum kenti; Türkiye'nin nüfusu artan, büyük ve kalabalık şehirlerinden birisidir. Bunun yanı sıra, 2011 Dünya Üniversitelerarası Kış Oyunları'ndan sonra giderek artan kış turizmi nedeniyle uluslararası öneme sahip bir şehirdir. Ayrıca dünyanın yüksek rakımlı kentlerinden birisidir. Şehir, tarihi eserleri, kış sporları tesisleri ve güneşli gün sayısının fazlalığı ile de dikkat çekmektedir. Erzurum da 600 hektarlık bir kentsel dönüşüm alanı sözkonusudur. Bu çalışma ile en azından enerjinin verimli kullanılması, doğal enerji kaynaklarının akıllıca değerlendirilmesi, plan kararları verilirken

iklimin dikkate alınması gerektiği, yeni yerleşim yerleri için iklim odaklı alternatif çözüm üretilmesi hedeflenmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın materyalini Erzurum kent merkezi içerisinde seçilen 5 ayrı istasyondan elde edilen iklimsel veriler oluşturmaktadır. İklimsel değişimleri ortaya koyabilmek amacıyla farklı rakım değerleri de dikkate alınmıştır. Çalışma alanı; yüksekliği 5 katı geçmeyen apartmanlardan ve konutlardan oluşan, geniş rüzgar koridoruna sahip yerleşim yeri Dadaşkent (1), Erzurum kentine oranla daha fazla yeşil dokuya ve çok yüksek olmayan yapı yoğunluğuna sahip 1958 yılında kurulan Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi (2), yoğun insan ve trafik yükünün bulunduğu, neredeyse %100 oranında sert zemin, mimari yapılardan oluşan ve yeşil dokunun yok denecek kadar az olduğu Cumhuriyet Caddesi (3), diğer çalışma alanlara göre daha yeni yapılaşmış olan yüksek katlı apartmanlar ve villa-konutlarından meydana gelen Yıldızkent (4) 1977 yılında Üçnolu Gecekondü Önleme Bölgesi olarak planlanan ve çok sayıda kent parkına sahip olan Yenişehir'i (5) içermektedir. Ölçüm sonuçlarının analiz edilmesi için 6. İstasyon olarak Erzurum ovasında yer alan Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu verileri kullanılmış olup, ölçüm cihazı şekil 1 'de verilmiştir (Bulgan, 2014) (Şekil 1).



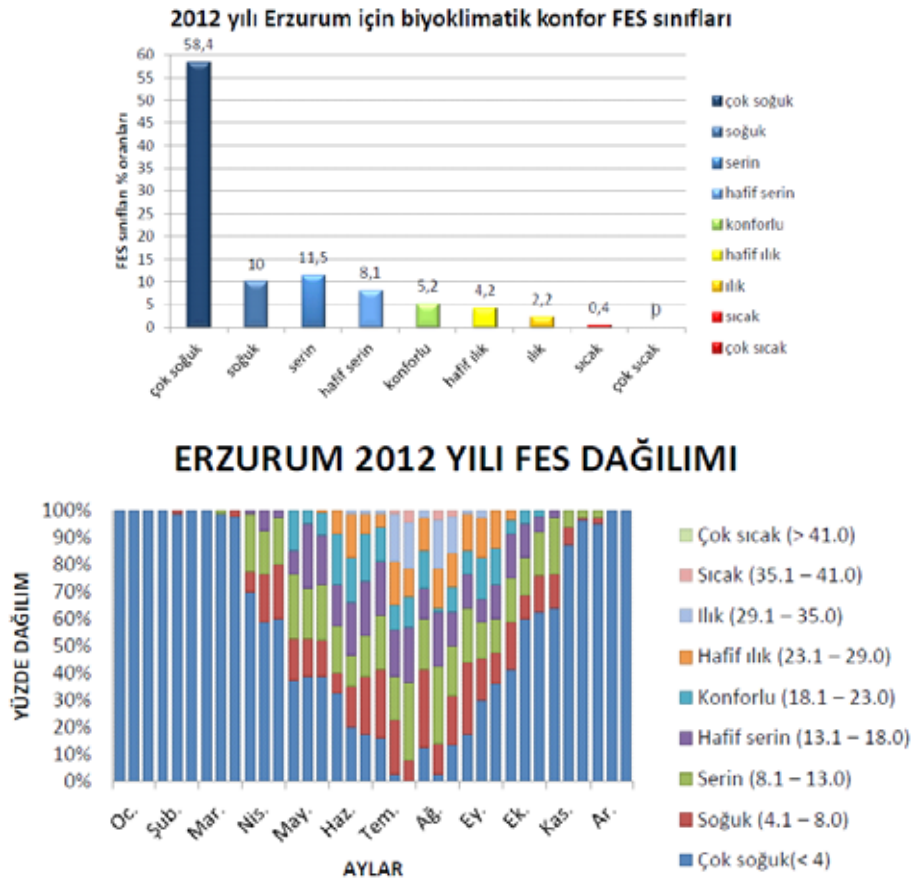
Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası ve ölçüm aleti (Araştırmada kullanılan YCOM – KMN 305 iç/dış ısı ve nem ölçer ve kaydeden cihaz

Biyoklimatik konfor; genel olarak insanın en az miktarda enerji harcayarak çevresine uyum sağladığı ve kendisini son derece sağlıklı ve dinamik hissettiği iklim koşullarıdır (Fanger, 1970). Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES=PET = Physiologically Equivalent Temperature) indeksi insan ısı enerjisi denkliliğinden türetilen bir indekstir. FES indeksinden çıkan rakamsal değerlerin günümüzde en yaygın kullanılan sıcaklık birimi santigrat (°C) cinsi olmasından dolayı anlaşılması kolaydır (Matzarakis et al., 1999; Lin and Matzarakis, 2009). Atmosferik ortamda insan biyoklimatik konforunu değerlendirme ve planlamada, insan-biyoklimatik konfor konumunu kanıtlamak ve sürdürmek için hava sıcaklığı (Ta-°C), rüzgar hızı V (m/s), nispi nem (RH-%) ve bulutluluk (N-octas) gibi meteorolojik parametreler kullanılmıştır (Höppe, 1999; Matzarakis et al., 1999). Erzurum kentinin biyoklimatik konforunun belirlenmesi için bu konuda uzman Prof. Dr. Andreas Matzarakis ile sözlü görüşmeler

yapılmıştır (Workshop 2014 Erzurum). Ölçümler cihazın sensörü açık alanda, zeminden 1,5 m yükseklikte olacak şekilde elde edilmiştir. 2012 yılı 20 Haziran ve 10 Eylül aralığında günlük 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00 saatlerinde sıcaklık verileri alınmıştır. Sıcaklık verileri Erzurum'un farklı alan kullanımı ve farklı rakımlara sahip 5 kentsel bölgesine kurulan meteorolojik ölçüm cihazlarından ve Erzurum MGM Havaalanı istasyonundan alınmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

**Erzurum İli 2012 Yılı Biyoklimatik Konfor Değerleri :** Erzurum Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Havaalanı merkez istasyonundan (MGM) elde edilen değerlere göre hesaplanmış 2012 yılını kapsayan FES değerlerinin zamansal dağılımları, 10'ar günlük ortalamalar ile yüzde değer olarak belirlenmiştir (Bulgan, 2014) (Şekil 2).



Şekil 2. 2012 yılı Erzurum FES yüzde dağılımı, biyoklimatik konfor FES sınıfları yüzde dağılımı

Şekil 2’ de görüldüğü gibi Erzurum ilinde, Ocak ayından Nisan ayına ve Aralık ayından yıl bitimine kadar çok düşük orandaki istisnalar dışında genellikle “çok soğuk” stres aralığı hakimdir.

“Konforlu” aralık Mayıs ayı ile hissedilmeye başlanmakta ve Ekim sonuna kadar aralıksız devam etmiştir. Kısacası “konforlu” aralık ilkbahar sonundan sonbahar ortasına kadar etkisini hissettirmektedir. Mayıs sonunda beliren “hafif ılık” aralık ise ekim başına kadar devam etmektedir. Yaz mevsiminin başlaması ile birlikte ortaya çıkan “ılık” stres aralığı son bahara, Eylül ayı ortasına kadar devam etmektedir. “sıcak” stres aralığı Temmuz ve Ağustos aylarında 40 gün içinde hissedilmektedir. “Çok sıcak” stres aralığı yıl boyunca hiç görülmemiştir.

### Biyoklimatik Konfor Değerlerinin İstasyonlara Göre Zamansal Dağılımları

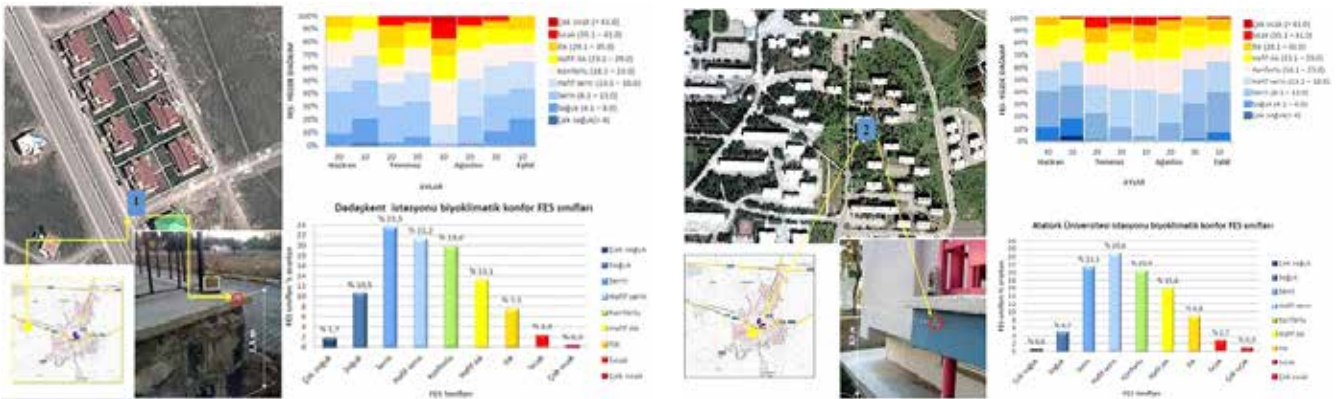
**Dadaşkent biyoklimatik konfor değerleri:** Dadaşkent semtinde bir konut bahçesine yerleştirilen meteorolojik ölçüm cihazının ölçüm

noktası, meteorolojik ölçüm cihazından elde edilen değerlere göre hesaplanmış, Dadaşkent’e ait bu stres aralıklarının yüzde dağılımları gösterilmektedir (Şekil 3).

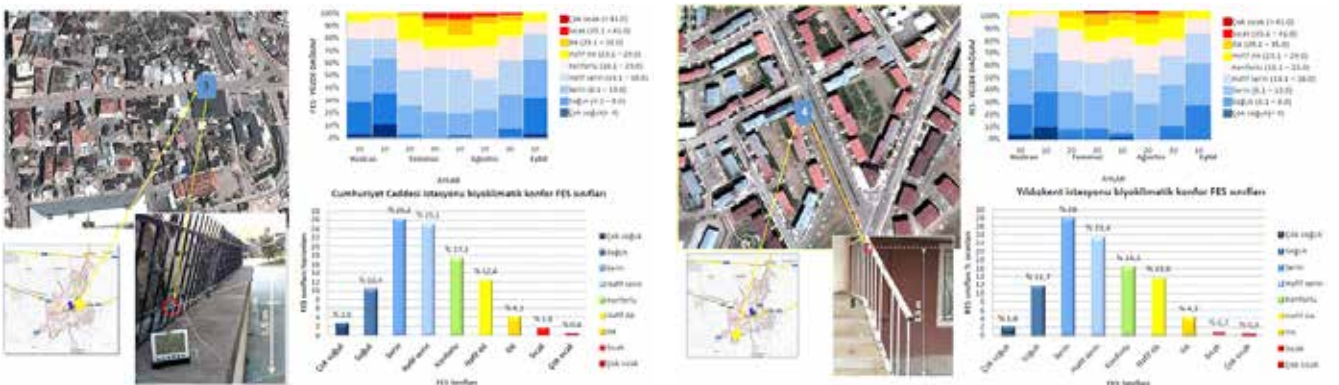
**Atatürk Üniversitesi yerleşkesi biyoklimatik konfor değerleri :** Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi FES değerleri, 21. lojman önüne yerleştirilen meteorolojik ölçüm cihazı ile elde edilmiştir (Şekil 3).

**Cumhuriyet Caddesi biyoklimatik konfor değerleri :** Cumhuriyet Caddesi’ne ait FES değerleri cadde üzerinde Çifte Minareli Medrese’nin yakınında yer alan bir mağaza önüne yerleştirilmiş meteorolojik ölçüm cihazından elde edilmiştir. Mağazaya ait hava fotoğrafı Şekil 4’te gösterilmiştir. Grafiğe bakıldığında cadde için baskın aralığın “hafif serin” stres aralığı ile “serin” stres aralığı arasında olduğu görülmektedir.

**Yıldızkent biyoklimatik konfor değerleri :** Bu alanda bir konut bahçesine yerleştirilen ölçüm cihazı verilerine göre FES değerlerinin dağılımları Şekil 4’te gösterilmektedir.



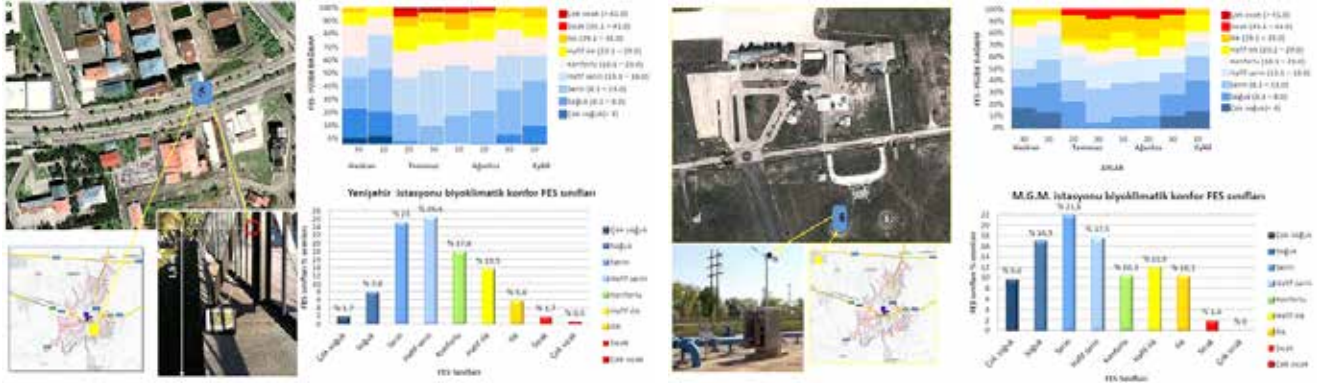
Şekil 3. Dadaşkent ölçüm noktası (sol taraf) ve Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi ölçüm noktası (sağ taraf) için FES sınıflarının yüzde dağılımları



Şekil 4. Cumhuriyet Caddesi ölçüm noktası (sol taraf) ve Yıldızkent ölçüm noktası (sağ taraf) FES sınıflarının yüzde dağılımları

**Yenişehir biyoklimatik konfor değerleri:** Yenişehir semtine ait sıcaklık değerleri semtte bulunan bir mağaza önüne yerleştirilen cihazdan alınmış ve FES değerlerinin yüzde dağılımları aşağıda gösterilmektedir (Şekil 5).

**Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu biyoklimatik konfor değerleri :** Verilerin zamansal dağılımları şekil 5’de verilmiştir.



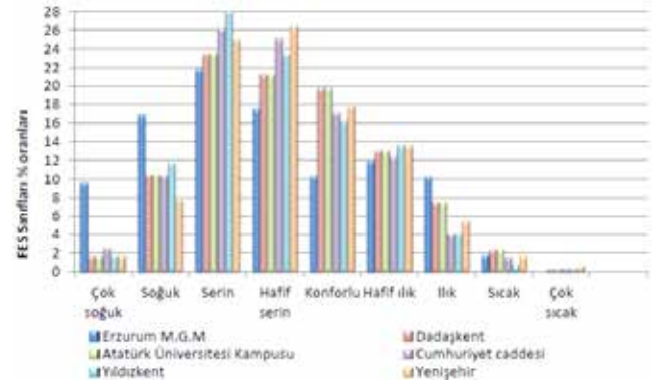
**Şekil 5.** Yenişehir ölçüm noktası (sol taraf) ve Erzurum M.G.M. havaalanı istasyonu ölçüm noktası (sağ taraf) için FES sınıflarının yüzde dağılımı

### Biyoklimatik Konfor Değerlerinin Tüm Saatlere Göre Dağılımları

Erzurum kenti ortalama FES değerleri ölçüm yapılan saatler arasında incelendiğinde yüksek FES saat 12:00’da 28.6°C ile kentsel alan Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi’nde yaşanmıştır. Düşük ortalama FES ise saat 3:00’da Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu

göstermiştir (Şekil 6). Yaz mevsimi içinde istasyonlardan elde edilen değerlere göre hesaplanmış ortalama FES değerlerinin dağılımları şekil 6’da verilmiştir. Grafiğe bakıldığında beş istasyonda konforlu durumuna göre sıralamada: Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi > Dadaşkent > Yenişehir > Cumhuriyet Caddesi > Yıldızkent, şeklinde sıralanmaktadır.

Saat	Erzurum M.G.M. FES °C	Dadaşkent FES °C	Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi FES °C	Cumhuriyet cd. FES °C	Yıldızkent FES °C	Yenişehir FES °C
00:00	6.2	11.3	12.6	10.4	10.0	11.2
03:00	5.1	9.1	10.1	9.4	8.4	9.8
06:00	15.7	12.3	14.9	13.0	12.5	13.6
09:00	24.6	20.6	22.4	19.6	19.8	20.5
12:00	27.4	26.6	28.6	24.2	23.9	26.1
15:00	23.7	27.4	26.3	23.2	22.7	24.6
18:00	12.0	18.5	19.0	16.8	15.9	17.1
21:00	8.5	13.9	14.4	12.4	12.0	13.0
Ortalama	15.4	17.5	18.5	16.1	15.7	17.0

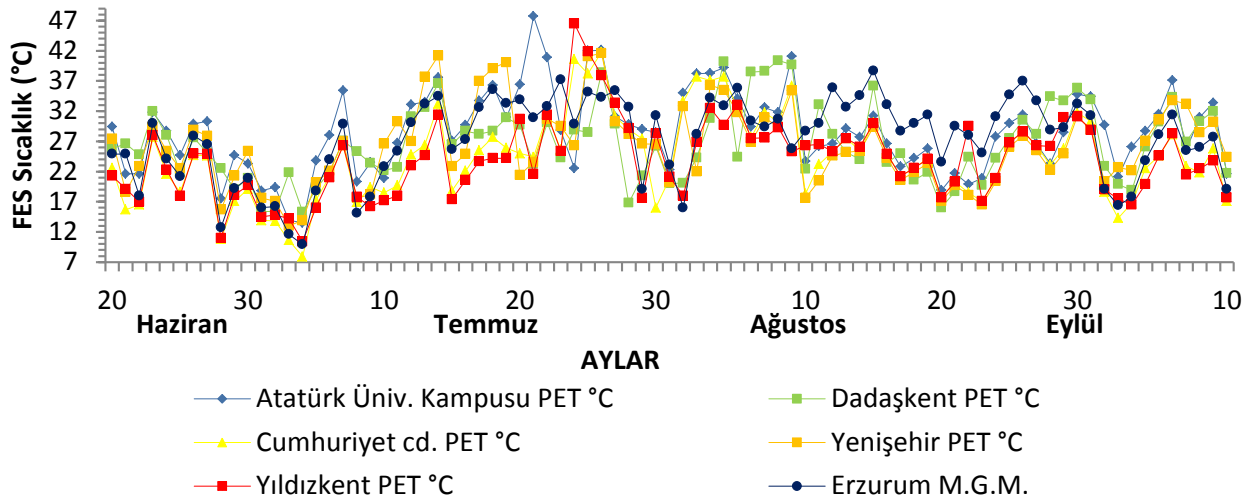


**Şekil 6.** İstasyonlara ait saatlik ortalama FES değerleri (sol taraf), Yaz aylarında incelenen altı alanın FES yüzde dağılımı ve istasyonlara ait saatlik ortalama FES diyagramı (sağ taraf)

Erzurum genelinde gece -gündüz arası FES farkı yaklaşık 10°C ile 12°C arası değişmektedir.

Yapılan çalışmaya göre güneşin batışından itibaren gece ve erken sabah saatlerinde (21:00, 00:00, 03:00, 06:00) tüm alanların FES değerleri

karşılaştırıldığında kırsal alanda konumlanmış Erzurum M.G.M. Havaalanı istasyonu; ortalama değeri saat 03:00’da 5.1°C ile en düşük sıcaklığı göstermiştir. Saat 12:00’ ye göre tüm istasyonların FES dağılım grafiği şekil 7 de verilmiştir.



Şekil 7. Tüm istasyonların saat 12:00'a ait günlük ortalama FES değerleri

M.G.M. Havaalanı istasyonu kırsal, diğer 5 istasyon kentsel olarak tanımlandığında kırsal istasyon ile kentsel istasyonlar arasında  $1.1^{\circ}\text{C}$  ve  $4.3^{\circ}\text{C}$  arasında değişen FES farklılıkları olduğu görülmektedir. Oke'nin (1987) de tespitine göre; bir milyon veya daha fazla nüfuslu şehirlerin yıllık ortalama hava sıcaklıkları çevrelerindeki kırsal alanda  $1^{\circ}\text{C}$  ya da  $3^{\circ}\text{C}$  daha sıcak olabilmektedir. Açık ve rüzgarsız bir gecede Oke (1987) bu farkın yaklaşık  $12^{\circ}\text{C}$  fazla olabildiğini öne sürmüştür. Ketterer and Matzarakis'de (2012) kırsal alanın kentsel alana göre rüzgâr hızından dolayı daha soğuk olduğunu tespit etmiştir. Buna karşılık Toy and Yılmaz (2010) Erzurum kentinde, kışa göre yazın biyoklimatik açıdan daha uzun bir konforlu dönem olduğunu tespit etmiştir. Grafiklerde soğuk zaman aralıkları mavi renkte, sıcak zaman aralıkları ise kırmızı renkte ifade edilmiştir. Tüm grafikler incelendiğinde soğuk zamanlar yaz mevsiminin başı ve sonu, günlük bazda ise gece geç saatlerde görülmüştür. Kırmızı tonlarla ifade edilen "sıcak" aralıklar ise tüm grafiklere bakıldığında Temmuz- Ağustos aylarında bulunmuştur. Genellikle sıcak stres yoğun kentsel alanlar, çıplak zeminler ve büyük sert yüzeyli zeminlerin olduğu alanlarda ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda kırsalın kente göre çabuk ısınıp çabuk soğuduğu ortaya çıkmıştır. Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi; Yaz mevsimi boyunca (%61) konforlu olarak bulunmuştur. Dimoudi and Nikolopoulou (2003), gölgelendirme, evapotranspirasyon vb. yoluyla ısıtma, soğutma ve aydınlatma için, çevredeki

binaların enerji kullanımının yanı sıra mevcut açık yeşil alanların biyoklimatik konfora olumlu etkilerini savunmuştur. Yenişehir; FES ortalama değeri  $17.5^{\circ}\text{C}$  ile ikinci sırada gelmiştir. Bunun nedeninde, kampüsten sonra daha çok bitki örtüsüne sahip olması ve şehir planlama prensiplerine uygun olarak planlanması olarak gösterilebilir. Yine bu alanda fazla sayıda park olması, bu parkların yoğun ve birbirine yakın olması da parkların iyileştirici etkisini yükseltmektedir. Aynı şekilde Upmanis and Chen'da (1999) yaptığı bir çalışmada kent iklimi üzerinde parkın serinletici etkisi olduğu kanıtlamıştır. Benzer şekilde, Abreu-Harbach et al. 'de (2012) farklı ağaç türlerinin mikroklimaya etkisini araştıran çalışmada ağaçların biyoklimatik konforu iyileştirmesi ve izole edici etkisini belirlemiştir. Bu yüzden Yenişehir yaz mevsimi boyunca FES ortalamalarına göre büyük ölçüde (%57,3) konforlu bulunmuştur. Dadaşkent; FES ortalama değeri  $17.3^{\circ}\text{C}$  ile üçüncü sırada yer almıştır. Dadaşkent konum itibarıyla ovada ve şehrin düşük kotunda yer aldığı için şehrin soğuk bölgesi olma özelliğine sahiptir. Dadaşkent'te FES ortalamalarına göre konfor değeri (%54,1) olarak bulunmuştur. Cumhuriyet Caddesi;  $16.1^{\circ}\text{C}$  FES ortalama değeri ile 4. Sırada, diğer alanların gerisinde kalmıştır. Ancak caddenin doğu-batı yönelimli olması gün boyunca sıcaklık stresi yaşamamasına, binaların kaldırımlara çok fazla gölge oluşturmamasına neden olmaktadır. Nitekim Ali-Toudert and Mayer'de (2007) yaptığı bir çalışmada Doğu - Batı yönelimli caddelerde konforun düşük



olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca geçirimsiz geniş sert yüzeyler, gece saatlerinde sıcaklığın azalarak “soğuk stres” in ortaya çıkmasına gündüz saatlerinde artmasına “sıcak stres” in hissedilmesine neden olmaktadır. Yıldızkent; 15.6°C ile düşük ortalama FES değerine sahiptir. Bununla birlikte; Yenişehir kadar bitkisel alana sahip olmaması ve binaların bu semte göre düzensiz konumlanması gösterilebilir.

## SONUÇ

Bu çalışmada görüldüğü üzere genellikle kentsel alanlar ve çevresi, kırsal çevreye göre, yüksek sıcaklık değerlerine sahiptir. Bu sıcaklık farkı kentsel ısı adası sonucu meydana gelmektedir. Yapılan çalışma kapsamında Erzurum kentinde yaz aylarında kentsel ısı adasının olduğu belirlenmiştir. Erzurum’un kentsel dokusu incelendiğinde geçen yıllar boyunca uyumsuz plan kararları ile hava koridorlarının önü kesilerek, artan nüfus ve yapılaşma baskısı ile özellikle kent merkezinde yaşam konforu azalmaktadır. Bu durum kent içinde yaz mevsiminde yüksek sıcaklık stresinin görüldüğü Temmuz-Ağustos aylarında kentsel ısı adası oluşumunu arttırmaktadır. Araştırmaya göre yoğun yapısal alanlar, özellikle rüzgar sirkülasyonunu engelleyecek nitelikte ise, ortamın sıcaklığını artırmaktadır. Kentsel ortamdaki hava ile kırsal ortamdaki hava karşılaştırıldığında aradaki FES değeri farkı atmosferik kentsel ısı adasını ortaya çıkarmaktadır. Buna en uygun örnek Cumhuriyet Caddesi’dir. Çünkü cadde boyunca yer alan işyerlerinin üzerindeki gölgelikler gün boyunca yoğun insan trafiği sonucu sıcak ve durgun havanın etkisiyle ortamda ısı adası oluşumuna katkı sağladığı düşünülmektedir. Oke (1982) tarafından bu durum sarkan çatılar ve ağaçların altında kalan yerlerde insanlar tarafından hava tabakası oluşturan “gölgeli kentsel ısı adası” olarak tanımlanmaktadır.

Yapılan analizler sonucunda, FES değerlerinin alanlara göre zamansal dağılımlarında kitle yeşil alan miktarı ve konumun etkili olduğu tespit edilmiştir. Bitkisel tasarımın yoğun olarak görüldüğü alanlar daha konforlu, açık yüksek, ova ve korunmasız çıplak alanlar çoğunlukla “soğuk” ve “sıcak” stres aralıklarına girdiği görülmüştür. Benzer sonuç Picot’un (2004) gün boyu güneşe maruz kalan ortamlarda yetişkin bir ağacın, yüksek hava sıcaklığında konfora çok yakın bir enerji

stoğu üreterek kullanıcılar tarafından emilen radyasyonu azalttığını tespit ettiği çalışma ile örtüşmektedir. Erzurum kentinde biyoklimatik konforunu sağlamak/arttırmak için alınacak önlemlerin başında; Erzurum kenti için iklim atlası hazırlayarak, iklimsel olarak stresli alanları irdelenmek gelmektedir. Özellikle kentsel ısı adası ve hava kirliliği etkisinin azaltılmasında önemli olan rüzgarın yönü incelenmeli ve Erzurum’da rüzgarın nasıl hareket ettiği belirlenerek, kentin rüzgar haritaları oluşturulmalıdır. Kentsel gelişimin etkili rüzgar hareketi üzerinde nasıl bir rol oynadığı tespit edilmeli ve bunun sonucunda rüzgarı etkinleştiren veya engelleyen önlemler alınmalıdır. İncelemenin sonuçlarına göre hava koridorlarını kapatan yapılaşmalara karşı gerekli önlemler alınmalı ve bu yöndeki fiziki gelişim sınırlandırılmalıdır. Binalar ve caddeler ısı tabakası oluşturmaması için hava koridorlarına paralel şekilde planlanmalıdır.

Peyzaj tasarımlarında doğal bitki örtüsünde yer alan türler kullanılarak, cadde ve sokaklarda kesinlikle yol ağaçlandırmalarına önem verilmelidir. Erzurum kentinde yaz aylarındaki kentsel ısı adası etkisinin azaltılması için bir planlama ekibi oluşturularak gerekli çalışmalar başlatılmalıdır. Sağlıklı, sürdürülebilir, biyoklimatik konforlu ve daha yaşanabilir akıllı kentleşme için farklı meslek disiplinlerinin çalışması bir zorunluluk olarak görülmelidir. Kentsel ısı adası sorununu çözmek için son yıllarda önemi giderek artan sürdürülebilir planlama, etkin enerji kullanımı, ekolojik gelişim gibi yaklaşımlar göz önüne alınmalıdır.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Esra Bulgan’ın yüksek lisans tezinden üretilmiş ve Third International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island, October 13-15, 2014, Venezia, Italy) sempozyumunda Doç. Dr. M. Akif IRMAK tarafından sunulmuştur. Çalışmanın planlamasını yapan Almanya’nın Freiburg Üniversitesi öğretim üyesi Prof. Dr. Andreas Matzarakis’e, 2012/495 nolu proje ile destekleyen, Atatürk Üniversitesi BAP Koordinasyon Komisyonuna, ölçüm cihazlarına yer ayıranlara, kullanılan bazı meteorolojik verileri sağlayan Erzurum M.G.M. çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

**KAYNAKLAR**

- Abreu-Harbich LV, Labaki LC and Matzarakis A, 2012. Paper 327: Different Trees and configuration as microclimate control strategy in Tropics. ICUC8 6th-10th August, 2012, UCD, Dublin Ireland.
- Ali-Toudert F and Mayer H, 2007. Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Solar Energy*, 81(6), 742-754.
- Bowler DE, Buyung-Ali L, Knight TM and Pullin AS, 2010. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147-155.
- Bulgan E, 2014. Erzurum Kenti Farklı Kent Dokularının Yaz Aylarında Biyoklimatik Konforun Hesaplaması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, S.137
- Bulgan E, Yılmaz S, Matzarakis A and Irmak MA, 2014. Quantification of summer thermal bioclimate of different land uses in an urban city centre. IC2UH13, October 13-15, 2014, pp. 523-534, Venezia, Italy
- Cohen P, Potchter O and Matzarakis A, 2012. Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the mediterranean climate and their impact. *Building and Environment*, 51, 285-295.
- Dimoudi A and Nikolopoulou M, 2003. Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. *Energy and Buildings*, 35(1), 69-76.
- Fanger PO, 1970. Thermal comfort. Analysis and application in Environmental Engineering. Danish Technical Press, 244, Copenhagen.
- Höppe P, 1999. The physiological equivalent temperature - A universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, 43(2), 71-75.
- Hwang RL, Lin TP and Matzarakis A, 2011. Seasonal effects of urban street shading on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment*, 46(4), 863-870.
- Kamoutsis A, Matsoukis A, Chronopoulos K and Manoli E, 2010. A comparative study of human thermal comfort conditions in two mountainous regions in Greece during summer. *Global N.J.*, 12(4), 401-408.
- Ketterer C and Matzarakis A, 2012. 312: Development and application of assessment methods for thermal bioclimate conditions in Stuttgart. ICUC8 - 6th-10th August, 2012, UCD, Dublin Ireland.
- Lin TP, Matzarakis A, 2009. Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. *Int J Biometeorol*, 52(4), 281-290.
- Matzarakis A, Rutz F and Mayer H, 1999. Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures. *Biomet. and urban clim. at the turn of the millennium. WMO/TD*, 1026, 273-278.
- Oke TR, 1982. The Energetic Basis of the Urban Heat Island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.
- Oke TR, 1987. *Boundary Layer Climates*. New York, Routledge.
- Pattacini L, 2012. Climate and urban form. *Urban design international*, 17(2), 106-114.
- Picot X, 2004. Thermal comfort in urban spaces: impact of vegetation growth - Case study: Piazza della Scienza, Milan, Italy. *Energy and Buildings*, 36(4), 329-334.
- Thorsson S, Honjo T, Lindberg F, Eliasson I and Lim EM, 2007. Thermal comfort and outdoor activity in Japanese urban public places. *Environment and Behavior*, 39(5), 660-684.
- Toy S and Yılmaz S, 2010. Thermal sensation of people performing recreational activities in shadowy environment: a case study from Turkey. *Theoretical and applied climatology*, 101(3-4), 329-343.
- Unger J, 1999. Comparisons of urban and rural bioclimatological conditions in the case of a Central-European city. *International Journal of Biometeorology*, 43(3), 139-144.
- Uprmanis H and Chen DL, 1999. Influence of geographical factors and meteorological variables on nocturnal urban-park temperature differences... Sweden. *Climate Research*, 13(2), 125-139.
- Xi TY, Li Q, Mochida A and Meng QL., 2012. Study on the outdoor thermal environment and thermal comfort around campus clusters in subtropical urban areas. *Building and Environment*, 52, 162-170.
- Xu J, Wei Q, Huang X, Zhu X and Li G, 2010. Evaluation of human thermal comfort near urban waterbody during summer. *Building and Environment*, 45(4), 1072-1080.
- Yang F, Lau SY and Qian F, 2011. Thermal comfort effects of urban design strategies in high-rise urban environments in a subtropical climate. *Architectural Science Review*, 54(4), 285-304.
- Yılmaz S, Avdan U, Yılmaz H, Yıldız ND and Irmak MA, 2015. Quantification of thermal bioclimate of Erzurum based on different land uses and thermal band information. ICUC9- 20-24 July, France
- Yılmaz S, Koç A, Mutlu E and Yıldız ND, 2016. Integration of Thermal Comfort Information with Spatial Modelling in Erzurum City Center. *Procedia Engineering*, 169, 80-87
- Zoulia I, Santamouris M and Dimoudi A, 2009. Monitoring the effect of urban green areas on the heat island in Athens. *Environmental Monitoring and Assessment*, 156(1-4), 275-292.

## Farklı Yetiştirme Ortamlarının Kaya Sümbülü (*Hyacinthus orientalis* subsp. *chionophilus*)'nün Bazı Bitkisel Özellikleri Üzerine Etkileri

Ali Rahmi KAYA<sup>1</sup>, Ömer Süha USLU<sup>1</sup>, Çağrı Özgür ÖZKAN<sup>2</sup>, Hacı KALINKÜTÜK<sup>3</sup>

**ÖZET:** Bu çalışma, farklı rakımlarda yetişen kaya sümbüllerinin bazı morfolojik gelişimi üzerine etkilerini belirlemek için Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Göksun Meslek Yüksek Okulu Uygulama Bahçesi ısıtmasız plastik sera, Göksun Doğa Koruma ve Milli Parklar Şefliği Bahçesi ve Kahramanmaraş Kapıçam Atatürk Tabiat Parkı'nda, 2015-2016 kış-ilkbahar-yaz döneminde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, tabiattan temin edilen yaklaşık 4.00 cm çapındaki çiçek soğanları, bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre üç yerde kurulmuş, her tekerrür için 15 adet sümbül soğanı kullanılmıştır. Soğanlar 6.00 cm derinliğe dikilerek bitki boyu, yaprak genişliği, yaprak sayısı ve çiçek sayısı ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen verilere varyans ve korelasyon analizi uygulanmıştır. Analizler sonucunda, rakımın; bitkinin yaprak genişliği ile adeti ve çiçek sayısı üzerine farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir. Bitki boyunun 10.31-23.42 cm arasında, yaprak sayısının 4.20-5.46 adet, yaprak genişliğinin 11.72-14.39 mm ve çiçek sayısının ise 7.20-10.93 adet, arasında değiştiği saptanmıştır. Bu çalışmanın amacı, kaya sümbülünün Kahramanmaraş ilinin bayrak türü olması dolayısıyla farklı rakımlarda yetişen kaya sümbüllerinin bazı morfolojik özellikleri hakkında bilgi vermektir.

**Anahtar Kelimeler:** *Hyacinthus orientalis* subsp. *chionophilus*, Kahramanmaraş, Kaya sümbülü, morfoloji, rakım

## The Effects of Different Cultivation Environments on the Characteristics of Rock Hyacinth (*Hyacinthus orientalis* subsp. *Chionophilus*)

**ABSTRACT:** This research was carried out in unheated green-house at in Kahramanmaraş Sütçü İmam University Goksun Vocational High School Application Garden, Goksun Nature Conservation and National Parks Conservation Garden and Kahramanmaraş Kapıçam Atatürk Nature Park in 2015-2016 winter-spring-summer period to determine the effects on some morphological development of rock hyacinths growing at different altitudes. The bulbs with 4.00 cm diameter and taken from nature of *Hyacinthus orientalis* subsp. *chionophilus* as plant material were used in this study.

The experiment was designed as a randomized plot design with 3 replicates and 15 hyacinth were used for each replicate. All bulbs were planted in depth of 6.00 cm. Plant size, leaf width, number of leaves and number of flowers were obtained and these data were tested with variance and relation test. As a result of the analyzes, it was found the altitude of the plant is different on leaf width, piece and number of flower. As a result of the analyzes, altitude; It was determined that the plant has a difference on leaf width piece and number of Flowers. It was determined that the plant was between 10.31-23.42 cm, the number of leaves was 4.20-5.46, the leaf width was 11.72-14.39 mm and the number of flowers was 7.20-10.93. The purpose of this study is to give information about morphological developments of the rock hyacinths which grow at different altitudes, the rock hyacinth which is the flag type of Kahramanmaraş

**Keywords:** Altitude, *Hyacinthus orientalis* subsp. *chionophilus*, Kahramanmaraş, morphology, Rock hyacinth

<sup>1</sup> Ali Rahmi KAYA(0000-0003-0318-6034), Ömer Süha USLU(0000-0003-0858-0305), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup> Çağrı Özgür ÖZKAN(0000-0003-1752-8293), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Göksun Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>3</sup> Hacı KALINKÜTÜK(0000-0002-3759-7811), Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Kahramanmaraş İl Şube Müd., Doğa Koruma ve Milli Parklar, Kahramanmaraş, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Ali Rahmi KAYA, alirahmikaya@ksu.edu.tr

## GİRİŞ

Kahramanmaraş ili bitki çeşitliliği açısından oldukça zengin coğrafyaya sahiptir. İlin üç farklı fitocoğrafik bölgenin keşim noktasında yer alması, yine farklı iklim tiplerinin görülmesi ve deniz seviyesinden 568 m gibi yükseklikte olması ilin bitki çeşitliliğine katkı sağlamaktadır. Türkiye florasında yaklaşık 12 000 bitki taksonu yer almaktadır ve endemik takson sayısı 3750'den fazladır (Avcı, 2005). Türkiye'de 1 056 adet takson soğanlı, rizomlu, yumrulu bitki türü yer almaktadır (Kahraman, 2015). Geofit olarak adlandırılan kaya sümbülü gibi bu bitkiler; gövde, yaprak, çiçek gibi toprak üstü organları gelişme mevsimini tamamladıktan sonra kuruyarak yaz aylarında yaşamlarını toprak altında devam ettirirler (Altan, 1985; Aksu ve ark., 2002; Zencirkıran, 2002; Avcı, 2005). Doğal çiçek soğanlarıyla da anılan geofitler, her yıl ülkemizin ihracatına katkı sağlamaktadır (Kahraman, 2015).

Doğal çiçek soğanlarının her şekilde toplanması yanında, üretimi ve ihracatı “Doğal Çiçek Soğanlarının Sökümü, Üretimi ve Ticaretine İlişkin Yönetmelik” ile düzenlenmektedir. Her yıl ilimizin Göksun ve Andırın ilçesinde binlerce sümbül soğanı herhangi bir izin alınmadan yöre halkı tarafından doğadan sökülerek toplanmaktadır. İlimizde toplanan kaya sümbülü (*Hyacinthus orientalis* subsp. *chionophilus*) tamamıyla Ülkemize has bir alt tür olup Orta Anadolu ve Doğu Toroslar'da Adana, Kahramanmaraş, Kayseri, Malatya, Sivas ve Tunceli illerinde, genel olarak 1 500 metrenin üzerindeki dağlarda yetişmektedir. “Kar seven” gibi yöresel adla da bilinen kaya sümbülü, güzel kokusu ve güzel çiçekleri ile süs bitkisi olarak kullanılmaktadır. Kaya sümbülleri doğal yayılış ortamlarında tohumlar ile çoğalmaktadırlar. Tohumla elde edilen bitkilerin çiçek açacak soğan büyüklüğüne gelmesi için yaklaşık 2-3 yıla ihtiyaç vardır. Bu uzun sürenin yanında bitkinin doğadan sökümüyle yeni oluşan fidelerin ve henüz olgunlaşmamış soğancıkların da sökümü nedeniyle sümbül varlığı günden güne azalmaktadır. Bu nedenle T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel

Müdürlüğü, Kahramanmaraş ilinde bayrak türü olarak seçmiş ve doğa eylem planına almıştır.

Bu çalışma, doğal yayılış alanları dışında kaya sümbülü soğanlarının, kontrollü bir şekilde yetiştiriciliğinin yapılabilirliğini ve farklı rakımların bitki çiçek ve yaprak sayısına ne gibi etkileri olduğunu belirlemek için yapılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma 2015–2016 yılları arası, sonbahar–kış yetiştirme döneminde “Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Göksun Meslek Yüksekokulu Uygulama Bahçesi ısıtmasız plastik sera”da, “Göksun Meteoroloji Binası” ve “Kahramanmaraş Kapıçam Atatürk Tabiat Parkı” içerisindeki küçük alanlarda yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak kaya sümbülü türüne ait soğanlar kullanılmıştır. Denemede kullanılan soğanlar; “doğal çiçek soğanları ile ilgili 19/07/2012 tarihli ve 28358 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Doğal Çiçek Soğanlarının Üretimi, Doğadan Toplanması ve İhracatına İlişkin Yönetmeliğin 7. Maddesine göre; ihracat yönünden yapılan sınıflandırmada belirtilen tüm çiçek soğanları için bilimsel araştırma amacıyla doğadan araştırma materyali toplanması Bakanlığın iznine tabidir” ilgili yönetmelik maddesi gereği alınan izinle Göksun ilçesi sınırlarından doğal olarak toplatılmıştır. Denemede kullanılacak olan soğanların morfolojik özelliklerinin aynı olmasına dikkat edilerek seçilmiştir. Seçilen soğanlar hastalıklara karşı %1 Captan + %0.5 Benomyl içeren solüsyon içinde 20 dakika bekletilmiş, sonra ilaçlı suyun süzülmesi ve soğanların kuruması için tel kasalara konularak gölge ve serin bir yerde muhafaza edilmiştir (Aksu ve ark., 2002).

Denemede, Göksun Orman İşletme Müdürlüğü Tekir Fidanlığından temin edilen toprak kullanılmıştır. Soğanlar, 15 Aralık 2015 tarihinde, 10.00 cm çapında ve 7.50 cm derinliğindeki plastik saksılara saksı derinliğinin 1/3 yetiştirme ortamı ile doldurulduktan sonra her saksıya 1 (bir) adet sümbül soğanı dikilmiş ve daha sonra soğanların üzeri yetiştirme ortamı ile kapatılmıştır. Deneme

tesadüf parselleri deneme desenine her tekerrür için 15 adet kullanılmış olup,; her saksı, bir parseli oluşturmuştur. Bitkilerdeki su ihtiyacı fertigasyon şeklinde damla sulama sistemiyle karşılanmış, drenaj ise saksı altlarındaki 18 adet drenaj delikleri aracılığıyla sağlanmıştır. İşlem, bitkilerin gelişimini tamamlayıp, yaprakların kuruduğu 31 Mayıs 2016 tarihinde sonlandırılmıştır. Çalışmada her parseldeki bitkinin boyu, yaprak sayısı, yaprak genişliği ve çiçek sayısına ait ölçümleri alınmıştır.

Denemeden elde edilen verilere IBM SPSS 22.0 istatistik programı kullanılarak varyans analizi ve korelasyon testi uygulanmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Bulduğumuz yerin deniz seviyesinden yüksekliği rakım olarak adlandırılmaktadır. Rakım farklılığı beraberinde iklim ve toprak değişikliğini

de getirmektedir. Aynı zamanda değişiklikler farklı flora ve faunaların oluşmasına neden olmaktadır.

Rakım çoğu zaman bir yerin iklimini tanımadada yeterli olmaz. Çünkü rakım ve bölgedeki su birikintilerinin varlığı gibi faktörler iklimde değişikliğe neden olur (Anonymous, 2004a). Bu nedenle herhangi bir alanda, yetiştiriciliği yapılacak bitkinin endemik olarak yetiştiği rakım ve iklim ihtiyaçları birlikte düşünülmelidir.

Genel olarak Kaya sümbülleri, 1 500 metrenin üzerindeki dağlarda ve karasal iklimin hakim olduğu alanları tercih etmektedir. Bu nedenledir ki; birçok bölgede “Kar Seven” gibi yöresel adla da bilinmektedir.

Denemeden elde edilen verilere ait ortalamalar ve bu ortalamalara ait bazı analiz sonuçları Çizelge 1.'de, incelenen bitki özellikleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları Çizelge 2.'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Yetiştirme ortamlarının kaya sümbülü soğanı ve gelişimine etkileri

Yetiştirme ortamları	Bitki Boyu (cm)	Yaprak Sayısı (adet)	Yaprak Genişliği (mm)	Çiçek Sayısı (adet)
GMYO Isıtmasız Plastik Sera	17.32	4.46	14.39	8.80
Ss	±1.938	±1.206	±1.521	±0.640
Göksun Meteoroloji Binası	23.42	5.46	13.16	10.93
Ss	±1.960	±1.033	±1.831	±0.640
Kapıçam Tabiat Parkı	10.31	4.20	11.72	7.20
Ss	±0.775	±0.734	±1.897	±0.345
<b>Ortalama</b>	17.02			8.98
<b>CV%</b>	9.701			19.576
<b>LSD %5</b>	1.217			1.295

Yapılan varyans analizi sonucunda, incelenen özellikler açısından denemelerin yürütüldüğü ortamlar arasında istatistiksel olarak çok önemli ( $P<0.01$ ) farklılıkların olduğu tespit edilmiştir.

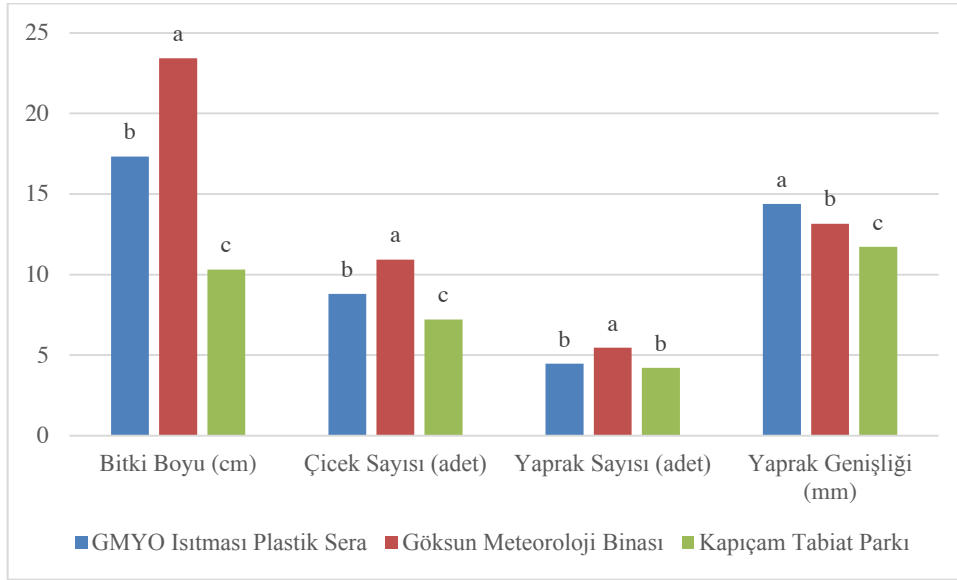
### Bitki Boyu

Kaya sümbülü üzerine yapılan bu çalışmada yetiştirme ortamlarının bitki boyu üzerine etkisinin

istatistiksel olarak önemli ( $P<0.01$ ) olduğu ve bitki boyunun 10.31-23.42 cm arasında değiştiği belirlenmiştir. En büyük bitki boyuna sahip olan sümbül Göksun ilçesi Meteoroloji Binası içerisinde yapılan denemede, en kısa bitki boyuna sahip olan kaya sümbülü ise Kahramanmaraş Kapıçam Atatürk Tabiat Parkındaki yetiştirme alanından elde edilmiştir (Çizelge 1 ve Şekil 1). Rakımın artmasıyla birlikte, UV radyasyonu ve ışık

yoğunluğu artmakta ancak oksijen gibi atmosfer bileşenleri azaldığından (Rieger, 2007) artan ışık yoğunluğu fotosentezin ikincil metabolizmasının arttırmasına neden olmaktadır. Fakat rakımın yüksek olduğu bölgelerde vejetasyon döneminin

olduğu kısa sürmesinden dolayı bitki gelişiminin rakımın yükselmesiyle birlikte hızlandığı bilinmektedir. Bu açıdan, denemeden elde edilen sonuçlar Rieger (2007)'nin tespitiyle örtüştüğü görülmektedir.



Şekil 1. Denemenin yürütüldüğü lokasyonlarda incelenen özelliklere ait oluşan gruplar

### Yaprak Sayısı

Farklı yetiştirme ortamlarının bitkideki yaprak sayısını önemli ( $P < 0.01$ ) derecede etkilediği ve yaprak sayısının 4.20-5.46 adet arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 1). En çok yaprak sayısına sahip olan sümbüller Göksun ilçesi Meteoroloji binası içerisinde yapılan denemeden, en az yaprak sayısına sahip olan kaya sümbülleri ise Kahramanmaraş Kapıçam Atatürk Tabiat Parkındaki yetiştirme alanından elde edilmiştir (Şekil 1).

### Yaprak Genişliği

Çizelge 1'in incelenmesinden anlaşılacağı üzere, yetiştirme ortamlarının yaprak genişliği üzerine etkisinin istatistiksel olarak çok önemli ( $P < 0.01$ ) olduğu ve yaprak genişliğinin 11.72-14.39 cm arasında değiştiği belirlenmiştir. En büyük yaprak genişliğine sahip sümbüllerin Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Göksun Meslek Yüksekokulu Uygulama Bahçesi plastik ısıtmasız serasında yapılan denemede, en kısa bitki boyuna sahip

bitkilerin ise Kahramanmaraş Kapıçam Atatürk Tabiat Parkındaki yetiştirme alanından elde edilmiştir (Şekil 1). Nitekim, fizyolojik açıdan bu çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu olduğu görülen Polat ve ark., (2003) iki farklı rakımda yetiştirdikleri çilek çeşitlerinde düşük rakımda yetiştirilen fidelerin daha geniş yaprak alanlarına sahip olduğunu belirlemişlerdir.

### Çiçek Sayısı

Çizelge 1'den yetiştirme ortamlarının çiçek sayısı üzerine olan etkisinin çok önemli ( $P < 0.01$ ) olduğu görülmektedir. Bitkideki çiçek sayısının 7.20-10.93 adet arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışmada en fazla çiçek sayısına sahip olan sümbül bitkileri Göksun ilçesi meteoroloji binası içerisinde yapılan denemeden, en az çiçek sayısına sahip olan sümbüller ise Kahramanmaraş Kapıçam Atatürk Tabiat Parkındaki yetiştirme alanından elde edilmiştir (Şekil 1).

Sıcaklıkla çiçek sayısı arasında ters bir orantının olduğu gözlenirken, rakımla çiçek sayısı arasında ise doğru bir orantının olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 2.** Kaya sümbülü bitkisinin bazı gelişim özellikleri arasındaki ilişkiler

	Bitki Boyu (cm)	Yaprak Sayısı (adet)	Yaprak Genişliği (mm)	Çiçek Sayısı (adet)
Bitki Boyu (cm)	1	0.607 **	0.478 **	0.601 **
Yaprak Sayısı (adet)		1	0.123	0.592 **
Yaprak Genişliği (mm)			1	0.208
Çiçek Sayısı (adet)				1

\*:P&lt;0.05, \*\*: P&lt;0.01

### İncelenen Bitki Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Kaya sümbülünün bazı bitki gelişim özellikleri arasındaki ilişkilere ait saptanan Pearson korelasyon katsayıları Çizelge 2.'de sunulmuştur. Çizelgenin incelenmesinden anlaşıldığı üzere, bitki boyunun bitkideki yaprak sayısı, yaprak genişliği ve çiçek sayısı ile çok önemli ( $P<0.01$ ) pozitif doğrusal ilişkilerin ( $r=0.478$ ,  $r=0.607$ ,  $r=0.601$ ) olduğu tespit edilmiştir. Yaprak sayısı ile yaprak genişliği arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemsiz ( $P>0.05$ ) bulunurken çiçek sayısı ile arasında çok önemli ( $P<0.01$ ) pozitif doğrusal bir ilişkinin olduğu gözlenmiştir. Yaprak genişliği ile çiçek sayısı arasında istatistiksel olarak önemsiz ( $P>0.05$ ) fakat pozitif doğrusal bir ilişkinin olduğu saptanmıştır (Çizelge 2).

### SONUÇ

Sonuç olarak; doğal kaynaklar dünya geleceği için değerli bir hazine olup; bu hazinede süs bitkileri her zaman önemli bir paya sahip olacaklardır. O

### KAYNAKLAR

- Aksu E, Eren K, Kaya E, 2002. İhracatı Yapılan Doğal Çiçek Soğanları. Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Yayın No:84, Yalova, 39s.
- Altan T, 1985. Ticari önemi olan bazı doğal geofitlerin ülkemizdeki potansiyeli, bunlardan yararlanma biçimi ve dış satım sorunları. Türkiye'de Sertifikalı ve Kontrollü Tohumluk Üretim ve Dağıtım Sorunları Sempozyumu, İzmir, 623–630s.
- Anonymous, 2004a. The Relationship Between Temperature, Heat and Energy. [http:// generalhorticulture.tamu.edu/lectsupl/temp/temp.html](http://generalhorticulture.tamu.edu/lectsupl/temp/temp.html). (Erişim tarihi:30.Mart, 2017).
- Avcı M, 2005. Çeşitlilik ve endemizm açısından Türkiye'nin bitki örtüsü. İstanbul Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi. İstanbul, 13: 27–55.

nedenle özenle korunmalıdır. Bu süs bitkilerinin ilimizde en önemlisi olan kaya sümbülün öncelikle genetik kaynağının korunması ve doğadan soğanlarının toplanmaması amacıyla yöresinde sistemli olarak çoğaltılması ve değerlendirilmesi; hem doğal çevreye ve ülke ekonomine doğrudan katkı sağlayacaktır.

Farklı yetiştirme ortamlarının denendiği bu çalışmada; Kaya sümbülünün Göksun İlçesi sınırlarında normal koşullarda üretilmesi hem çiçek sayısı, bitki boyu ve yaprak sayısı bakımından artış göstermiştir. Bu çalışmada; elde edilen veriler değerlendirildiğinde, kaya sümbülü yetiştiriciliğinin yapılması için en uygun ortamın Göksun Doğa Koruma ve Milli Parklar Şefliği bahçesi olduğunu söyleyebiliriz.

### TEŞEKKÜR

\* Bu makale KSU Bilimsel Araştırma Birimi Başkanlığı 2016/23-83 M nolu projeden üretilmiştir.

- Kahraman, Ö., 2015. Farklı yetiştirme ortamlarının Toros Kardeleni (*Galanthuselwesii*Hook.)'nin Soğan Performansı Üzerine Etkileri. ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. (COMU J. Agric. Fac.) 3(1): 109–114.
- Polat İ, Özkan CF, Kaya H, Eski H (2003) Topraksız kültür üzüm yetiştiriciliğinde farklı ortamların erkencilik, kalite ve verime etkisi. Türkiye IV. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, Antalya, s. 53-57.
- Rieger, T., 2007. Exploring High Altitude Viticulture. Part One. Vineyard&Winery Management. Nov/Dec. 2007. 84-90 pp
- Zencirkıran M, 2002. Geofitler. Uludağ Rotary Derneği Yayınları. Bursa No:1, 105s.





## Antioxidant Activity of Fruit Extracts of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. from Turkey

Cüneyt CESUR<sup>1</sup>, Belgin COŞGE ŞENKAL<sup>1</sup>, Cennet YAMAN<sup>1</sup>, Tansu USKUTOĞLU<sup>1</sup>, Murat KOÇ<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** It was aimed to determine antioxidant activity, and amount of total phenolic and flavonoid compounds of methanolic and ethanolic extracts of *P. ferulaceae* (L.) Lindl. fruits from Turkey. The fruits were collected at two different times, in May and July 2014. The total phenolic content of the extracts determined according to the Folin-Ciocalteu Reactifi (FCR) method was calculated as mg Gallic acid equivalent (GAE) g<sup>-1</sup> extract. The total flavonoid content of the extracts was expressed as mg Quercetin (QE) g<sup>-1</sup> extract. The percentage of antioxidant activity of each samples was assessed by DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate) free radical assay. Total phenolic and flavonoid contents of the extracts were determined to range from 11.750 to 79.111 mg GAE g<sup>-1</sup> extract and from 2.266 to 9.089 mg QE g<sup>-1</sup> extract, respectively. According to the results of DPPH test, all fruit extracts exhibited a slightly antioxidant activity.

**Keywords:** DPPH, *Prangos ferulaceae*, total flavonoid, total phenolic.

## Türkiye’deki *Prangos ferulacea* (L.) Lindl.’nin Meyve Özütlerinin Antioksidan Aktivitesi

**ÖZET:** Türkiye’de doğal olarak yetişen *P. ferulacea* (L.) Lindl.’in metanol ve etanol ile hazırlanan meyve özütlerinin toplam fenolik ve flavonoid miktarları ile antioksidan aktiviteleri belirlendi. Meyveler Mayıs ve Haziran 2014’de toplandı. Ekstraktların toplam fenolik içerikleri Folin-Ciocalteu Reactifi (FCR) yöntemine göre mg Gallik asit eşdeğeri (GAE) g<sup>-1</sup> ekstrakt olarak hesaplandı. Ekstraktların toplam flavonoid içeriği mg Kuarsetin (QE) g<sup>-1</sup> ekstrakt olarak ifade edildi. Her bir örneğin antioksidan aktivite yüzdesi DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate) ile değerlendirildi. Özütlerin toplam fenolik ve flavonoid içerikleri sırasıyla 11.750-79.111 mg GAE g<sup>-1</sup> ile 2.266-9.089 mg QE g<sup>-1</sup> olarak belirlendi. DPPH testi sonuçlarına göre, tüm meyve özütlerinin zayıf antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edildi.

**Anahtar Kelimeler:** DPPH, *Prangos ferulaceae*, toplam fenolik, toplam flavonoid.

<sup>1</sup> Cüneyt CESUR (0000-0002-1607-363X), Belgin COŞGE ŞENKAL(0000-0001-7330-8098), Cennet YAMAN (0000-0002-2364-8171), Tansu USKUTOĞLU(0000-0001-6631-1723), Bozok Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Yozgat, Türkiye  
<sup>2</sup> Murat KOÇ(0000-0002-0829-4571), Bozok Üniversitesi, Hayvansal Üretim Yüksek Okulu, Yozgat, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Belgin COŞGE ŞENKAL, bcogesenk@gmail.com

## INTRODUCTION

*Prangos* belonging to the Apiaceae family is a perennial genus. Turkey is an important center for this genus. The genus *Prangos* is represented by 21 taxa including 17 species (*P. acaulis*, *P. corymbosa*, *P. denticulata*, *P. ferulacea*, *P. heynia*, *P. hulusii*, *P. ilanae*, *P. meliocarpoides*, *P. pabularia*, *P. papillaris*, *P. peucedanifolia*, *P. platychlaena*, *P. acaba*, *P. scabrifolia*, *P. turcica*, *P. uechtrizii*, and *P. uloptera*) 2 varieties (*P. meliocarpoides* var. *arcis-romanae* and *P. meliocarpoides* var. *meliocarpoides*) and 2 subspecies (*P. platychlaena* subsp. *engizekensis* and *P. platychlaena* subsp. *platychlaena*) in the flora of Turkey, and 10 taxa of them are endemic. *Prangos* species are known as “çakşir otu” in Turkey (Guner et al., 2012). *Prangos ferulaceae* (L.) Lindl. is spread naturally in Northern and Southern Anatolia Regions of Turkey (Tubives, 2011)

This plant has been used as a medicinal plant in folk medicine of many countries in the world (Kafash-Farkhad et al., 2013). Especially, the extracts from the fruits and roots of the plant have been used for treatment several disorders such as digestive disorders, healing scars, and stop the bleeding. Also, essential oil is obtained from various parts of *P. ferulaceae* (L.) Lindl. such as leaves, flowers, fruits and stems. The previous studies on the essential oils of *Prangos* species showed variations from 0.2 to 1.1% in yield depending on the organs (Baser et al, 1996; Baser et al., 2000; Razavi et al., 2010). Thanks to their chemical compositions, essential oils have various biological activities (antifungal, antioxidant, antibacterial, etc.) (Mirzaei et al., 2007; Mneimne et al., 2016).

The free radicals that occur during normal body functions accelerate aging by damaging the cells and the immune system. Antioxidants bind the free radicals to themselves and inactivating them, they reduce the most possible damage and thus delaying aging. They play an important role in the prevention of human diseases (cancer, diabetes, dementia etc.) (Abdelhady et al., 2011; Shirazi et al., 2014). Nowadays, the organic and inorganic substances such as beta-carotene, C, E vitamins, lycopene, coenzyme, Q-10, selenium, zinc and manganese are the most widely used antioxidants. The vast majority of medicinal and aromatic plants that are rich in secondary metabolites have a strong antioxidant

effect. In such plants, the antioxidant effect is usually related to the presence of phenols and flavonoids and their free radical scavenging activity (Baydar, 2013).

Phenolic compounds are generally colorless or colored, crystalline and amorphous substances which have a special odor and are well soluble in water, organic solvents (alcohol, ester, chloroform, ethyl acetate etc.), and bases liquid solutions. In recent years, these compounds have been studied extensively due to their potential to be protective against deadly diseases such as cancer and coronary heart diseases (Mammadov, 2014). Antioxidants are defined as compounds that prevent or delay oxidative degradation in food. It is known that oxygen is the most important factor in the degradation of many foodstuffs. It is only possible to delay or prevent the peroxidation process by addition of antioxidant compounds in foodstuffs. Butylated hydroxytoluene (BHT), butylated hydroxyanisole (BHA) and tertiary-butylhydroquinone (TBHQ) have been used as synthetic antioxidants to prevent degradation of foodstuffs for years. These synthetic antioxidants are phenolic compounds, which make them effective antioxidants (Abdelhady et al., 2011; Ogut, 2014). The use of BHA and BHT has been limited due to the fact that it causes liver damage and cancer in laboratory animals. For example, TBHQ is prohibited in the European Union countries, although it is free in the United States. For this reason, the demand for natural antioxidant resources is increasing day by day (Abdelhady et al. 2011; Mammadov 2014).

In this study, it is aimed to determine 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity, and amount of total phenolic and flavonoid compounds of the fruit extracts from *P. ferulaceae* (L.) Lindl. growing naturally in Turkey.

## MATERIAL AND METHODS

### Plant material

The fruits of *P. ferulaceae* were collected at two different times at an altitude of 1420 m from the area between Tunceli and Pülümür located to the east of Turkey (39° 28' 20" N, 039° 54' 25" E). The first and second collection was held in May and July 2014,

respectively. The plant samples numerated as M. Koç. 1334 were deposited at the Herbarium of the Bozok University Department of Biology (Yozgat/ Turkey).

### Solvent extraction

Collected fruits were dried in the shade and ground with a blender. The samples were prepared with three replications for each of the two collection times. 40 mL of methanol was added to 4 g of sample, and these samples were kept in the oven at 40 °C for 24 h. The solutions obtained were centrifuged at 4500 rpm for 10 min. Supernatant fractions of the solutions were removed and the organic solvent was separated by using a rotary evaporator. The extracts were stored in the dark at 4 °C until used.

### Determination of total phenolic compounds

The total phenolic content of the extracts was determined according to the Folin-Ciocalteu Reactif (FCR) method (Singleton et al., 1999). 0.2 ml was taken from the sample solutions prepared with ethanol and methanol (2 mg ml<sup>-1</sup>) and distilled water was added. Then 0.2 ml of Folin-Ciocalteu was added to this solution, and allowed to stand for 3 min. 0.6 ml of Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (20%) was added on this solution, and the total volume was adjusted to be 10 ml. The obtained solution was incubated in the dark for 2 hours, and then absorbance measurements were made at 760 nm. Gallic acid was used to form the standard calibration curve. 0.2 ml of ethanol was added to each test tube. 0.1 mg/ml was prepared as the main stock from Gallic acid. Ethanol was added to the sample solution (0.2 ml) for the control. According to the Gallic acid standard graph, the total phenolic substance in all plant extracts was calculated as mg Gallic acid equivalent (GAE) g<sup>-1</sup> extract.

### Determination of total flavonoid compounds

The total flavonoid contents of the extracts were determined by adapting the Arvouet-Grand et al. (1994) method. 8 mg ml<sup>-1</sup> from extract solution dissolved in ethanol and methanol was prepared as the main stock. 100 µL of 10% aluminum nitrate and 100 µL of 1 M potassium acetate were added to 250 µL of the sample. The final volume of the solution was 5 ml with 99% ethanol. Absorbance measurements were made at 417

nm after incubation at room temperature for 40 minutes in the dark. 0.5 mg ml<sup>-1</sup> was prepared as the main stock for the Quercetin standard. The total flavonoid content of the extracts was expressed as mg Quercetin (QE) g<sup>-1</sup> extract. To determine the total phenolic and flavonoid contents of the extracts, spectrophotometric measurements were performed using a Perkin Elmer Lambda 25 UV/VIS spectrometer.

### Free radical scavenging activity by DPPH method

The percentage of antioxidant activity (AA %) of each samples was assessed by DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate) free radical assay. The measurement of the DPPH radical scavenging activity was performed according to methodology described by Gezer et al. (2006). 4 mg DPPH was added to 100 mL of the solvent (methanol/ethanol) to prepare the concentration. The extracts dissolved in methanol and ethanol was used in this study. 8 mg mL<sup>-1</sup> extract solutions were prepared as the main stock, and the dilutions were obtained at different concentrations (100, 200, 400, 600, 800, and 1000 µg mL<sup>-1</sup>) from this stock. 200 µL of extract solutions in different concentrations were added into 3.2 mL of DPPH solution. The solvent amounts in each test tube were set to be 200 µL of ethanol and 3.2 mL methanol. The absorbance at 517 nm was recorded after 30 min of incubation at room temperature in dark using a Perkin Elmer Lambda 25 UV/VIS spectrophotometer. Ascorbic acid was used as standard antioxidant. The scavenging activity percentage of each sample was determined according to the following equation:  $AA (\%) = 100 - [(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) / A_{\text{control}} \times 100]$

where  $A_{\text{control}}$  is the absorbance of the control with methanol and  $A_{\text{sample}}$  is the absorbance of essential oils and plant extracts.

### Statistical analysis

Experiments were performed in three replicates and two parallel for each replicate. The results were expressed as ±SD. Data obtained were subjected to analyses of variance (ANOVA) and correlation analysis using TARIST statistical program. Means were separated at α=0.05 probability level by the LSD (the least significant difference) test (Acikgoz et al., 2004).

## RESULTS AND DISCUSSION

The yield (g) of fruits extracts were  $0.4784 \pm 0.182$  in the first collection in May and

$0.1896 \pm 0.064$  in the second collection in July. Total phenolic and flavonoid contents in the fruit extracts of *P. ferulaceae* given in Table 1.

**Table 1.** Total phenolic and flavonoid contents in the fruit extracts of *P. ferulaceae*

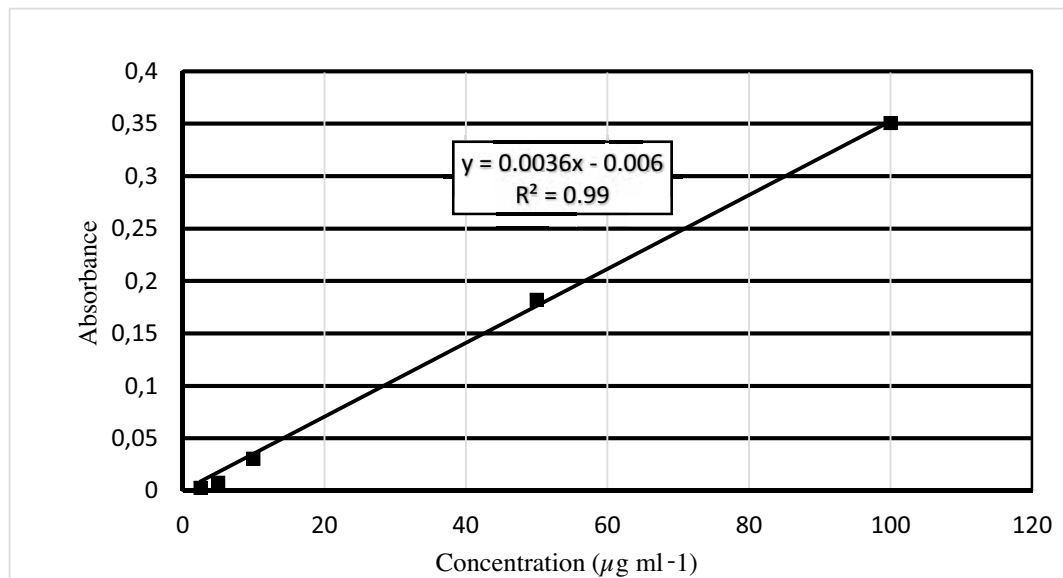
Extract Types	Total phenolic content (mg GAE g <sup>-1</sup> extract)	Total flavonoid content (mg QE g <sup>-1</sup> extract)
<b>M1</b>	$11.750 \pm 0.3472c^*$	$2.266 \pm 1.646b$
<b>M2</b>	$12.965 \pm 1.7010c$	$3.359 \pm 1.220b$
<b>E1</b>	$79.111 \pm 2.6820a$	$9.089 \pm 2.482a$
<b>E2</b>	$67.479 \pm 1.4456b$	$3.203 \pm 0.004b$

\*Each value is the average of three analyses  $\pm$  standard deviation. The same letter do not differ significantly at  $p < 0.05$ .

**M1:** Methanolic extract, first collection; **M2:** Methanolic extract, second collection; **E1:** Ethanolic extract, first collection; **E2:** Ethanolic extract, second collection

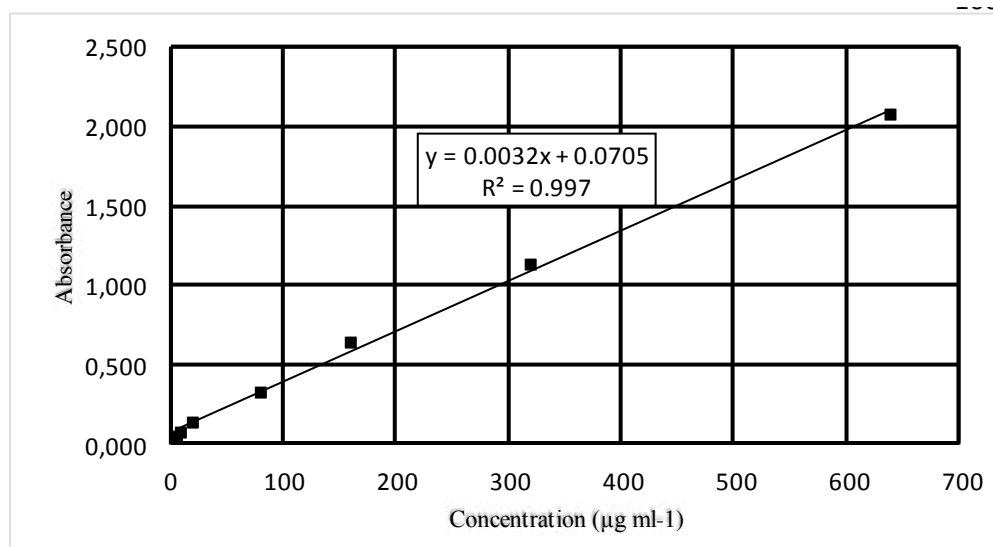
Methanol and ethanol extracts of fruits obtained from the first and second collection were standardized for their contents of phenolic compounds. The calibration curve showed linearity for Gallic acid in the range of  $20\text{-}100 \mu\text{g ml}^{-1}$ , with a correlation coefficient ( $R^2$ ) of 0.999 (Figure 1). The results of the total phenolic content determination of the fruit extracts obtained

from the first and second collection, used two different solvents (methanol and ethanol) are given in Table 1. E1 contained the highest content of phenolic ( $79.111 \text{ mg GAE g}^{-1}$ ), followed by E2 ( $67.479 \text{ mg GAE g}^{-1}$ ), M2 ( $12.965 \text{ mg GAE g}^{-1}$ ) and M1 ( $11.750 \text{ mg GAE g}^{-1}$ ). Ethanolic extracts contained higher levels of phenolic than methanolic extracts in our study.



**Figure 1.** Standard calibration curve of gallic acid at concentration of 20, 40, 60, 80 and  $100 \mu\text{g ml}^{-1}$ . Spectrophotometric detection was at 760 nm

The calibration curve showed linearity for Quercetin in the range of  $100\text{-}600 \mu\text{g ml}^{-1}$ , with a correlation coefficient ( $R^2$ ) of 0.9974 (Figure 2).



**Figure 2.** Standard calibration curve of Quercetin at concentration of 100, 200, 300, 400, 500 and 600  $\mu\text{g ml}^{-1}$ . Spectrophotometric detection was at 417 nm

Total flavonoid content in fruit extracts ranged from 2.266 (M1) to 9.089 (E1) mg QE/g extract. The ethanol extract of fruits obtained from first collection showed the highest amounts of flavonoid content than the other examined extracts (Table 1). DPPH, a stable free radical, radical scavenging activity is a very popular method used in screening the antioxidant activity of plant extract (Tirzitis and Bartosz, 2010). The Table 2 is given the antioxidant activities of ethanol and methanol extracts of fruit examined using the DPPH radical scavenging recorded in terms of % inhibition. Higher % inhibition value means better scavenging

activity/antioxidant potential. The results obtained were compared with the standard AA (Figure 3). The extracts prepared with methanol exhibit higher DPPH scavenging activity those prepared with ethanol. The antioxidant potential of the fruits collected in May (6.4-80.3%) was found to be higher than those collected in July (4.4-70.1%). According to the values in Table 2, E2 in 100  $\mu\text{g/ml}$  has minimum DPPH scavenging activity (4.4 %) and M1 in 1000  $\mu\text{g/ml}$  has maximum DPPH scavenging activity (80.3 %) among fruits extracts and M1 has shown better DPPH scavenging activity as compared to the other extracts.

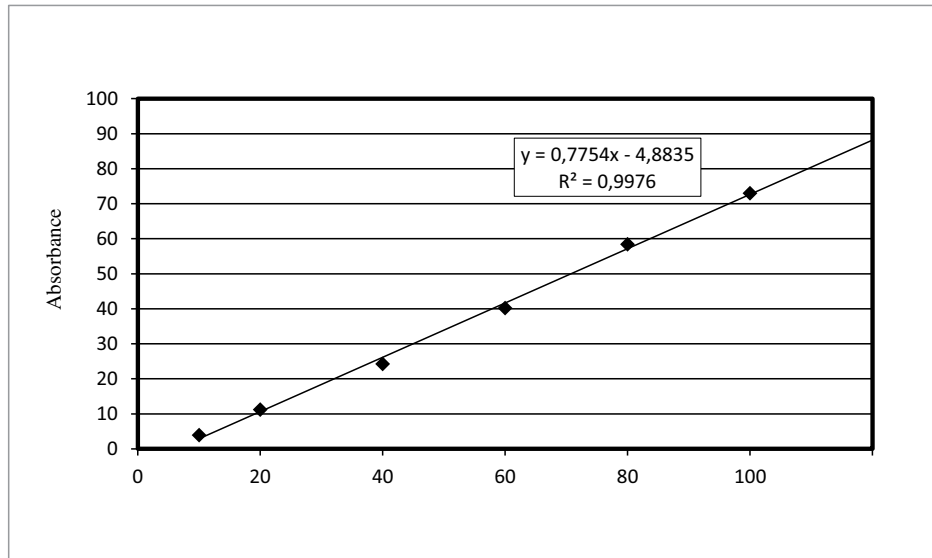
**Table 2.** Free radical scavenging activity of *P. ferulacea* fruit extracts by DPPH methods (%)

C <sup>1</sup> ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	M1	M2	E1	E2	C ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )	AA
100	6.4±0.058a <sup>2</sup>	5.4±1.950ab	6.5±2.252a	4.4±0.400b	10	4.00±0.672
200	15.0±1.000a	13.1±1.100b	10.9±0.351c	7.8±0.600d	20	11.23±1.040
400	33.0±1.650a	29.8±2.000b	19.0±0.058c	15.0±1.050d	40	24.25±0.608
600	48.2±2.600a	45.8±0.400b	26.1±0.451c	22.6±0.800d	60	40.19±0.157
800	63.4±0.551a	58.5±1.050b	32.0±0.400c	29.6±0.751d	80	58.46±0.001
1000	80.3±0.300a	70.1±0.600b	38.3±0.058c	36.5±0.100d	100	73.71±1.048

<sup>1</sup> Concentrations

<sup>2</sup> Each value is the average of three analyses  $\pm$  standard deviation. The same letter do not differ significantly at  $p < 0.05$ .

**M1:** Methanolic extract, first collection; **M2:** Methanolic extract, second collection; **E1:** Ethanolic extract, first collection; **E2:** Ethanolic extract, second collection; **AA:** Ascorbic acid



**Figure 3.** Standard calibration curve of ascorbic acid at concentration of 20, 40, 60, 80 and 100  $\mu\text{g ml}^{-1}$ . Spectrophotometric detection was at 517 nm

Studies conducted in previous years have shown that *P. feruleceae* extracts have antioxidant activity at varying ratios (Kafash-Farkhad et al., 2013). Very high antioxidant activity was observed in some studies (Coruh et al., 2007), but very low activity was detected in some (Ahmed et al., 2011). Also, it has been reported that the various chemicals (flavonoids, alkaloids, terpenoids, phenolic compounds etc.) in the plant have high antioxidant activity (Sajjadi and Mehregan, 2003; Coruh et al., 2007). Contrary to this, the flavonoid, quercetin-3-O-glucoside, in the extract from aerial parts of the plant did not exhibit antioxidant activity in the study conducted by Razavi et al. 2009. According to the results of DPPH test in our study, all fruit extracts exhibited a slightly antioxidant activity. Many of the secondary metabolites such as alkaloids, essential oils, phenol and flavonoids synthesized by plants show large variations depending on the environmental conditions under which the plant grows. Temperature and light fluctuations promote the synthesis of antioxidants, bacterial infections promote the synthesis of phenolic and flavonoids (Baydar, 2013; Mammadov, 2014). All of this is the effort of plants to adapt to the environment they grow. Differences in synthesis of secondary metabolites in plants are possible, in view of the differences in collection

sites and timing of collections, the part of the plant used, the growth stage of plant when collected and the methods of analysis etc. (Marotti et al., 1994; Coruh, 2007; Ahmed et al., 2011; Akhgara et al., 2011; Kafash-Farkhad et al., 2013). Similarly, the antioxidant properties of these extract were found to be used solvent, concentration and collection time dependent in our study. The variability in the total phenolic contents of extracts prepared using different solvents may be due to the different solubility of the phenolic compounds (Damyeh and Niakousari, 2016). Bioactive substances in plants show significant changes according to the collection time, organ and life cycle of the plant (Baydar, 2013). The effectiveness and quality of medicinal and aromatic plants depends on their chemical composition. On the other hand, there is a considerable effect of seasonal variation on the chemical composition and biological activities of plants (Soni et al., 2015). Flavonoids which are substances that give color to flowering plants are the most common group of phenolic compounds. Flavonoids are used to prevent tumor formation and diabetes, as antioxidants, anti-inflammatory, anti-viral, anti-allergic, antimicrobial and enzyme inhibitory in medicine (Mammadov, 2014). Flavonoids are powerful antioxidants that protect the cells against antiradicals. Also, they

prevent the growth of bacteria and viruses, and provide resistance against cancer formation and heart attack. Quercetin which is a chemical pigment commonly found in the various organs of many plants is a flavonoid and have a powerful antioxidant activity (Baydar, 2013). It was observed that there was positive correlation ( $r= 0.718$ ) between total

phenolic content and total flavonoid content. This correlation was not significant statistically. Also, correlation coefficients between DPPH, total phenolic content and total flavonoid content and total phenolic content were negatively associated with DPPH ( $r=-0.971$ ,  $P<0.05$  and  $r=-0.608$ , respectively) (Table 3).

**Table 3.** Correlation coefficients between DPPH, total phenolic content and total flavonoid content

	1	2	3
1. Total Phenolic Content	1.000		
2. Total Flavonoid Content	0.718 <sup>ns</sup>	1.000	
3. DPPH	-0.971 <sup>*</sup>	-0.608 <sup>ns</sup>	1.000

\* $P<0.05$ , ns: statistically insignificant

Some researchers support the association between phenolic compounds and antioxidant activity (Bendini et al., 2006; Dlugosz et al., 2006; Wojdylo et al., 2007), while the others argue that there is no direct relationship between these two parameters (Harish and Shivanandappa, 2006; Hassimotto et al., 2005; Abdelhady et al., 2011; Mammadov, 2014). In addition to phenolic compounds, other chemical compounds may be said to have an effect on antioxidant activity (Harish and Shivanandappa, 2006). Also, it has been stated that the flavonoid content of *P. ferulaceae* is not solely responsible for antioxidant activity and that there is no sufficient study on the detection of compounds responsible for antioxidant activity (Ahmed et al., 2011).

## CONCLUSION

In this study, the DPPH radical scavenging activity, and amount of total phenolic and flavonoid compounds of the extracts from fruit of *P. ferulaceae* were analyzed.

As known, collection time is an important factor affecting the quality of medicinal and aromatic plants. Therefore, the plants were collected at two different times (May and July) to see the variation between collection times, and effect of seasonal variation on the DPPH radical scavenging activity, and amount of total phenolic and flavonoid compounds of the extracts was evaluated in this study.

The findings from the analysis results demonstrated that the extracts of fruits collected at two different times exhibited a slightly antioxidant activity. However, the antioxidant properties of these extract were influenced by the solvent and concentration used, and the collection time of the fruits. According to the findings obtained from our study, we recommend collecting the fruit of *P. ferulaceae* in May. Detailed phytochemical analyzes are needed to fully understand the antioxidant capacity of this species.

## REFERENCES

- Abdelhady MIS, Motaal AA, Beerhues L, 2011. Total Phenolic Content and antioxidant activity of standardized extracts from leaves and cell cultures of three *Callistemon* species. American Journal of Plant Sciences, 2:847-850.
- Acıkgöz N, İlker E, Gökcol A, 2004. Biyolojik araştırmaların bilgisayarda değerlendirilmesi. Ege University Publication No:2, İzmir.
- Ahmed J, Guvenc A, Kucukboyaci N, Baldemir A, Coskun M, 2011. Total phenolic contents and antioxidant activities of *Prangos* Lindl. (Umbelliferae) species growing in Konya province (Turkey). Turk J Biol.,35:353-360.
- Akhgara M, Pahlavanzadeh-Irana S, Lotfi-Anarib P, Faghıhazarandic A, 2011. Composition of essential oils of fruits and leaves of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. growing wild in Iran. Trends in Modern Chemistry, 1:1-4.
- Arvouet-Grand A, Vennat B, Pourrat A, Legret P, 1994. Standardisation d'un extrait de propolis et identification des principaux constituants. J. de Pharmacie de Belgique, 49:462-468.
- Baser KHC, Ermin N, Adıguzel N, Aytac Z, 1996. Composition of the essential oil of *Prangos ferulaceae* (L.) Lindl. J. Essent. Oil Res., 8:297-298.

- Baser KHC, Ozek T, Demirci B, Duman H, 2000. Composition of essential oil of *Prangos heyneae*. H. Duman et M.F. Watson, a new endemic from Turkey. *Flavour Fragrance Journal*,15:47-49.
- Baydar H, 2013. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayın No:51.
- Bendini A, Cerretani L, Pizzolante L, et al, 2006. Phenol content related to antioxidant and antimicrobial activities of *Passiflora* spp. extracts. *European Food Research and Technology*, 223:102-109.
- Coruh N, Sagdicoglu Celep AG, Ozgokce F, 2007. Antioxidant properties of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl., *Chaerophyllum macropodium* Boiss. and *Heracleum persicum* Desf. from Apiaceae family used as food in Eastern Anatolia and their inhibitory effects on glutathione-S-transferase. *Food Chemistry*, 100:1237-1242.
- Damyeh MS, Niakousari M, 2016. Impact of ohmic-assisted hydrodistillation on kinetics data, physicochemical and biological properties of *Prangos ferulacea* Lindl. essential oil: Comparison with conventional hydrodistillation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 33: 387-396.
- Dlugosz A, Lembas-Bogaczyk J, Lamer-Zarawsko E. 2006, Antioxid increases ferric reducing antioxidant power (FRAP) even stronger than vitamin C. *Acta Pol. Pharm.*, 63:446-448.
- Gezer K, Duru ME, Kivrak I, Tirkoglu A, Mercan N, Turkoglu H, Gulcan S, 2006. Free-radical scavenging capacity and antimicrobial activity of wild edible mushroom of Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 5:1924-1928.
- Guner A, Aslan S, Ekim T, Vural M, Babac MT, 2012. Türkiye bitkileri listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.
- Harish R, Shivanandappa T, 2006. Antioxidant activity and hepatoprotective potential of *Phyllanthus niruri*. *Food Chemistry*, 95:180-185.
- Hassimotto NMA, Genovese MI, Lajolo FM, 2005. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53:2928-2935.
- Kafash-Farkhad N, Asadi-Samani M, Rafieian-Kopaei M, 2013. A review on phytochemistry and pharmacological effects of *Prangos ferulacea* (L.) Lindl. *Life Science Journal*, 10:360-367.
- Mammadov R, 2014. Tohumlu Bitkilerde Sekonder Metabolitler. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti. Yayın No:841.
- Marotti M, Piccaglia R, Giovanelli E, Deans SG, Eaglesham E, 1994. Effects of variety and ontogenic stage on the essential oil composition and biological activity of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Journal of Essential Oil Research*, 6:57-62.
- Mirzaei HH, Meshkatsadat MH, Soheilvand S, 2007. Determination of essential oil composition of *Prangos acaulis* (DC) Bormm obtained by hydrodistillation and supercritical fluid extraction methods. *Journal of Applied Sciences*, 7:2535-2538.
- Mneimne M, Baydoun S, Nemer N, Apostolides NA, 2016. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils isolated from aerial parts of *Prangos asperula* Boiss. (Apiaceae) growing wild in Lebanon. *Medicinal&Aromatic Plants*, 5:3. 5:242.doi.10.4172/2167-0412.1000242.
- Ogut S, 2014. Importance of natural antioxidants. *Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty*, 11:25-30.
- Razavi SM, Zahri S, Zarrini G, Nazemiyeh H, Mohammadi S, 2009. Biological activity of quercetin-3-O-glucoside, a known plant flavonoid. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 35:376-378.
- Razavi SM, Nazemiyeh H, Zarrini G, Asna-Asharii S, Dehghan G, 2010. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of *Prangos ferulaceae* (L.) Lindl from Iran. *Nat Prod Res.*, 24:530-533.
- Sajjadı SE, Mehregan I, 2003. Chemical composition of the essential oil of *Prangos asperula* Boiss. subsp. *haussknechtii* (Boiss.) Herrnst. et Heyn fruits. *Daru*, 11:79-81.
- Shirazi OU, Khattak MAK, Shukri NAM, MN Nasyriq A, 2014. Determination of total phenolic, flavonoid content and free radical scavenging activities of common herbs and spices. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 3:104-108.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM, 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol*, 299:152-178.
- Soni U, Brar S, Gauttam VK, 2015. Effect of seasonal variation on secondary metabolites of medicinal plants. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 6:3654-3662.
- Tirzitis G, Bartosz G, 2010. Determination of antiradical and antioxidant activity: basic principles and new insights. *Acta Biochimica Polonica*, 57:139-142.
- TUBIVES, 2011. Turkish Plants Data Service <http://www.tubives.com>. (Erişim tarihi: 01.05.2017).
- Wojdyło A, Oszmian J, Czemerz R, 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Food Chemistry*, 105: 940-949.



## Erzurum ve İğdır Şartlarında Yetiştirilen Farklı Kinoa Genotiplerinin Kuru Madde Verimi ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi

Mustafa TAN<sup>1</sup>, Süleyman TEMEL<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bu araştırma Doğu Anadolu Bölgesinin farklı ekolojik özellikler gösteren Erzurum ve İğdır illerinde kaba yem üretimi için uygun kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotiplerinin belirlenmesi amacıyla planlanmıştır. Araştırma 2015 ve 2016 yıllarında sulu şartlarda yürütülmüştür. Denemeler her bir lokasyonda 14 adet genotip (4 adet popülasyon ve 10 adet çeşit) ile şansa bağlı tam bloklar deneme deseninde dört tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Araştırmada kuru madde verimi ve ilgili bazı özellikler incelenmiştir.

İki yıllık ortalama sonuçlara göre İğdır lokasyonundan Erzurum lokasyonuna göre daha yüksek verimler elde edilmiştir (sırasıyla 1165.9 kg da<sup>-1</sup> ve 511.6 kg da<sup>-1</sup>). Erzurum şartlarında Çin kökenli popülasyon, Sandoval Mix ve Peru kökenli beyaz tohumlu popülasyonun verimleri yüksek bulunmuştur. İğdır şartlarında ise Peru kökenli beyaz popülasyon ile kırmızı popülasyon yüksek kuru madde verimine sahip olmuşlardır. Bu araştırmanın sonuçlarına göre kinoa Erzurum şartlarında çok iyi performans gösterememiştir. Buna karşılık İğdır lokasyonu için beyaz ve kırmızı renkli popülasyonlar ile Red Head, Sandoval Mix ve Cherry Vanilla çeşitleri kuru ot üretimi için önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Alternatif yem bitkisi, *Chenopodium quinoa*, genotip, kinoa, ot verimi

## Determination of Dry Matter Yield and Some Properties of Different Quinoa Genotypes Grown in Erzurum and İğdır Conditions

**ABSTRACT:** This study was planned to determine the genotypes of suitable quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for hay production in Erzurum and İğdır provinces which have different ecological characteristics of Eastern Anatolia Region. The study was conducted under irrigated conditions in 2015 and 2016. Experiments were carried out at each location in four replications with 14 genotypes (4 populations and 10 varieties) and in randomized complete blocks design. Dry matter production and some related properties were investigated in the study.

According to the two-year average results, higher yields were obtained from İğdır location than Erzurum location (1165.9 kg da<sup>-1</sup> and 511.6 kg da<sup>-1</sup> respectively). In the Erzurum conditions, the yields of Chinese population, Sandoval Mix and Peruvian white seeded population were found high. In the İğdır conditions, Peruvian white seeded population and red seeded population have high dry matter yields. According to the results of this research, quinoa did not perform very well in Erzurum conditions. On the other hand, white and red seeded populations, Red Head, Sandoval Mix and Cherry Vanilla varieties can be recommended for hay production in the İğdır location.

**Keywords:** Alternative forage plants, *Chenopodium quinoa*, genotypes, quinoa, hay yield

<sup>1</sup> Mustafa TAN (0000-0001-7939-7087), Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup> Süleyman TEMEL (0000-0001-9334-8601), İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, İğdır, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Mustafa TAN, mustan@atauni.edu.tr

## GİRİŞ

Son yıllarda adını sıkça duyduğumuz kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ülkemiz tarımı için alternatif bir bitkidir. Bu bitki dünyanın birçok ülkesinde kaba yem bitkisi olarak hayvan beslemede de kullanılmaktadır. Uygun çeşit ve iyi bakım şartlarında yüksek verimler alınabilmektedir. Kakabouki et al. (2014) Yunanistan'da 820-917 kg da<sup>-1</sup>, Kaoutar et al. (2017) Fas şartlarında 470-1520 kg da<sup>-1</sup> kuru madde verimleri belirlemiştirler. Otun kuru madde oranı %26-28, ham protein oranı %13-22, kuru madde sindirimi %63-69'dur (Van Schooten and Pinxterhuis, 2003). Kinoa kolay silolanan bir bitki olduğu için silajlık olarak da kullanılmaktadır.

Ülkemizde kinoa yetiştiriciliğinin sağlıklı olarak yaygınlaşabilmesi için değişik bölgelerde daha fazla bilimsel araştırmaya ihtiyaç vardır. Kinoa tarımında en çok görülen başarısızlık sebeplerinden birisi üretimde uygun genotiplerin kullanılmamasıdır. Bu nedenle ülkemizin değişik ekolojilerinde adaptasyon çalışmalarının tamamlanması büyük önem taşımaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi ülkemizde kinoa tarımı için en dezavantajlı bölge olarak gözükmektedir. Çünkü bu bölge ülkemizin en yüksek rakımlı bölgesi olup, bitki yetiştirme sezonu kısadır. Kinoa nispeten ılıman iklimi seven, uzun gelişme süresi isteyen

ve çimlenmesi için toprakta en az 7-10 °C sıcaklığa ihtiyaç duyan bir bitkidir (Tan ve Yöndem, 2013). Doğu Anadolu Bölgesi birbirinden farklı coğrafik özellikleri ve dolayısıyla farklı ekolojik yapıları olan bölgelere sahiptir. Bölgenin yüksek rakımlı platosunda nispeten serin iklim ve kısa bir bitki yetiştirme sezonu mevcuttur. Bunun yanı sıra yıllık ortalama sıcaklığı daha yüksek, yetiştirme sezonu uzun olan lokasyonlar da mevcuttur. Diğer bölgelerimizde olduğu gibi Doğu Anadolu Bölgesinin birçok yerinde de üreticiler bu bitkinin değişik amaçlarla yetiştiriciliği için çaba sarf etmektedirler. Bu nedenle bu çalışma farklı kinoa genotiplerinin Doğu Anadolu Bölgesinin iki farklı lokasyonunda (Erzurum ve Iğdır) kaba yem üretimi için performanslarını belirlemek amacıyla planlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2015 ve 2016 yıllarında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi (Erzurum) ve Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi (Iğdır) sulu deneme alanlarında yürütülmüştür. İki farklı lokasyonda 14 adet kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotipi (Çizelge 1) ot verimi ve ilgili özellikler yönünden değerlendirilmiştir.

**Çizelge 1.** Araştırmada kullanılan kinoa çeşit/popülasyonları ve orijinleri

Çeşit/Popülasyon	Geldiği Yer	Çeşit/Popülasyon	Geldiği Yer
Popülasyon-Beyaz	Peru	Sandoval Mix	İngiltere
Popülasyon-Kırmızı	Peru	Cherry Vanilla	USA
Popülasyon-Çin	Çin	French Vanilla	USA
Popülasyon-Fransa	Fransa	Mint Vanilla	USA
Titicaca	Danimarka	Oro de Valle	USA
Rainbow	USA	Qhaslala Blanca	Peru
Read Head	USA	Moqu-Arochilla	Peru

Tarla denemelerinde 14 adet kinoa genotipi şansa bağlı tam bloklar deneme deseninde 4 tekrarlamalı olarak ekilmiştir. Ekimde 35 cm sıra aralığı ile dekara 250-300 g gelecek şekilde tohum atılmıştır (Tan ve Yöndem, 2013; Geren et al., 2015). Ekimle birlikte dekara 7.5 kg N da<sup>-1</sup> dozunda azotlu gübreleme yapılmış, bitkiler 40-50 cm'ye ulaştığında 5 kg N da<sup>-1</sup> dozunda ilave azot verilmiştir. Fosfor ise tohum yatağı hazırlanırken bir defaya mahsus olmak üzere 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> dozunda uygulanmıştır (Tan ve Yöndem, 2013; Geren, 2015). Parsellerde yabancı otlara karşı çapalama ve koparma şeklinde mekanik mücadele yapılmıştır.

Ot hasatları salkımların olduğu ve çiçeklerin açılmaya başladığı dönemde yapılmıştır (Tan ve Yöndem, 2013). Biçilen bitkiler önce açık havada bir hafta, daha sonra 65 °C'ye ayarlı kurutma fırınında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak kuru madde verimleri belirlenmiştir. Parsellerde ekimden çiçeklerin açılmaya başladığı döneme kadar olan süre çiçeklenme süresi olarak kaydedilmiştir. Hasat öncesi parsellerin orta sıralarından rastgele 10 bitki alınarak, bitki boyu belirlenmiştir. Bu bitkilerde yapraklar ayrılarak tartılmış ve toplam bitki ağırlığına oranlanarak yaprak

oranı bulunmuştur. Her parselden alınan örneklerin azot içeriği (N) Kjeldahl metodu ile tespit edilmiş ve çıkan %N değeri 6.25 katsayısı ile çarpılarak ham protein oranları hesaplanmıştır (AOAC, 1997). Araştırmadan elde edilen veriler şansa bağlı tam bloklar deneme desenine göre MSTAT-C paket programı yardımıyla varyans analize tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testi ile ortaya konulmuştur. Elde edilen veriler iki yıllık ortalama olarak sunulmuştur.

Her iki lokasyonda Doğu Anadolu Bölgesinde yer almasına rağmen birbirinden çok farklı özelliklere sahiptirler. Erzurum deniz seviyesinden 1860 m yükseklikteki konumu ile Doğu Anadolu Bölgesinin en yüksek rakıma sahip ilidir. Yaz ayları nispeten serin ve kısadır. Iğdır ili ise 876 m rakımı ile bölgenin en düşük rakıma sahip ilidir. Doğu Anadolu Bölgesi içerisinde mikroklima özelliğine sahip olan Iğdır'da bitki yetiştirme sezonu uzundur. Yaz ayları sıcak ve kurak olup, buharlaşma yüksektir. Erzurum ve Iğdır lokasyonlarına ait deneme aylarındaki sıcaklık ve yağış değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Erzurum ve Iğdır illerinin uzun yıllar ve 2015-2016 yılları deneme aylarında sıcaklık ve yağış değerleri

Aylar	Sıcaklık (°C)						Yağış (mm)					
	Erzurum			Iğdır			Erzurum			Iğdır		
	UYO	2015	2016	UYO	2015	2016	UYO	2015	2016	UYO	2015	2016
Nisan	5.5	5.3	7.1	13.3	16.4	14.7	51.4	88.6	39.4	34.5	44.1	20.1
Mayıs	10.6	10.6	10.5	17.8	21.3	18.7	70.3	81.5	64.8	47.1	41.5	23.5
Haziran	14.9	17.0	14.8	22.1	28.5	23.0	46.3	28.5	88.6	33.0	27.8	26.9
Temmuz	19.3	21.2	19.0	25.9	31.8	26.2	26.0	5.8	17.8	13.8	2.0	32.0
Top./Ort.	12.6	13.5	12.9	20.0	24.5	20.7	194.0	204.4	210.6	128.4	75.4	102.5

UYO: Uzun yıllar ortalaması (1990-2014)

Araştırmaların yürütüldüğü toprakların tekstür sınıfı her iki lokasyonda da benzer olup killi-tınlıdır. Fakat elektriksel iletkenlik, pH ve CaCO<sub>3</sub> yönünden farklılıklar göstermektedirler. Iğdır lokasyonu toprakları farklı olarak hafif tuzlu, hafif alkalın ve orta kireçli özelliktedir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Kinoa genotiplerinin çiçeklenme dönemine ulaşmalarında herhangi bir sorun olmamış, bütün genotipler her iki lokasyonda da çiçeklenmişlerdir (Çizelge 3). Ancak materyaller arasında önemli farklılıklar görülmüş ve Erzurum şartlarında çiçeklenme

daha çabuk gerçekleşmiştir. Kinoa bazı genotiplerinde değişmekle birlikte kısa gün şartlarında çiçeklenen bir bitkidir. Bu nedenle Erzurum şartlarında geç ekildiği için daha kısa sürede çiçeklenmeye başlamıştır. Erzurum'da Cherry Vanilla, Titicaca ve Moqu Arrochilla çeşitleri daha erken çiçeklenirken, kırmızı renkli popülasyon en son çiçeklenmeye ulaşmıştır. Iğdır'da ise Titicaca en erkenci, popülasyonlar ise geçici bulunmuştur. Christiansen et al. (2010) kinoada çiçeklenme süresinin materyalin kökenine göre değişim gösterdiğini ve Kuzey Avrupa çeşitlerinin erken çiçeklendiklerini, Güney Amerika genotiplerinin ise geçici olduklarını bildirmişlerdir.

Araştırmada lokasyon ortalaması olarak beyaz tohumlu popülasyon en uzun boylu materyal olmuş, Iğdır lokasyonunda bitkiler daha fazla boylanmışlardır (Çizelge 3). Erzurum'da Çin kaynaklı popülasyon, Iğdır'da ise beyaz ve kırmızı renkli tohuma sahip olan popülasyonlar daha uzun boylu olmuşlardır. Geçici özellik gösteren popülasyonlar daha uzun gelişme süresine sahip olan Iğdır şartlarında daha fazla boylanmışlardır. Farklı ekolojik şartlarda farklı genotiplerle çalışan Pulvento et al. (2010) da genotiplerin bitki boylarının farklılıklar gösterdiğini belirlemişlerdir.

**Çizelge 3.** Erzurum ve Iğdır şartlarında kinoa genotiplerinin çiçeklenme süresi ve bitki boyu

Çeşit/Popülasyon	Çiçeklenme Süresi (gün)			Bitki Boyu (cm)		
	Erzurum	Iğdır	Ortalama	Erzurum	Iğdır	Ortalama
Pop.-Beyaz	84	104	94 B	76.4	146.4	111.4 A
Pop.-Kırmızı	89	103	96 A	69.9	149.6	109.7 AB
Pop.-Çin	69	84	76 E	88.0	102.6	95.3 CD
Pop.-Fransa	87	103	95 AB	82.7	118.9	100.8 BC
Titicaca	64	74	69 H	67.0	91.4	79.2 F
Rainbow	65	92	78 D	81.4	109.9	95.6 CD
Read Head	65	82	74 F	81.6	112.3	96.9 CD
Sandoval Mix	65	86	76 E	79.1	102.4	90.7 DE
Cherry Vanilla	63	83	73 F	79.6	108.0	93.8 CD
French Vanilla	65	83	74 F	77.1	112.5	94.8 CD
Mint Vanilla	66	87	76 E	82.6	118.0	100.3 BCD
Oro de Valle	66	86	76 E	79.5	117.4	98.4 CD
Qhaslala Blanca	84	101	92 C	70.0	122.4	96.2 CD
Moqu-Arochilla	64	78	71 G	76.3	90.3	83.3 EF
Ortalama	71 B	89 A	80	77.9 B	114.4 A	96.2
Önemlilik ve LSD Değeri						
Genotip	** (1.5)			** (9.6)		
Lokasyon	** (0.6)			** (3.6)		
G x L	** (2.1)			** (13.5)		

\*\* : P<0.01

Kinoa çeşit veya popülasyonları arasında yaprak oranları önemli farklılık göstermemiştir. Ancak lokasyonlara göre önemli farklılıklar görülmüş, genotip x lokasyon interaksyonu önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Erzurum şartlarında %30.4 olan yaprak oranı Iğdır'da %24.7'ye düşmüştür. Bu sonuç bitkilerin gelişme durumu ile ilgilidir. Iğdır şartlarında daha uzun gelişme süresi bularak daha fazla boylan bitkilerde

yaprak oranları düşük olmuştur. Konu ile ilgili olarak Bertero et al. (2000) kinoada yüksek sıcaklık ve kısa gün şartlarının düşük yaprak oranına neden olduğunu ifade etmişlerdir.

En yüksek yaprak oranı Erzurum şartlarında yetiştirilen Qhaslala Blanca çeşidinde (%33.1), en düşük ise (%21.7) Iğdır şartlarında Red Head çeşidinde bulunmuştur.

**Çizelge 4.** Erzurum ve Iğdır şartlarında bazı kinoa genotiplerinin yaprak ve kuru madde oranları

Çeşit/Popülasyon	Yaprak Oranı (%)			Kuru Madde Oranı (%)		
	Erzurum	Iğdır	Ortalama	Erzurum	Iğdır	Ortalama
Pop.-Beyaz	31.1	25.6	28.3	28.5	33.7	31.1 AB
Pop.-Kırmızı	32.0	23.2	27.6	30.2	32.2	31.2 AB
Pop.-Çin	27.2	25.2	26.2	30.8	32.9	31.8 AB
Pop.-Fransa	28.8	28.5	28.6	29.6	30.3	30.0 BC
Titicaca	26.6	25.3	25.9	32.4	30.3	31.3 AB
Rainbow	32.1	26.9	29.5	27.6	36.9	32.2 AB
Read Head	30.2	21.7	26.0	27.2	38.0	32.6AB
Sandoval Mix	29.7	23.9	26.8	28.2	35.2	31.7 AB
Cherry Vanilla	31.8	22.5	27.1	28.7	35.5	32.1 AB
French Vanilla	29.9	24.2	27.0	26.8	35.4	31.1 AB
Mint Vanilla	32.2	26.5	29.4	27.2	35.6	31.4 AB
Oro de Valle	30.1	24.9	27.5	27.4	35.3	31.3 AB
Qhaslala Blanca	33.1	22.8	28.0	30.3	24.2	27.2 C
Moqu-Arrochilla	30.4	24.9	27.6	29.3	38.4	33.7 A
Ortalama	30.4 A	24.7 B	27.6	28.9 B	33.8 A	31.4
Önemlilik ve LSD Değeri						
Genotip	öd			* (3.2)		
Lokasyon	** (1.4)			** (1.6)		
G x L	** (5.1)			** (5.9)		

öd: önemli değil, \*: P<0.05, \*\*: P<0.01

Erzurum şartlarında bitkilerde kuru madde birikimi daha düşük olmuştur (Çizelge 5). Yapraklılığın fazla, boylanmanın daha az olduğu Erzurum şartlarında French Vanilla çeşidi en düşük kuru madde oranına (%26.8) sahip olmuştur. En yüksek kuru madde oranı ise Iğdır şartlarındaki Moqu Arrcohillla çeşidinde

(%38.4) belirlenmiştir. Kuru madde oranının gelişme dönemlerine bağlı olarak önemli değişim gösterdiğini ifade eden Van Schooten and Pinxterhuis (2003) çeşitler arasında da önemli farklılıklar olduğunu tespit etmişlerdir.

Kinoa otunun ham protein oranı üzerine varyasyon kaynaklarının önemli bir etkisi görülmemiştir (Çizelge 5). Ham protein oranı lokasyonlar arasında %16.70-17.02,

genotipler arasında ise %16.25-17.78 arasında önemsiz değişim göstermiştir.

**Çizelge 5.** Erzurum ve Iğdır şartlarında bazı kinoa genotiplerinin ham protein oranları ve kuru madde verimleri

Çeşit/Popülasyon	Ham Protein Oranı (%)			Kuru Madde Verimi (kg da <sup>-1</sup> )		
	Erzurum	Iğdır	Ortalama	Erzurum	Iğdır	Ortalama
Pop.-Beyaz	16.73	16.36	16.54	566.2	1566.5	1066.3 A
Pop.-Kırmızı	15.98	16.76	16.37	456.7	1498.2	977.4 AB
Pop.-Çin	16.60	17.63	17.12	585.1	1120.2	852.7 BCD
Pop.-Fransa	17.20	18.37	17.78	534.7	649.5	592.1 F
Titicaca	17.47	16.89	17.18	544.9	810.8	677.9 EF
Rainbow	17.21	16.43	16.82	553.1	1189.3	871.2 BC
Read Head	16.17	16.33	16.25	506.5	1317.7	912.0 AB
Sandoval Mix	17.39	18.12	17.75	570.6	1279.8	925.2 AB
Cherry Vanilla	16.45	16.32	16.38	477.1	1358.9	918.0 AB
French Vanilla	15.84	16.92	16.37	469.1	1175.9	822.5 BCD
Mint Vanilla	16.97	16.20	16.59	481.4	1306.7	894.0 B
Oro de Valle	16.03	16.81	16.42	466.9	1197.9	832.4 BCD
Qhaslala Blanca	17.67	16.72	17.20	469.2	907.5	688.3 DEF
Moqu-Arrochilla	16.02	18.55	17.29	481.3	944.5	712.9 DEF
Ortalama	16.70	17.02	16.86	511.6 B	1165.9 A	838.8
Önemlilik ve LSD Değeri						
Genotip	öd			** (169.4)		
Lokasyon	öd			** (64.0)		
G x L	öd			** (239.6)		

öd: önemli değil, \*\*: P<0.01

Iğdır lokasyonu 1165.9 kg da<sup>-1</sup> ortalama kuru madde verimi ile Erzurum lokasyonundan belirgin olarak üstün bulunmuştur (Çizelge 5). Iğdır lokasyonu Erzurum'a göre daha ılıman bir iklime sahiptir (Çizelge 2). Rakım düşük, ilkbahar ayları nispeten daha ılıman seyretmektedir. Bu bölgede bitkiler daha erken ekilmişler ve uzun bir gelişme süresine sahip olmuşlardır. Ayrıca bölge topraklarının hafif tuzlu karakter göstermesi de verimlerin yüksek olmasında etkili olabilir. Çünkü kinoa hafif tuzlu topraklarda

daha iyi performans göstermektedir (Jacobsen, 2003). Erzurum'da ise bitkilerin yeterli gelişme süresi bulamadan generatif döneme geçmeleri büyüme ve gelişmelerini, dolayısıyla kuru madde üretimlerini kısıtlamıştır.

Nitekim Iğdır lokasyonunda bitkilerin daha uzun boylu olması ve kuru madde oranlarının yüksek olması kuru madde verimlerinin yüksek olmasına katkı sağlamıştır. Beyaz ve kırmızı tohumlu popülasyonlar, Red Head, Sandoval Mix ve Cherry Vanilla çeşitleri

ortalama olarak verimi yüksek olan materyallerdir. Iğdır lokasyonunda kırmızı ve beyaz tohumlu popülasyonlar ile Cherry Vanilla çeşidinin en iyi performansı sergilediğini söylemek mümkündür. Buna karşılık Erzurum lokasyonunda en yüksek verim Çin kökenli popülasyonda 585.1 kg da<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Bu bitkinin dünya üzerinde binlerce genotipi mevcuttur (FAO, 2011). Bu materyaller arasında gelişme süresi, rakımı, iklim ve toprak şartları çok farklı olan yerlere uygun çeşitler bulmak mümkündür. Uygun genotiplerin belirlenmesi durumunda başarılı yetiştiriciliklerin yapılması mümkündür.

Kayseri şartlarında çalışan Üke ve ark. (2017) bu bitkide tam çiçeklenme döneminde kuru ot verimini 356 kg da<sup>-1</sup> olarak belirlemişlerdir. Diğer yandan Kaoutar et al. (2017) Fas şartlarında kuru madde veriminin 1520 kg da<sup>-1</sup>'a kadar ulaştığını bildirmişlerdir.

## KAYNAKLAR

- AOAC, 1997. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 16 Th Ed. 3rd Revision. Arlington, VA, USA. 125 p.
- Bertero HD, Kingand RW, Hall AJ, 2000. Photoperiod and temperature effects on the rate of leaf appearance in quinoa (*Chenopodium quinoa*). Australian Journal of Plant Physiology, 27: 349–356.
- Christiansen J, Jacobsen SE, Jørgensen SE, 2010. Photoperiodic effect on flowering and seed development in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Acta Agriculturae Scandinavica Section B Soil and Plant Science, 60: 539–544.
- FAO, 2011. Quinoa: An Ancient Crop to Contribute to World Food Security. FAO Regional Office For Latin America and the Caribbean, [http://www.fao.org/alc/file/media/pubs/2011/cultivo\\_quinoa\\_en.pdf](http://www.fao.org/alc/file/media/pubs/2011/cultivo_quinoa_en.pdf) (Erişim tarihi: 04 Mayıs, 2017)
- Geren H, 2015. Effects of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Mediterranean climatic conditions. Turkish Journal of Field Crops, 20(1): 59–64.
- Geren H, Kavut YT, Altınbaş M, 2015. Effect of different row spacings on the grain yield and some yield characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Bornova ecological conditions. Journal of Ege University Faculty of Agriculture, 52(1): 69-78.
- Jacobsen SE, 2003. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Rev Int., 19(1-2): 167–177.
- Kakabouki I, Bilalis D, Karkanis A, Zervas G, Tsiplakou E, Hela D, 2014. Effects of fertilization and tillage system on growth and crude protein content of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An alternative forage crop. Emir. J. Food Agric., 2014. 26(1): 18–24.

## SONUÇ

Araştırmadan elde edilen sonuçlar kinoanın Erzurum'da çok iyi performans göstermediğini ortaya koymuştur. Nispeten serin ve kısa gelişme sezonuna sahip bu bölgede ot kalitesi daha iyi olan fiğ gibi türlerden de yaklaşık olarak 500 kg da<sup>-1</sup> kuru madde verimi almak mümkündür. Ancak kinoanın Iğdır şartlarında kaba yem üretimi için alternatif bir tür olabileceği söylenebilir. Fiğ ve mısır gibi türlerin verimli olamadıkları tuzlu topraklarda bu bitki tercih edilebilir. Bu lokasyonda beyaz ve kırmızı tohumlu popülasyonlar ile Cherry Vanilla çeşidi önerilebilir.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir, Proje No: TOVAG-2140232

- Kaoutar F, Abdelaziz H, Ouafae B, Redouane C, Ragab R, 2017. Yield and dry matter simulation using the saltmed model for five quinoa (*Chenopodium quinoa*) accessions under deficit irrigation in South Morocco. Irrigation and Drainage, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ird.2116/epdf>
- Pulvento C, Riccardi M, Lavini A, d'Andria R, Iafelice G, Marconi E, 2010. Field trial evaluation of two *chenopodium quinoa* genotypes grown under rain-fed conditions in a typical Mediterranean environment in South Italy. Journal of Agronomy and Crop Science, 196(6): 407–411.
- Tan, M, Yöndem Z, 2013. İnsan ve hayvan beslenmesinde yeni bir bitki: Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Alınteri, 25: 62–66.
- Üke Ö, Kale H, Kaplan M, Kamalak A, 2017. Olgunlaşma döneminin kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)'da ot verimi ve kalitesi ile gaz ve metan üretimine etkisi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 20(1): 42–46.
- Van Schooten HA, Pinxterhuis JB, 2003. Quinoa as an alternative forage crop in organic dairy farming. Optimal Forage Systems for Animal Production and the Environment Grassland Science in Europe, 26-28 May 2003, Pleven, Bulgaria, Vol: 8, p: 445–448.





## Effects of Different Sowing Design on Forage Yield and Yield Component of Sorghum and Soybean Mixtures

Serap KIZIL AYDEMİR<sup>1</sup>, Mustafa KIZILŞİMŞEK<sup>2</sup>, Kutalmış TURHAL<sup>3</sup>

**ABSTRACT:** This research was conducted to determine the effects of different mixed cropping patterns sorghum with soybean on agronomic characters and forage yield in Bilecik, Turkey, 2015 growing season. Three mixed cropping patterns in alternate rows and pure stands for individual crops were designed field trials were arranged in complete randomized blocks with three replications. As a result of the study, sorghum was clearly determined as dominant crop for producing high yield. Therefore decreasing sorghum plant density in mixture reduced the total yield. But, soybean presence in forage improved the protein content of forage. Moreover, 33% soybean rate in mixed crop produced high total CP yield as much as sole sorghum promising an expectation in enhancing animal performance due to slight decreases in NDF and ADF contents compared to pure sorghum.

**Keywords:** Quality, mixed cropping, sorghum, soybean, yield

## Farklı Sıralara Ekilen Sorghum ve Soya Bitkisinde Ekim Oranlarının Bazı Bitkisel Özelliklere Yem Verime ve Kalitesine Etkileri

**ÖZET:** Bu araştırma, Bilecik'te 2015 yetiştirme mevsiminde, sorgumun soya fasulyesi ile birlikte ekim sisteminde tarımsal özellikleri, yeşil ot verimi ve kalite üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmalar, alternatif sıralar halinde üç farklı birlikte ekim sistemi ve saf ekimler şeklinde üç tekerrürlü olarak planlandı. Araştırma sonucunda, sorgum, yüksek verim üretmek için açıkça baskın olarak belirlendi. Bu sebeple arazideki sorgum bitki tohumlama oranının düşürülmesi toplam verimde azalmaya neden olmuştur. Ancak, yemlerde bulunan soya fasulyesinin varlığı yemlerin protein içeriklerinde belirgin bir artışa neden olmuştur. Buna ilaveten ara ürünlerdeki % 33 soya oranı, saf sorgum ile karşılaştırıldığında NDF ve ADF içeriğindeki hafif azalmalara bağlı olarak hayvansal performansı arttırma konusunda bir umut vaad eden bir ekim sistemi olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Birlikte ekim, kalite, sorgum, soya, verim

<sup>1</sup> Serap KIZIL AYDEMİR<sup>1</sup> (0000-00030291-8598), Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik, Türkiye

<sup>2</sup> Mustafa KIZILŞİMŞEK (0000-0002-6563-4077), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>3</sup> Kutalmış TURHAL (0000-0002-5347-8513), Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Biyosistem Bölümü, Bilecik, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Serap KIZIL AYDEMİR, serap.kizil@bilecik.edu.tr

## INTRODUCTION

The main problem in livestock industry in Turkey is lack of quality forage production in agricultural systems due to rapidly increasing feed demand. Cereal forage crops such as corn, oat, triticale and sorghum are high yielded crops, and rich in carbohydrate and palatable for livestock while legume plants such as cowpea, bean and soybean are relatively low yielded ones but rich in protein content. Because *Rhizobial* bacteria fixes atmospheric nitrogen and also improves soil fertility Ibrahim et al. (2014); Kavut et al. (2014). Most legume plants meet their own N requirements and eventually help in meeting N needs of cereals partially under mixed cropping designs Ibrar et al. (2002). Sorghum is an important silage crop and has an increasing popularity because of requiring relatively less water than corn for per unit dry matter production Bean et al. (2013). Additionally, dairy or beef cattle fed with sorghum silage showed equal performance with those fed with corn silage (Aydın et al., 1999; Oliver et al., 2004). Soybean is a legume plant and creating some difficulties in silage making through its high protein and fat content. But, it is relatively high yielded crop, compared to other warm season legumes.

Mixed cropping cereals with legumes, which is one of the most common practices in the tropics, leads to decrease in nitrogen requirement, limits insect and pest attack, improves soil fertility and enhances forage quality. Mixed cropping practices have been important part of sustainable agricultural systems and good agricultural practices thanks to its characteristics mentioned above. This cropping method also improves resource utilization and environmental factors Telleng et al. (2016) as well as land use efficiency. Moradi et al. (2014) emphasized that the main aim of mixed cropping is to produce higher forage yield per unit land area by optimizing environmental resources much more efficient than growing individual plants in monocrop systems. This study aimed to reports the sowing design effects of sorghum and soybean mixtures as forage on vegetative plant characteristics yield and feed quality as well as the land use efficiency.

## MATERIAL AND METHODS

This research was carried out at experimental station of faculty of Agriculture and Natural Sciences, Bilecik Şeyh Edebali University during 2015 growing season. The monthly average temperature values of the region were 17.4, 23.2, 24.3 and 22.4 °C for June, July, August and September, respectively, which are slightly higher than that of long term values. The total rainfall in growing period was measured as 106.1 mm that is higher than that of total 63.3 mm for long term average. The experimental soil is sandy, slightly alkaline and medium in salt and lime, poor in organic matter, phosphorus and potassium content.

Sorghum cultivar “Teide” and soybean cultivar “Yesilsoy” as plant material were sown in pure stands for individual plants and in three different sowing density (67%, 50% and 33% plant density of pure sorghum or soybean) patterns in alternate rows. Experimental treatments for pure stands and mixed cropping patterns were arranged as i-Pure Sorghum (PSR), ii- Pure Soybean (PSB), iii- 67% Sorghum +33% Soybean (2SR+1SB; 2 rows sorghum and 1 row soybean), iv- 50% Sorghum +50% Soybean (1SR+1SB; 1 row sorghum and 1 row soybean) and v-33% Sorghum +67% Soybean (1SR+2SB; 1 row sorghum and 2 rows soybean). Sowing densities were 45x15 cm for sorghum and 45x4 cm for soybean as pure stands. The plot size was 2.7x5 m contained 6 rows. Diammonium phosphate was applied at the rate of 50 kg ha<sup>-1</sup> to all plots at planting and no additional fertilizer was applied till the harvest. Plants were irrigated 5 times and other crop maintenance practices during the growing season were applied when needed. At the harvest time, 3 rows of sorghum or soybean in total were separately harvested as truly representing the cropping pattern. Vegetative plant parts rate were calculated the weight of plant parts to whole plant weight of 5 randomly sample plants. Dry matter (DM) rate were determined by weighting the samples dries in forced oven at 78°C for 48 hours. Neutral detergent fiber (NDF) and Acid detergent fiber (ADF) were determined by fiber analysis device (ANKOM Technology Corp., Fairport, NY, USA) Anonymous (2005) while crude protein (CP) content determined by Kjeldahl method AOAC (1990). The land equivalent ratio (LER), explained as the relative land area required for sole crop to obtain the

same yield achieved in intercropping Mead and Willey (1980) was calculated by using both DM and CP yield data. The experiment was arranged as a randomized block design with three replicates. Data were subjected to variance analysis using MSTAT statistical software (MSTAT Office, Michigan State Univ., MI) and significant differences were indicated by using Least Significant Differences (LSD) values when  $p < 0.05\%$ .

## RESULT AND DISCUSSION

Plant height of sorghum was significantly decreased in mixed cropping systems compared to its pure crop, contrary to higher plant height of soybean in 1SR+1SB and 1SR+2SB mixed cropping patterns, which are higher soybean density compared to 2SR+1SB systems (Table 1). When sorghum data were considered, it can

be concluded that the intra-species competition was occurred when high sorghum plant was grown in regular plant density contrary to intra-species competition besides inter-species competition of soybean in mixture (Kızılışımşek and Erol 2000). Akhtar et al. (2013) indicated that the maximum plant height of sorghum was achieved in sole crop compared to mixture with cluster bean or cowpea. Ahmad et al. (2007) also emphasized significant differences in plant height of sorghum in sole crop than that of mixed cropping systems. Hence, soybean plant height in 2SR+1SB application in which soybean sowing rate was the lowest one, soybean plant height was decreased significantly compared to other sowing design (Table 1) due to superior competition ability of sorghum crop. Leaf ratio of both component crops in mixture was increased causing in increases in especially sorghum CP content.

**Table1.** Plant height and plant parts rate of sorghum and soybean in mixed cropping systems.

Cropping Patterns	Sorghum			Soybean			
	Plant Height (cm)	Leaf Rate (%)	Stem Rate (%)	Plant Height (cm)	Leaf Rate (%)	Stem Rate (%)	Pod Rate (%)
PSR	206 a	20.9 b	79.1 a				
2SR+1SB	173.2 bc	24.4 a	75.6 b	103.9 c	25.4 a	47.5 a	27.1 c
1SR+1SB	192.3 ab	23.7 ab	76.3 ab	125.4 a	24.9 a	44.3 ab	30.7 bc
1SR+2SB	166.8 c	24.7 a	75.3 b	124.1 a	23.3 b	43.7 bc	33.0 ab
PSB				112.1 b	24.8 ab	40.9 c	34.2 a
Means	184.6	23.4	76.6	116.4	24.6	44.1	31.3
LSD	66.154*	4.231*	4.195*	29.761	3.592	5.230	5.452
C.V. (%)	17.94	9.04	2.74	12.80	7.30	5.93	8.73

\*: $P \leq 0.05$  \*\*:  $P \leq 0.01$

The fresh forage yields of both component crops were significantly decreased under mixed growing condition depending on their plant density and cropping design. This reduction in yield performance was more dramatic for soybean than that of sorghum because of its weaker competitive ability compared to sorghum. Accordingly, the DM yields of both mixture plants were also significantly decreased when mixture as it was expected. Sorghum is known as dominant component of

mixture with respect to yield. Sole sorghum produced significantly higher DM yield than sorghum grown in mixture (Table 2) in which its density is decreased at sowing. It is inevitable that a yield decrease could occur when the plant density is decreased as mentioned by many authors Ahmad et al. (2007); Prasad and Brook (2005); Khot et al. (1992); Tansı (1987). The mixed cropping system in which sorghum plant density was the lowest (1SR+2SB) yielded less of 56.2% of sole

sorghum while soybean in mixed cropping system in which soybean plant density was the lowest yielded less of 69.4% of sole soybean. Explained was clear that sorghum in mixed cropping system is the dominant

crop in yielded more and soybean was negatively affected by mixed cropping systems much more than that of sorghum.

**Table 2.** Fresh forage yield and DM yield of individual crops in sorghum and soybean mixed cropping systems

Cropping Patterns	Sorghum		Soybean	
	Forage Yield (kg da <sup>-1</sup> )	DM Yield (kg da <sup>-1</sup> )	Herbage Yield (kg da <sup>-1</sup> )	DM Yield (kg da <sup>-1</sup> )
PSR	10560 a	3936.0 a		
2SR+1SB	7604.0 b	2912.0 b	637.8 b	221.2 b
1SR+1SB	5753.0 c	2079.0 c	895.5 b	305.1 b
1SR+2SB	4360.0 c	1706.0 d	585.1 b	203.5 b
PSB	-----	-----	2153.0 a	644.9 a
Means	7069.3	2658.1	1067.95	343.7
LSD	1398.0**	258.1**	468.5 **	196.1**
C.V. (%)	6.53	7.79	14.49	18.85

\*:P≤0.05 \*\*: P≤0.01

Forage quality characters were significantly affected by mixed cropping patterns. NDF and ADF contents of sorghum grown in mixture were significantly decreased while CP content was significantly increased resulting in enhancement in forage quality. The CP yield of pure sorghum plant was higher than that of sorghum grown in mixture dependently the DM yields of sorghum in planting patterns. However ADF content of soybean in mixed crop systems was generally decreased

significantly compared to sole soybean crop. When CP content of soybean taken into consider, the values were decreased parallel to decreasing plant density of soybean in mixture. When considering total DM yield of sole or mixed cropping systems, the highest DM yield was obtained from sole crop sorghum and total DM yield decreased by decreasing plant density of sorghum in mixed cropping systems. Sole soybean patterns gave the lowest DM yield.

**Table 3.** Forage quality components of sorghum and soybean in mixed cropping systems.

Cropping Patterns	Sorghum				Soybean			
	ADF (%)	NDF (%)	CP (%)	CP Yield (kg da <sup>-1</sup> )	ADF (%)	NDF (%)	CP (%)	CP Yield (kg da <sup>-1</sup> )
PSR	34.2 a	55.9 a	10.90 b	429.14 a				
2SR+1SB	33.3 ab	54.6 ab	12.17 a	354.42 b	29.8 a	47.4 a	31.13 c	68.84 b
1SR+1SB	31.7 bc	52.8 bc	11.20 b	232.64 c	29.6 a	46.3 ab	31.83 bc	97.13 b
1SR+2SB	31.5 c	51.6 c	12.77 a	217.43 c	29.1 ab	45.5 b	33.17 a	67.51 b
PSB	-----	-----	-----	-----	28.8 b	45.9 ab	32.80 ab	211.21 a
Means	32.7	53.8	11.76	308.41	29.3	46.3	32.23	111.17
LSD	1.641*	1.648**	0.635**	72.67**	1.412*	1.435*	1.081*	57.35**
C.V. (%)	2.41	1.53	1.79	7.78	2.51	1.55	1.68	17.04

\*:P≤0.05 \*\*: P≤0.01

The differences of crop productivity between individual crops used in this experiment was so huge that sole sorghum produced 6.1 times much more DM than sole soybean (Table 4). As a result of that situation, sorghum plant density is so important than that of soybean in order to produce satisfactory DM production. Decreasing plant density of any individual crops in mixtures of small seed cereals such as wheat, barley and oat with some legumes such as vetch, whose DM yield is near to each other, had not significant

effects on DM yield many times due to increasing plant density of the other component crop. However, if one of the crops in mixture was a dominant species, like sorghum in this experiment, in determining the yield, extreme reduction in plant density of dominant crop was not recommended due to DM yield loss. Even though DM yield is decreased dramatically in all mixed cropping systems, CP yield in 2SR+1SB, in which 67% of sorghum plant density compared to sole sorghum was used, was not decreased significantly (Table 4).

**Table 4.** Total DM and CP yield and LER values calculated by DM and CP base in sole or mixed crop of sorghum with soybean

Cropping Patterns	Total DM Yield (kg da <sup>-1</sup> )	LER DM Base	Total CP Yield (kg/da)	LER CP Base
PSR	3936.0 a	1.00 a	429.1 a	1.00 b
2SR+1SB	3133.0 b	1.09 a	423.3 a	1.16 a
1SR+1SB	2384.0 c	1.01 a	329.8 b	1.01 ab
1SR+2SB	1909.0 c	0.75 b	284.9 b	0.83 c
PSB	644.9 d	1.00 a	211.2 c	1.00 b
Means	2401.38	0.97	335.66	0.99
LSD	511.7**	0.150**	72.40**	0.150**
C.V. (%)	7.78	6.05	7.87	5.81

\*:P≤0.05 \*\*: P≤0.01 w

This data showed us that a far amount of soybean could be grown with sorghum as mixed crop by making a small reduction in sorghum plant density. The LER values calculated by both DM and CP base showed that

the land used 9% and 16%, respectively, much more efficient in 2SR+1SB intercropping system than sole crop growing system.

## CONCLUSION

Mixed cropping sorghum and soybean has some advantages in terms of feed quality and especially LER in many cases. Sole sorghum crops DM production capacity is so much higher than that of sole soybean. Therefore, it is recommended that at least 67% of

sorghum plant density of sole sorghum should be kept in mixed cropping systems in order to obtain a satisfactory DM and CP yield as well as enhancing feed quality. However, further researches are needed with respect investigate year effects and the other cultural practices.

## REFERENCES

- Ahmad A, Ahmad R, Mahmud N, Tanver A, 2007. Performance of forage sorghum intercropped with forage legumes under different planting patterns. *Pak. J. Bot.*, 39:431–439.
- Akhtar MF, Ahmad A, Ibni Zamir M S, Khalid F, Mohsin A U, Azfal M, 2013. Agro-qualitative studies on forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) sown alone and in mixture with forage legumes. *Pakistan J. Sci.*, 65 (2): 179-185.
- Anonymous 2005. The Ankom 200 Fiber Analyzer, Procedures for NDF, ADF and ADL analyses. ANKOM, Fairport, NY. <http://www.ankom.com> (Erişim tarihi: 10 Ekim, 2016).
- AOAC (1990). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 15th ed. Arlington, VA, USA.
- Aydin G, Grant R J, O'Rear J, 1999. Brown midrib sorghum in diets for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 82: 2127–2135.
- Bean B W, Baumhardt R L, McCollum FT, McCuistion KC, 2013. Comparison of sorghum classes for grain and forage yield and forage nutritive value. *Field Crops Research*, 142: 20–26.
- Ibrahim M, Ayub M, Maqbool MM, Nadeem SM, Haq T, Hussein S, Ali A, Lauriault L M, 2014. Forage yield components of irrigated maize-legume mixtures at varied seed ratios. *Field Crops Research*, 169: 140-144.
- Ibrar R, Shahbaz A, Malik MA, 2002. Sunflower-summer legumes intercropping systems under rainfed conditions. Yield and yield components. *Pak. J. Agric. Res.*, 17: 231-236.
- Kavut YT, Geren H, Soya H, Avcioğlu R, Kır B, 2014. Karışım oranı ve hasat zamanlarının bazı yıllık baklagil yem bitkileri ile İtalyan Çimi karışımlarının kışlık ara ürün performansına etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 51 (3):279-288.
- Khot RB, Desale JS, Pisal, AA, Patil, SK, 1992. Assessment of forage production potential of maize (*Zea mays*) with forage legumes in various planting systems. *Ind. J. Agron* 37: 343–345.
- Kızılımşek M, Erol A, 2000. Yem bitkilerini karışım olarak yetiştirmelerde alan eşdeğerlik oranı, türler arası rekabet ve besin sağlama indeksi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(1):14-22.
- Mead R, Willey R.W, 1980: The concept of land equivalent ratios and advantages in yields from intercropping. *Exp. Agric.* 16: 117–122.
- Moradi HM, Noori A, Sobkhizi M, Fahramand, Rigi K, 2014. Effect of intercropping in agronomy. *J. Nov. Appl. Sci.*, 3:315-320.
- Oliver AL, Grant RJ, Pedersen JF, O'Rear J, 2004. Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 87: 637–644.
- Prasad RB, Brook RM, 2005. Effect of varying maize densities on intercropped maize and soybean in Nepal. *Exp. Agric.*, 41: 365–382.
- Tansı V, 1987. Çukurova bölgesinde mısır ve soyanın ikinci ürün olarak değişik ekim sistemlerinde birlikte yetiştirilmesinin tane ve hasıl yem verimine etkisi üzerinde araştırmalar. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Telleng M, Wiryawan KG, Karti PDMH, Permana IG, Abdullah L, 2014. Forage production and nutrient composition of different sorghum varieties cultivated with indigofera in intercropping system. *Media Peternakan*, 39(3): 203-209.

## Protective Role of Putrescine against Picloram Induced Genomic Instability and DNA Methylation in *Phaseolus vulgaris*

Mahmut Sinan TAŞPINAR<sup>1</sup>, Esra ARSLAN<sup>2</sup>, Murat AYDIN<sup>1</sup>, Burcu SIĞMAZ<sup>2</sup>, Güleray AĞAR<sup>2</sup>

**ABSTRACT:** Picloram (4-amino-3-5-6-trichloropicolinic acid) is an important synthetic auxin and it is one of the most widely used herbicides in agriculture. The use of picloram is representing a potential hazardous to ecosystems and the human health. Putrescine is a kind of polyamine which has a role in plant metabolism such as protecting membrane stability, removing free radicals and nucleic acid and protein synthesis, etc. In this study, DNA damage levels in *Phaseolus vulgaris* treated with picloram, DNA methylation changes and whether putrescine was any alleviative impact on these alterations were investigated. DNA methylation pattern changes and DNA damage levels were determined by using Randomly Amplified Polymorphic DNA (RAPDs) and Coupled Restriction Enzyme Digestion-Random Amplification (CRED-RAs). The obtained results indicated that all doses of picloram (5, 10, 20 and 40 mg L<sup>-1</sup>) had a negative effect on RAPDs profile changes (increased DNA damage levels) and decreased of Genomic Template Stability (GTS) and also DNA hypomethylation was seen. However, all concentrations of putrescine (0.01, 0.1 and 1 ppm) reduced these harmful effects of picloram. Consequently, putrescine can be an alternative for reducing genotoxic damage against chemical mutagens in plants.

**Keywords:** DNA methylation, genomic instability, picloram, putrescine

## *Phaseolus vulgaris*'te Genomik Kararsızlık ve DNA Metilasyonunu İndükleyen Piklorama karşı Putresinin Koruyucu Rolü

**ÖZET:** Pikloram (4-amino-3-5-6-trikloropikolinik asit) önemli bir sentetik oksin olup, tarımda en çok kullanılan herbisitlerden biridir. Pikloram kullanımı, ekosistem ve insan sağlığı için potansiyel bir tehlike oluşturmaktadır. Bir poliamin çeşidi olan putresinin bitki metabolizmasında; membran stabilitesinin korunması, serbest radikallerin uzaklaştırılması ve nükleik asit ve protein sentezi gibi rolü vardır. Bu çalışma, pikloram uygulanan *Phaseolus vulgaris*' teki DNA hasar düzeyleri ve DNA metilasyon değişiklikleri ile putresinin bu değişimler üzerinde koruyucu etkisinin olup olmadığının belirlenmesini amaçlamıştır. DNA hasar düzeylerini ve DNA metilasyon değişimlerini belirlemek için Rastgele Çoğaltılmış Polimorfik DNA (RAPD) ve Çift Restriksiyon Enzim Kesimi-Rastgele Çoğaltım (CRED-RA) kullanılmıştır. Sonuçlar, tüm pikloram dozlarının (5, 10, 20 ve 40 mg L<sup>-1</sup>) RAPD profil değişikliklerini (DNA hasarının) artırdığını ve Genomik Kararlılık Stabilitesini (GTS) azalttığını ve ayrıca DNA hipometilasyonunun oluştuğunu göstermiştir. Bununla birlikte, kullanılan tüm putresin konsantrasyonları (0.01, 0.1 ve 1 ppm) pikloramın bu zararlı etkilerini azaltmıştır. Sonuç olarak, putresin, bitkilerdeki kimyasal mutajenlere karşı genotoksik hasarı azaltmak için bir alternatif olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** DNA metilasyonu, genomik kararsızlık, pikloram, putresin

<sup>1</sup> Mahmut Sinan TAŞPINAR (0000-0001-6399-2703), Murat AYDIN (0000-0003-1091-0609), Atatürk Üniversitesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup> Esra ARSLAN(0000-0002-9062-6896), Güleray AĞAR(0000-0002-8445-5082), Burcu SIĞMAZ(0000-0001-7411-9440), Atatürk Üniversitesi Biyoloji Bölümü, Erzurum, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Murat AYDIN,maydin@atauni.edu.tr

## INTRODUCTION

Picloram is an important synthetic auxin that was used often as a supplement in plant cell culture media such as Murashige and Skoog's (MS) in the plant research laboratories. It was also used to prevent unwanted and invasive broadleaf weeds present in fields. However, picloram is highly toxic to many non-target plants that were grown nearby plants through the roots in soil. Moreover, irrigation water is polluted with picloram application into rangeland, pastures and forests and may be hazardous to endangered plants. Studies indicated that picloram caused increasing viscosity of the cytoplasm in leaf tissue and in stamen hairs, necrosis, destroying of nuclear structure, mitosis decreasing, micronucleus increasing, pink mutation and chromosomal aberration in higher plants (Mohammed and Ma, 1999; Olea-Popelka et al., 2005). It was determined to be a teratogen, carcinogen, potent mutagen and also reproductive effects in several species of experimental animals were identified (Oakes et al., 2002). Recently, several studies have demonstrated that the some herbicides such as 2,4-dichlorophenoxyacetic acid lead to alteration of gene expression levels of some genes through DNA methylation (Lejzak-Levanic et al., 2004). Temel and Gozukirmizi (2013) reported that dicamba caused increasing in cytosine methylation and changed in retro element movements in barley callus culture. Plants may be followed different ways in order to protect from stress; resistance, tolerance and avoidance. These strategies effect somatic growth (Sung and Amasino, 2004), heritable, modifications of gene expression known as epigenetic and abscisic acid (ABA), salicylic acid and polyamine levels (Grativol et al., 2012). Especially, polyamines such as putrescine, spermidine, spermine may establish a correlation with proteins, nucleic acids, membrane phospholipids and cell wall constituents. Numerous studies claim that polyamines bound to guard DNA from enzymatic degradation, mechanical shearing and X-ray irradiation and also stabilize RNA to counteract of ribosomal dispersion (Miyamoto et al., 1993; Ruiz-Herrera et al., 1995). Additionally, some researchers also suggested that polyamines have ability to protect replicating DNA from oxidative damages (Khan et al., 1992; Miyamoto et al., 1993; D'Agustino et al., 2005). It was first reported that polyamines had the role of selective inhibition cytosine- DNA methylases by prevent both the binding and activity of these enzymes (Ruiz-Herrera

et al., 1995). Although we have a lot of knowledge about the effects of picloram on non-target organisms, there is no report shown the effect of picloram on DNA methylation and DNA damage (by using the RAPD technique). Thus, the goal of this study was to explain DNA methylation changes and genotoxic potential of the picloram on bean seedlings and discuss if putrescine has any effect on these parameters.

## MATERIAL AND METHOD

### Plant Growth and Treatment Conditions

*Phaseolus vulgaris* L. cv. Elkoca seeds were obtained from Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, Atatürk University, Erzurum, Turkey. Firstly, sterilization was made with in 0.5% sodium hypochlorite (NaOCl) solution for 10 min, after sterile water was used for rinse the seeds. 25 seeds were put in each plastic box which included two layers of filter paper moistened with 25 ml distilled water.  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  and dark conditions were provided until primary roots were grown at 0.5-1 cm length. Then, different concentrations of picloram (5, 10, 20 and 40 mg L<sup>-1</sup>) and putrescine (0.01, 0.1 and 1 ppm) solutions were exposed to bean seedlings for 8 h (Zeid and Shedeed, 2006). Treated seedlings were grown in pots of a peat/soil mix (5 plants/pot) at  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  with a 16 h photoperiod of 60  $\mu\text{mol photons/m}^2\text{s}$  provided by white fluorescent lamp, at a relative humidity of 70–75% in a growth chamber (Sanyo Model, MIR 253, Sanyo Electric Biomedical Co. Ltd., Japan). 3 replicates were made. Bulk leaves were randomly collected from ten plants for each treatment after emergence of leaf 3 (leaves numbered from base) and immediately taken in  $-80^\circ\text{C}$ .

### Genomic DNA Isolation, RAPDs and CRED-RA Procedures and PCR Methods

CTAB method (Taspinar et al., 2009) was used for genomic DNA (gDNA) isolation. RAPD-PCR was used for determining the genetic damage. 32 RAPD primers (Operon Technologies Inc., Alameda, CA, USA) were tested with bulked DNA of control treatment (0 mg L<sup>-1</sup> picloram + 0 ppm putrescine). Only 14 primers were used in RAPD-PCR reactions due to amplified polymorphic amplicons and 8 primers were selected for CRED-RA PCR reactions according to have most polymorphic bands from RAPD primers (Table 1).



**Table 1.** The primer sequences used for RAPD and CRED-RA analysis

Primer Name	Sequence (5'-3')
OPW-20	TGTGGCAGCA
OPA-4	AATCGGGCTG
OPW-13	CACAGCGACA
OPA-1	CAGGCCCTTC
OPH-18	GAATCGGCCA
OPH-19	CTGACCAGCC
OPY-8	AGGCAGAGCA
OPW-17	GTCCTGGGTT
OPY-11	AGACGATGGG
OPY-13	GGGTCTCGGT
OPY-15	AGTCGCCCTT
OPW-4	CAGAAGCGGA
OPY-16	GGGCCAATGT
OPH-16	TCTCAGCTGG

RAPD-PCR reaction mix contents and conditions were given in Table 2.

**Table 2.** PCR reaction mix contents and conditions

PCR Reaction Mix Contents	
PCR buffer	1X
MgCl <sub>2</sub>	2.5 mM
dNTP	400 μM
gDNA	50 ng
Primer	10 pmol
Taq DNA polymerase	1 U
Total volume of each sample	20 μL
PCR Conditions	
<b>RAPD:</b> 1 cycle at 95°C for 5 min, 42 cycles of (94°C for 1 min, 36°C for 1 min and 72°C for 2 min), 1 cycle at 72°C for 15 min	
<b>CRED-RA:</b> 1 cycle at 95°C for 5 min, 38 cycles of (94°C for 1 min, 36°C for 1 min and 72°C for 2 min), 1 cycle at 72°C for 15 min.	

There is a significant difference in CRED-RA-PCR reaction mix that gDNA samples from each treatment were separately digested with *HpaII* (New England Biolabs, Beijing, China, #R0171) and *MspI* (New England Biolabs, Beijing, China, #R0106)

endonucleases according to manufacturers's instructions (which cut the sequence 5'-C/CGG-3' with different sensitivity to cytosine methylation; *MspI* cuts if the inner C is methylated, whereas *HpaII* cannot cleave in the presence of methyl groups). So, 50 ng digested

DNA (for each endonuclease) samples were added in PCR mix instead of non-digested gDNA.

### Electrophoresis

RAPDs and CRED-RAs amplification products were resolved on 1% agarose gel (0.5X TBE buffer, 80 V for 150 min). Gels dyed with ethidium bromide displayed under UV light and photographed by gel visualization system (DNR MiniBis 16mm pro). DNA ladder (50-10 000 bp, Sigma-D7058) was used for estimation of the sizes of fragments.

### Analysis

Total Lab TL120 computer software was used for evaluating of RAPD patterns. Genomic Template Stability (GTS, %) was calculated as follows:  $GTS = 100 - (100 \times a/n)$ . The average number of polymorphisms (%) was calculated for each dose to realize CRED-RA analysis. To calculate the number of polymorphisms (%), the following formula was used  $100 \times a/n$  (Yildirim et al., 2014).

## RESULTS AND DISCUSSION

Picloram is an important synthetic auxin and is used in agriculture as a herbicide to control a wide range of agricultural and horticultural crops with many annual weeds and broad-leaved weeds. Picloram is highly toxic to many non-target plants. Furthermore, irrigation water contaminated with picloram can damage or kill crop plants. In fact, picloram applied to pastures, rangeland, or forests may be hazardous to endangered plants. This study evaluated the genotoxic effects of picloram by using RAPD technique. In RAPD analysis, a set of 32 different synthetic oligonucleotids were tested with control DNA sample and 14 out of these were resulted specific and stable DNA profiles in *Phaseolus vulgaris* genome. The treated plant samples (picloram and/or putrescine) showed significant differences according to the untreated samples. These differences were showed as variation in band intensity, loss of normal bands or appearance of new polymorphic bands. Each

primer produced a band gap of 3-9 with an average of 4.85 bands per primer. According to the obtained results; amplified bands were ranged from 322 (OPA-4) to 3205 (OPY-16). The molecular sizes of bands that gained or lost among the control and treatment groups were given in Table 3. Changes in RAPD profiles were measured as GTS (a qualitative measurement reflects changes in RAPD patterns) as regards the pattern showed in the control treatment. Increased picloram concentration caused decreasing GTS value. The highest GTS value (60.9%) was observed in 5 mg L<sup>-1</sup> picloram treatment, while the lowest GTS value that shown harmful effects of picloram (46.6%) was observed in 40 mg L<sup>-1</sup> picloram treatment. However, increased putrescine concentration caused increasing GTS value in picloram exposed plants.

The high level putrescine dose (1 ppm) was found to be the best dose for GTS (87.5%) in both picloram treated and putrescine untreated plants. Our conclusions are consistent with the previously demonstrated genotoxic effect of picloram with various mutagenens tests in plants (Mohammed and Ma, 1999; Salvi et al., 2001; Correia et al., 2011). Sawamura and Jackson, (1968) have reported that picloram decreased the rate of cytoplasm streaming in stamen hairs of *Tradescantia*, while Brownian movement increased and numerous and size of chloroplasts affected in *Vicia* leaf.

Although the DNA damage mechanism of picloram is not illuminated yet, previous researches indicated that acidic herbicides such as 2,4-D can stimulate the release of free radicals, including reactive oxygen species with oxidative DNA damage (Balague et al., 2001; Duchnowicz and Koter, 2003). Moreover, there is no study on the role of picloram on DNA methylation changes in putrescine-exposed plants. In our previous study, we determined the effect of picloram on DNA methylation in somaclonal variation conditions (Aydin et al., 2016). This paper aims indicating DNA methylation changes that emerged picloram and putrescine interactions in bean. The obtained results demonsrated that picloram caused DNA hypomethylation.

**Table 3.** Molecular sizes (bp) of bands (+: appearance / -: disappearance) and the average GTS values in RAPD profiles

Primers	C	0 ppm putrescine					1 ppm putrescine					0.1 ppm putrescine					0.01 ppm putrescine				
		5mg L <sup>-1</sup> pic	10mg L <sup>-1</sup> pic	20mg L <sup>-1</sup> pic	40mg L <sup>-1</sup> pic	0mg L <sup>-1</sup> pic	5mg L <sup>-1</sup> pic	10mg L <sup>-1</sup> pic	20mg L <sup>-1</sup> pic	40mg L <sup>-1</sup> pic	0mg L <sup>-1</sup> pic	5mg L <sup>-1</sup> pic	10mg L <sup>-1</sup> pic	20mg L <sup>-1</sup> pic	40mg L <sup>-1</sup> pic	0mg L <sup>-1</sup> pic	5mg L <sup>-1</sup> pic	10mg L <sup>-1</sup> pic	20mg L <sup>-1</sup> pic	40mg L <sup>-1</sup> pic	
<b>OPW-20</b>	5	-	2204	2204	2204	-	2204	2204	2204	-	-	-	2204	2204	-	-	2204	2204	2204	2204	
		+	2153; 1219	2108; 1187	-	-	2130	-	-	-	-	-	2204; 1485	2204; 1485	2153; 1219	-	-	-	-	-	
<b>OPA-4</b>	9	-	2255; 1321	2255; 1321	1947; 1321	654	2255	1947	-	654	1045	1947	-	2255; 1321	-	1947; 437	-	-	1947		
		+	1790; 1083	1829; 1117	1133	1125	1731	1717	1801	1768	-	1768	-	1801; 1117	1757	1768	1717	1757	1780		
<b>OPW-13</b>	4	-	913	1653	1653; 913	1653	1653	1653	1653	1653	-	1653	-	1653	1653	1653	1653	1653	1653		
		+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2098	-	-	-	-	-	-		
<b>OPA-1</b>	3	-	2979	3173; 2979	3173; 2979	2979	2979	3173; 2979	3173; 2979	2979	-	2979	-	3173; 2979	2979	-	3173; 2979	3173; 2979	2979		
		+	955; 843	825	-	861	-	-	852	-	-	962; 834	-	852	-	869	-	-	-		
<b>OPH-18</b>	5	-	658; 485	658; 485	436	-	-	658	-	658	-	658	-	658; 485; 436	-	658; 485	658	658	658		
		+	1628	-	1609	2752; 1628	-	-	2752	-	2790	-	1309	-	1609	1309	2752	-	1628		
<b>OPH-19</b>	4	-	1507	1747	2645; 1747	2645	1747	2645	-	2645	1747	1747	-	2645; 1747	1747	1747	2645	2645	1747		
		+	-	-	-	2065	-	1876	-	-	-	1876	-	-	-	-	-	-	-		
<b>OPY-8</b>	5	-	635	-	1056	-	1785	-	1785; 635	742	1785	-	1785	-	1785	635	1785	1785	1785		
		+	1750; 1325	1325	1274	1307	1791	1811	1325	-	1883; 525; 488	1728	1750	1343	-	1527	-	1750	1967; 1830		
<b>OPW-17</b>	4	-	1617	1617	1617	1440	1617	1617	1617	-	1617	-	786; 705	-	-	-	-	-	1440		
		+	-	-	-	-	-	-	593	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<b>OPY-11</b>	3	-	2900	2900; 846	2900; 846	2900	2900	2900	2900	846	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900	2900		
		+	1902; 1531; 1214	1550	1455	-	1621; 1275	2383; 1006	1568	1621	-	1512	1621	1512; 1086	-	2040; 1512	2515; 1621	1586	1568		
<b>OPY-13</b>	8	-	1125	2383; 2120	2383; 2120	1318	1654	2383	-	2383; 2120	1125	-	2383	-	2120	2383	2383	2383	-		
		+	1146; 573	1983	894	900	-	1113	1098	2000; 1121	-	2000; 1121	1098	2000; 1137	1092	2000; 1121	-	1098	1098		
<b>OPY-15</b>	6	-	1004; 412	1891; 1550	1550; 1004	1550	1891; 739	1550	1550	452	1891; 1004	1550	1550	1891; 1004	1550	1891; 1004	1550	1550	1550		
		+	412	739	739	-	739	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004	1004		

**Table 3 (continue).** Molecular sizes (bp) of bands (+: appearance / -: disappearance) and the average GTS values in RAPD profiles

	+	1879	-	1879;	1905;	1905;	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	1410;	-	-	-	2086;	-	1410;	-	-	-	1410	2086	1448;	2086	1410	1410	1410	1410	1500;
<b>OPW-4</b>	5	1192	-	-	-	1410	-	1192	-	-	-	-	-	1192	-	-	-	-	-	1448;
	+	2861	-	-	-	2816	-	2793	-	2816	2839	-	-	-	-	-	-	-	-	3261
	-	-	-	3000;	3000;	-	-	-	-	3205;	3205;	3205;	3205;	-	3205;	3205;	3205;	3205;	3205;	3205;
<b>OPY-16</b>	4	859	-	859	859	-	859	-	-	859	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3205;
	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3205;
	-	-	-	3000;	3000;	-	3000;	3000;	3000;	3000;	3000;	3000;	3000;	3000;	3000;	3000;	3000;	3000;	3000;	3000;
<b>OPH-16</b>	3	2079	-	2079	2079	-	2079	3000	3137	3102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3205;
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3205;
<b>GTS %</b>		60.9	58.1	49.8	46.6	87.5	73.6	69.8	65.3	63.1	82.8	70.8	67.9	65.1	61.2	79.0	69.8	65.7	64.3	61.1

C: Control, pic: picloram

Table 4. CRED-RA band amounts and polymorphism %

Primers	Picloram	0 ppm putrescine		1 ppm putrescine		0.1 ppm putrescine		0.01 ppm putrescine	
		H	M	H	M	H	M	H	M
OPA-4	0 mg L <sup>-1</sup>	-	-	0	0	12.5	0	0	0
	5 mg L <sup>-1</sup>	25	12.5	12.5	12.5	0	0	0	0
	10 mg L <sup>-1</sup>	12.5	25	0	12.5	0	0	0	0
	20 mg L <sup>-1</sup>	12.5	25	12.5	0	12.5	12.5	12.5	12.5
	40 mg L <sup>-1</sup>	12.5	0	0	12.5	0	12.5	25	0
OPY-13	0 mg L <sup>-1</sup>	-	-	0	0	0	0	0	14.2
	5 mg L <sup>-1</sup>	0	14.2	0	0	0	14.2	0	14.2
	10 mg L <sup>-1</sup>	0	14.2	0	0	0	0	0	14.2
	20 mg L <sup>-1</sup>	14.2	0	0	0	14.2	0	0	14.2
	40 mg L <sup>-1</sup>	28.5	28.5	0	0	0	0	14.2	0
OPW-17	0 mg L <sup>-1</sup>	-	-	16.6	0	14.2	0	0	0
	5 mg L <sup>-1</sup>	0	0	25	0	0	0	0	0
	10 mg L <sup>-1</sup>	0	0	14.2	0	0	0	0	0
	20 mg L <sup>-1</sup>	20	16.6	0	0	12.5	0	0	0
	40 mg L <sup>-1</sup>	12.5	0	0	16.6	14.2	0	0	0
OPA-1	0 mg L <sup>-1</sup>	-	-	0	0	0	0	12.5	33.3
	5 mg L <sup>-1</sup>	0	33.3	0	0	0	33.3	12.5	33.3
	10 mg L <sup>-1</sup>	0	0	0	33.3	20	33.3	0	33.3
	20 mg L <sup>-1</sup>	14.2	33.3	0	33.3	0	0	0	33.3
	40 mg L <sup>-1</sup>	0	33.3	16.6	0	0	0	0	33.3
OPH-18	0 mg L <sup>-1</sup>	-	-	0	0	14.2	20	16.6	20
	5 mg L <sup>-1</sup>	0	40	16.6	0	20	20	0	20
	10 mg L <sup>-1</sup>	16.6	40	12.5	0	20	0	16.6	20
	20 mg L <sup>-1</sup>	14.2	20	11.1	0	0	20	0	0
	40 mg L <sup>-1</sup>	0	20	0	0	16.6	20	20	0

**Table 4 (Continue).** CRED-RA band amounts and polymorphism %

OPY-16	0 mg L <sup>-1</sup>	-	-	12.5	16.6	20	16.6	0	16.6
	5 mg L <sup>-1</sup>	0	0	0	16.6	0	16.6	14.2	16.6
	10 mg L <sup>-1</sup>	0	33.3	0	0	0	16.6	0	16.6
	20 mg L <sup>-1</sup>	16,6	16.6	0	0	33.3	16.6	25	16.6
	40 mg L <sup>-1</sup>	0	16.6	0	0	14.2	16.6	0	16.6
OPW-6	0 mg L <sup>-1</sup>	-	-	0	0	0	0	0	0
	5 mg L <sup>-1</sup>	20	20	0	0	20	0	0	0
	10 mg L <sup>-1</sup>	25	20	0	0	0	0	0	0
	20 mg L <sup>-1</sup>	0	0	16.6	0	16.6	0	0	20
	40 mg L <sup>-1</sup>	16.6	0	0	0	0	0	0	20
Average	0 mg L <sup>-1</sup>	-	-	4.1	2.3	8.7	5.2	6.1	12.0
	5 mg L <sup>-1</sup>	6.4	17.1	7.7	4.1	5.7	12.0	3.8	12.0
	10 mg L <sup>-1</sup>	7.7	14.7	3.8	6.5	5.7	7.1	2.3	11.7
	20 mg L <sup>-1</sup>	13.1	15.9	3.3	4.7	12.7	7.0	5.3	10.9
	40 mg L <sup>-1</sup>	10.0	14.0	2.3	4.1	6.4	7.0	8.4	9.9

H:Hpa II, M: Msp I

Seven primers used for RAPD-PCR amplification produced specific and stable amplicons in CRED-RAs analysis. Compared with the PCR products obtained from the control DNA, picloram and/or putrescine treatments showed changes in CRED-RA patterns (Table 4). DNA hypomethylation occurred and its value increased depending on the decrease in picloram concentration. However, putrescine led to a reduction in picloram-induced DNA methylation. DNA methylation values were 14.0% in 40 mg L<sup>-1</sup> picloram exposed plant whereas this value was determined as 4.1% in 40 mg L<sup>-1</sup> picloram and 1 mM putrescine treated plant (Table 4).

With an increase in the dose of putrescine, DNA methylation values of picloram treated plants were decreased. The results indicated that putrescine had the antagonistic effect against picloram. Recently, several studies have indicated that stress positively contributed to tolerance as alter genes expression

by DNA methylation and histone modifications (Wang et al., 2016; Feng et al., 2016). In additional, the present study evaluated the protective role of putrescine against picloram genotoxicity. Our results showed that putrescine treatment caused amelioration effect against DNA hypomethylation and DNA damage that was caused by picloram.

Previous research have revealed that polyamines guard DNA from enzymatic degradation, X-ray irradiation and also stabilize RNA, to counteract of ribosomal dispersion (Miyamoto et al., 1993; Ruiz-Herrera et al., 1995). Additionally, some researchers also suggested that polyamines have ability to protect replicating DNA from oxidative damages as well as DNA and RNA biosynthesis stimulate (Khan et al., 1992; Miyamoto et al., 1993; D'Agustino et al., 2005). The protective effects of putrescine may relate to positive charged properties. It has ability to binding minor groove of B-DNA, moving to the

major groove of A-DNA. Also, these studies have been proposed that positive charged polyamines bind to the minor groove of B-DNA, moving to the major groove in the A form. This paper is the first report that showed the effect of treatment with different concentrations of picloram and putrescine on DNA methylation. DNA methylation changes induced by putrescine may affect some specific genes activation to increase plant resistance under stress conditions.

## CONCLUSION

The random application of these pesticides has already created a public health hazard. This study suggests that polyamines could be an alternative for reducing genotoxic damage against chemical mutagens in plant. However, more research should be done for understanding the mechanism of the protective effect of polyamines on plants as shown in these experiments.

## REFERENCES

- Aydin M, Arslan E, Taspinar MS, Karadayi G, Agar G, 2016. Analyses of somaclonal variation in endosperm-supported mature embryo culture of rye (*Secale cereale* L.). *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 30: 1082-1089.
- Balague C, Sturtz N, Duffard R, Evangelista de Duffard AM, 2001. Effect of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid herbicide on *Escherichia coli* growth, chemical composition, and cellular envelope. *Environmental Toxicology*, 16: 43-53.
- Correia S, Lopes ML, Canhoto JM, 2011. Somatic embryogenesis induction system for cloning an adult *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendt. (tamarillo). *Trees*, 25: 1009-1020.
- D'Agostino L, Di Pietro M, Di Luccia A, 2005. Nuclear aggregates of polyamines are supramolecular structures that play a crucial role in genomic DNA protection and conformation. *FEBS Journal*, 272: 3777-3787.
- Duchnowicz P, Koter M, 2003. Damage to the erythrocyte membrane caused by chlorophenoxyacetic herbicides. *Cellular and Molecular Biology Letters*, 8: 25-30.
- Feng SJ, Liu XS, Tao H, Tan SK, Chu SS, Oono Y, Zhang XD, Chen J, Yang ZM, 2016. Variation of DNA methylation patterns associated with gene expression in rice (*Oryza sativa*) exposed to cadmium. *Plant Cell and Environment*, 39: 2629-2649.
- Grativol C, Hemery AS, Ferreira PCG, 2012. Genetic and epigenetic regulation of stress responses in natural plant populations. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1819: 176-185.
- Khan AU, Di-Mascio P, Medeiros MHG, Wilson T, 1992. Spermine and spermidine protection of plasmid DNA against single-strand breaks induced by singlet oxygen. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 89: 11428-11430.
- Leljak-Levanic D, Bauer N, Mihaljevic S, Jelaska S, 2004. Changes in DNA methylation during somatic embryogenesis in *Cucurbita pepo* L. *Plant Cell Reports*, 23: 120-127.
- Miyamoto S, Kashiwagi K, Watanabe S, Igarashi K, 1993. Estimation of polyamine distribution and polyamine stimulation of protein synthesis in *Escherichia coli*. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 300: 63-68.
- Mohammed KB, Ma TH, 1999. Tradescantia-micronucleus and -stamen hair mutation assays on genotoxicity of the gaseous and liquid forms of pesticides. *Mutation Research-Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 426: 193-199.
- Oakes DJ, Webster WS, Brown Woodman PDC, Ritchie HE, 2002. Testicular changes induced by chronic exposure to the herbicide formulation, Tordon 75D® (2,4-dichlorophenoxyacetic acid and picloram) in rats. *Reproductive Toxicology*, 16: 281-289.
- Olea-Popelka F, Mclean DM, Horsman J, Almquist K, Bramble JE, Hall C, 2005. Increasing expression of an anti-picloram single-chain variable fragment (ScFv) antibody and resistance to picloram in transgenic tobacco (*Nicotiana tabacum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 6683-6690.
- Ruiz-Herrera J, Ruiz-Medrano R, Dominguez A, 1995. Selective inhibition of cytosine DNA methylases by polyamines. *FEBS Letters*, 357: 192-196.
- Salvi ND, George L, Eapen S, 2001. Plant regeneration from leaf base callus of turmeric and random amplified polymorphic DNA analysis of regenerated plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 66: 113-119.
- Sawamura S, Jackson WT, 1968. Cytological studies in vivo of picloram, pyriclor, trifluralin, 2,3,6-TBA, 2,3,5,6-TBA and nitratin. *Cytologia*, 33: 545-554.
- Sung S, Amasino RM, 2004. Vernalization in *Arabidopsis thaliana* is mediated by the PHD finger protein VIN3. *Nature*, 427: 159-164.
- Taspinar MS, Agar G, Yildirim N, Sunar S, Aksakal O, Bozari S, 2009. Evaluation of selenium effect on cadmium genotoxicity in *Vicia faba* using RAPD. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7: 857-860.
- Temel A, Gozukirmizi N, 2013. Analysis of retrotransposition and DNA methylation in barley callus culture. *Acta Biologica Hungarica*, 64: 86-95.
- Wang W, Qiao Q, Sun F, Wang Y, Xu D, Li Z, Fu B, 2016. Genome-wide differences in DNA methylation changes in two contrasting rice genotypes in response to drought conditions. *Frontiers in Plant Science*, 7: 1675.
- Yildirim N, Agar G, Taspinar MS, Turan M, Aydin M, Arslan E, 2014. Protective role of humic acids against dicamba-induced genotoxicity and DNA methylation in *Phaseolus vulgaris* L. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 64: 141-148.
- Zeid IM, Shedeed ZA, 2006. Response of alfalfa to putrescine treatment under drought stress. *Biologia Plantarum*, 50: 635-640.





## Organik Tavukçulukta Metiyonin Esansiyel Amino Asidi İhtiyacının Karşlanması

Ramazan DEMİREL<sup>1</sup>, Dilek Şentürk DEMİREL<sup>1</sup>

**ÖZET:** Artan nüfusla gıda ihtiyacı da artmakla birlikte, gelir durumu iyi olan kesimin genetik yapısı değiştirilmemiş olan yerli bitki ile hayvan tür ve hatlarının kullanıldığı, gübre, ilaç kullanılmadan üretilen gıda kaynaklarına talebi de giderek artmaktadır. Organik üretim için toprak, bitki, hayvan, üretim ve daha sonraki işlemlerde belirlenen standartların uygulanması gerekmektedir. Üretimin her aşamasında kontrol ve setifikalandırma işlemleri yapılmaktadır. Organik üretim, geleneksel olana kıyasla uzun zaman alan, hassas, karlılığı düşük fakat çevre dostu, hayvan refahının gözetildiği bir üretim şeklidir. Organik tavuk üretiminde en önemli problem, organik olarak üretilen yem bileşenlerinin yeterli miktarlarda tedarik edilememesi veya metiyonin esansiyel amino asidinde olduğu gibi miktar ve etkinlik bakımından organik veya doğal kaynakların sentetikleriyle rekabet edememesidir. Bu makale ile organik tavuk üretiminde karşılaşılabilecek çeşitli problemler, alternatif metiyonin kaynakları ve etkinlikleri hakkında bilgi verilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Etlik piliç, organik, sentetik metiyonin, yem

## Meeting of Methionine Essential Amino Acid Requirements in Organic Poultry Production

**ABSTRACT:** Increasing population leads to increase in food for human. At the same time, high income people want to consume foods as genetically not modified, native animal breed products and native variety plants without using artificial fertilizers, pesticides etc. In order to produce organic foods, organic production standards should be applied for soil, plant, animal, production and following procedures. In every stage of production, control and certification process should be applied. Organic production takes too much time, and its also sensitive, low income however, environment friendly and considering animal welfare. The most important problem in organic poultry production is supplying of organically produced feeds or just like in synthetic methionine that is not as effective as natural methionine considering quantity and quality. In this review some problems in organic production, alternative methionine sources and their effectiveness will be evaluated.

**Keywords:** Broiler, feed, methionine, organic, synthetic

<sup>1</sup> Ramazan DEMİREL (0000-0003-0816-4125), Dilek Şentürk DEMİREL (0000-0003-4142-2632), Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, DİYARBAKIR, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Ramazan DEMİREL, ramazand@dicle.edu.tr

## GİRİŞ

Organik tavuk eti üretiminin giderek büyümesi ve yüksek fiyatla ürünün alıcı bulmasının nedeni, geleneksel üretimde kullanılan tavuk yemlerindeki antibiyotikler, koksidiyostatlar, büyüme düzenleyiciler ve hayvansal protein kaynaklarının kullanımına izin verilmemesi ve tüketici bilincinin gelişmesidir. Benzer şekilde, bitkisel üretimde aşırı pestisid kullanımı ve genetik yapısı değiştirilmiş tohumların kullanımıyla ilgili duyarlı tüketici baskıları ve hayvan refahını savunan aktivistlerin yaklaşımları da süreçte etkili olmuştur (Moritz et al., 2005). Organik üretimin uluslararası düzeyde genel ilkelerinin belirlenmesi, tavsiyeler, organizasyon ve düzenlemelerini yapan çatı örgütü IFOAM'dır. Farklı ülkelerdeki organik hayvansal üretimle ilgili sertifikasyon kuruluşları için kriterlerin belirlenmesi IFOAM aracılığıyla yapılmaktadır. Organik üretim akreditasyonu ile ilgili yasal düzenlemeler AB tarafından yapılmış, temel standartlar ve sertifikasyon kriterleri IFOAM tarafından düzenlenmiştir (EC, 2008). Ülkemizde organik üretimle ilgili düzenlemelerde AB normları geçerlidir.

Tavukların protein (amino asit) ihtiyaçları; çevresel sıcaklık, genetik yapı, rasyon bileşimi, immünolojik stres, yaş, tür, cinsiyet, canlı ağırlık, yetiştirme amacı ve verim seviyesine göre değişmektedir. Bu faktörler yem tüketimini etkileyerek veya alınan amino asidinin kullanım etkinliğini azaltarak etkilerini gösterirler (D'Mello, 1994). Tavukçuluk sektöründe hızla gelişen ticari hatlardan beklenen performansın alınabilmesi için sınırlayıcı amino asitlerden olan lizin, metiyonin ve sistin ihtiyaçlarının belirlenerek, eksikliği oranında yeme ilave edilmeleri gerekmektedir. Bu esansiyel amino asitleri kimyasal yolla, sentetik olarak üretilmektedir. Ancak organik tavukçulukta kullanılacak amino asitlerinin de organik yolla üretilmeleri gerekmektedir.

Metiyonin ve sistin proteinlerin yapısında bulunan kükürtlü amino asitlerdir ve pratikte monogastrik (tek mideli) hayvanlar için en fazla sınırlayıcı olanlardır. Metiyonin geleneksel olarak kullanılan mısır – soya esaslı tavuk karma yemlerinde en fazla sınırlayıcı amino asitidir. Genellikle tahıllar lizin, baklagiller ise metiyonin bakımından yetersizdirler. Geleneksel tavuk rasyonlarıyla, metiyonin ihtiyacının yaklaşık %75'i karşılanabilirken, kalan %25'i saf sentetik kaynaklardan karşılanmaktadır (Fanatico, 2010). Hayvanların bu iki sınırlayıcı amino asidini temin edebilmeleri için rasyonlarda yüksek protein kullanılması halinde hem

üretim maliyeti artar ve hem de dışkıyla fazla azot atımı nedeniyle çevre kirliliği meydana gelmektedir. Protein kaynağı olarak balık unu kullanıldığında ise ürünlerde balık tadı veya kokusuna neden olmaktadır. Ayrıca balık ununa olan talep artışı, balık popülasyonlarında azalmaya yol açarak, doğal dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Kanatlı kümes hayvanı rasyonlarında ihtiyaç duyulan metiyonin amino asidinin en kolay karşılandığı ürün ticari firmaların ürettiği sentetik amino asitidir. Ancak, organik tavukçulukta sentetik yem katkı maddelerinin sınırlı düzeyde kullanımına izin verilmektedir ve gelecekte sentetik maddelerin kullanılmasının tamamen yasaklanacak olması bilim insanlarının sektörün problemlerinin çözümünde yeni arayışlara yönelmesine yol açmaktadır. Organik olarak üretilen piliçler, artan aktivite nedeniyle geleneksel olarak üretilenlere kıyasla %20 – 50 oranında daha fazla yem tüketirler (EC, 2008). Geleneksel üretimde kullanılan yemlerdeki metiyonin miktarı, modern ticari hatların ihtiyaçlarının karşılanmasında yetersiz kalmaktadır. Metiyonin, birçok yaşamsal faaliyetler için gereklidir, hayvanların sağlıklarını korunması ve beklenen verimliliğin sağlanmasında rol oynamaktadır. Metil gruplarını temin ederek birçok fonksiyonun yerine getirilmesinde görev almaktadır. Hücrelerin büyüme ve gelişiminden sorumludur.

Günümüzde modern tavukçulukta yoğun olarak kullanılan DL metiyonin; petrol, doğal gaz, propan üretimi sırasında elde edilen, ticari değeri olmadığı gibi çevre kirliliğine neden olan atıkların mikroorganizmalar için besi ortamı olarak kullanılmasıyla saf olarak üretilmektedir (Binder, 2003).

Organik tavukçulukta kullanımına izin verilen yem ham maddelerinin metiyonin içeriğinin düşük olması nedeniyle büyüme ve gelişme yavaş olmakta, bağışıklık sistemi çabuk bozulmakta ve verim kaybı yaşanmaktadır. Organik tavukçuluk özel amaçlar için sentetik maddelerin sınırlı miktarlarda kullanılabilirdiği çok az sayıdaki istisnalar hariç, bitkisel ve hayvansal doğal kaynakların hayvan beslenmesinde kullanımına dayalıdır. Bu nadir istisnalardan birisi de doğal yemlerle yeterince alınmayan metiyoninin, tavukçulukta sentetik formunun sınırlı düzeyde kullanımına izin verilmesidir. Organik tavukçuluk kriterlerine göre kümes hayvanları; açık havada gezinme yeri olan, sertifikalı organik yemlerle beslenmelidir. Hayvansal yan ürünlerin, sentetik yolla üretilen antibiyotik, parazit ilaçları vb. nin üretim sırasında hiç kullanılmaması gerekmektedir. Organik

tavukçuluk hayvan sağığı ve refahını gözetken, ideal çevre şartları - pratikleri ile iyi kaliteli ürün sağılamaya odaklanmalıdır.

### **ORGANİK VE GELENEKSEL OLARAK YETİŞTİRİLEN ÜRÜNLERİN BESİN DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Organik ve geleneksel olarak yetiştirilen bitkiler karşılaştırıldığında; minerallerden nitrojen geleneksel üretimle yüksek bulunurken, magnezyum, fosfor, çinko, flavonoidler, şeker ve titre edilebilir asitlik değerleri organik üretimle yüksek bulunmuştur (Dangour et al., 2009). Meyvelerin içerdiği şekerin aside oranı arttıkça, istenilen aromada olgunlaşma gerçekleşir. Isıl işlem uygulamalarında asitlik arttıkça, mikroorganizma gelişimini önlemek için sıcaklığın da artırılması gerekir.

Geleneksel veya organik olarak üretilen hayvansal besinlerin (et, süt, yumurta) ve diğer maddelerin değerleri arasında çok küçük farklılıklar bulunmakla birlikte, biyolojik olarak ikna edici bulunmamıştır. Analizler arasında doymuş yağ asitleri, tekli doymuş yağ asitleri, omega – 3 ve 6 yağ asitleri, nitrojen ve kül bakımından farklılık bulunmuştur. En bariz farklılıklar günümüzde sağılıklı ve dengeli beslenmede büyük önemi olan çoklu doymamış yağ asitlerine ilave olarak, tanımlanamayan yağ asitleri ile trans yağ asitlerinin organik üretimde yüksek olmasıdır. Besin maddeleri ve diğer maddeler bakımından iki yöntemle üretilen bitkiler ve hayvansal ürünler arasında herhangi bir farklılık bulunmamıştır. Farklılıklar daha ziyade toprak yapısı, bitki ve hayvanların bakım idare koşulları ile ilişkili bulunmuştur (Dangour et al., 2009).

### **KÜKÜRTLÜ AMİNO ASİTLERİNİN METABOLİZMASI**

Kükürt içeren sadece 4 farklı amino asidi olduğu halde proteinlerin yapısında sadece metiyonin ve sistin bulunur. Homosistin ve taurin amino asitleri kükürt içermelerine rağmen, protein yapısında bulunmaz. Metiyonin ve sistin kompleks metabolik faaliyetlerde görev alırlar. Metiyonin vücut proteinlerinde yer alarak birçok kas, organ, tüy - kılın yapısında bulunur. Poliamin sentezi gibi protein senteziyle ilgisi olmayan birçok fonksiyonu bulunmaktadır. Doğada yüzlerce poliamin bulunur ve en önemlileri: agmatin, putresin, kadaverin, spermidin ve spermindir. Bunlardan putresin ceset

kokusunu oluşturur. Ayrıca, epinefrin, DNA ve kolin gibi birçok bileşiğin oluşumunda metil grubu sağılayıcısı olarak yer almaktadır. Metil grubu verildikten sonra bir diğer sınırlayıcı amino asidi olan sistini transsülfürasyon denilen geri dönüşsüz işlemle oluşturabilir. Teknik olarak sınırlayıcı olmamakla birlikte, rasyonda metiyonin yeterli miktarda bulunmazsa, sistin sentezi yetersiz olur. Metiyonin ihtiyacı sadece metiyoninle karşılanabilirken, sistin eksikliği metiyoninden karşılanabilir. Betain ve kolinin rasyonda yeterli miktarda bulunması metiyoninden bir miktar tasarruf ettirir (Fanatico, 2010).

Doğal yolla metiyonin elde etmek için fermentasyon, ekstraksiyon ve protein hidrolizi yöntemleri potansiyel uygulamalardır. Birçok ticari amino asitleri bakteriyel fermentasyon yöntemiyle elde edilmektedir. Organik üretimde genetiğı değiştirilmiş organizmalara izin verilmemektedir. Bu nedenle doğal bakteriler ile metiyonin elde edilmektedir. Yüksek metiyonin seviyelerinin bakteriler için toksik olması nedeniyle fermentasyonla elde edilen verim çok düşüktür ve maliyeti karşılamamaktadır. Proteinlerin kısmi olarak hidroliziyle metiyonin ekstrakte edilebilmektedir. Fakat henüz bu yolla kanatlı kümes hayvanların ihtiyaçlarının karşılanabileceğı herhangi bir ticari metiyonin kaynağı bulunmamaktadır (Fanatico, 2010).

### **METİYONİN YETERSİZLİĞİNDE OLUŞAN PROBLEMLER**

Hızlı gelişen kanatlı kümes hayvanlarının en iyi gelişim göstermeleri ve verimliliğı için protein (amino asit) ihtiyaçlarının belirlenmesinde NRC (1994) referans olarak alınmaktadır. Ekonomik kazanç her zaman verim ile doğrudan ilişkili olmayabilir. Örneğın yemde bulunan proteinin maliyeti, kazanç miktarında belirleyici olabilir. En yüksek kar elde etmek her zaman amaç olmayabilir. Bazı üreticiler için ürünün tadı, aroması ve besin değeri, miktarından daha önemli olabilir.

Kükürtlü amino asitlerin antioksidan kapasiteleri önemlidir. Normal olarak hücreler, serbest radikaller ile savaşılabilecek antioksidan mekanizmasına sahiptirler. Antioksidan dengesi bozulduğunda, hayvanın verimini azaltan problemler meydana gelmektedir. Metiyonin ve sistin gibi kükürt içeren bileşikler hücre hasarını önleyen güçlü antioksidanlardır (Fanatico, 2010). Metiyonin seviyesinin azaltılması (% kaç) sonucu tüylenmenin ve yumurta ağırlığının azaldığı, fakat yumurta veriminin etkilenmediğı tespit edilmiştir (Elwinger and Tausen,

2009). Metiyonin seviyesinin azalması nedeniyle tavukların daha fazla yem tükettikleri, dolayısı ile yem değerlendirme etkinliğinin de azaldığı tespit edilmiştir.

### YEMLERİN METİYONİN İÇERİKLERİ VE SİNDİRİLEBİLİRLİKLERİ

Klasik tavuk rasyonlarında kullanılan mısırdan metiyonin seviyesi düşük (%0.17) iken, soya küspesi orta düzeydedir (%0.64). Rasyondaki sadece metiyonin seviyesinin ifade edilmesi yerine, toplam kükürlü

amino asitlerin (metiyonin + sistin) birlikte ifadesi daha doğrudur. Rasyonda sistin yetersizliğinde, eksiklik metiyoninden karşılanabilir. Rasyon hazırlanırken kullanılan yem hammaddelerinin sindirilebilirliği önemlidir. Amino asitlerinin sindirilebilirliği yemlere göre değişmektedir. Birçok yemdeki metiyonin, mısır ve soyada olduğu gibi yüksek düzeyde (%91) sindirilebilirken, keten tohumunda %82, susamda ise sadece %42 düzeyinde sindirilebilir (Fanatico, 2010). Bazı yem hammaddelerinin metiyonin ve sistin içerikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Bazı Yem Bileşenlerinin Kükürlü Amino Asit İçerikleri (%).

Yem Hammaddeleri	Metiyonin	Sistin
Kazein	2.56	0.40
Menhaden balık unu*	1.68	0.50
Patates proteini	1.64	1.06
Mısır glütenu, %60HP	1.46	1.06
Su yosunu	1.35	0.55
Susam küspesi	1.06	0.60
Karasinek larvası	0.90	-
Et – kemik unu, >%50HP	0.81	0.58
Yağsız süt tozu	0.79	0.33
Et unu, >%50HP	0.72	0.85
Soya küspesi, %48HP	0.64	0.70
Ekspeller ayçiçeği küspesi	0.67	0.49
Kuru bira mayası	0.64	0.43
Ekspeller soya	0.54	0.59
Kuru tahıl çözümleri, mısır	0.51	0.48
Tam yağlı, ekstrüze soya	0.48	0.56
Tam yağlı kanola	0.38	0.46
Aspir küspesi	0.38	0.41
Tam yağlı ayçiçeği	0.38	0.30
Keten küspesi	0.35	0.42
Çim	0.27	0.16
Pirinç	0.22	0.19
Yonca unu	0.21	0.16
Bezelye	0.19	0.31
Buğday	0.19	0.27
Sütçülük yan ürünü	0.17	0.24
Mısır	0.17	0.18

(Kaynak: AminoDat Degussa Amino Acid database; Kratzer ve Vorha, 1996)

\*Menhaden balık unu: ABD sahillerinde avlanan, insan gıdası olarak kullanılmayan, balık unu üretimi yapılan en önemli balık türü (Brevoortia patronus).

## HIZLI VE YAVAŞ GELİŞEN TAVUKLARIN METİYONİN İHTİYAÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Özellikle organik tavuk üretiminde, besin değeri düşük rasyonlarla besleme sonucu hayvan sağlığı olumsuz etkilenmemekle birlikte, hayvanların genetik potansiyelinden tam olarak yararlanmak mümkün olmayabilir. Aslında damızlık firmalarının geliştirdikleri hatlar yüksek verim özelliklerini düşük besin değerine sahip yemlerle beslendiklerinde de gösterebilmektedirler. Hızlı gelişen genotiplerin, metabolik ve bacak problemlerini azaltmak için, besin değeri düşük olan yemlerin kullanımına ilave olarak, yem kısıtlamaları da başlangıç döneminde tercih edilmektedir. Yem kısıtlamaları yem kaybını azaltmak ve yem değerlendirme etkinliğini iyileştirmek için yapılmaktadır. Daha sonra telafi büyümesi için yemdeki besin maddesi yoğunluğu artırılabilir. Bununla birlikte hızlı gelişen, yüksek verimli genotipler, yem değişikliğine yavaş gelişen düşük verimli olanlara nazaran daha kolay adapte olabilirler. Ani yem değişikliği büyüme üzerine baskı yaparak stres seviyesini artırabilir. ABD'deki organik kanatlı kümes hayvanı üreticileri hızlı gelişen hatların düşük düzeyde metiyonin ile beslenmeleri sonucu; performansın zayıflığının yanı sıra, zayıf tüylenme, tüy çekme, kanibalizm ve ölüm oranında artış gibi bağışıklık sistemiyle ilgili problemlerin de artacağını ifade etmektedirler (Sundrum, 2005).

Geleneksel ve organik etlik piliç üretiminde ABD'de hızlı gelişen Cornish melezleri tercih edilirken, AB ülkelerinde yavaş gelişen hatlar (New Hampshire) tercih edilmektedir. Geleneksel üretimde besi süresi 6 haftayken, organikte 12 haftadır. Yüksek verimli etlik piliçlerin kontrollü şartlarda üretimi için besin maddesi ihtiyaçları tam olarak belirlenmişken, merada daha fazla gezinenlerin artan aktivite nedeniyle besin maddesi ihtiyaçlarının tam olarak hesaplanması güçtür. Peter et al., (1997) yavaş gelişen hatların başlangıç yemlerinde %20 proteinin yeterli olduğunu, 6 haftalıktan sonra ise %17.5 ham proteine ihtiyaç duyulduğunu tespit etmişlerdir. Fanatico et al., (2006) ABD'de hızlı, orta ve yavaş gelişen hatların metiyonin ihtiyaçlarının belirlenmesi için yaptıkları çalışmada; farklı düzeylerde metiyonin kullanmışlardır. Yem değerlendirme etkinliği ve canlı ağırlık kazancı üzerinden farklı genotiplerin metiyonin ve sistin ihtiyaçları başlatma ve büyütme rasyonlarında benzer

bulunmuştur. Han and Baker (1991) yavaş gelişen etlik piliçlerin hızlı gelişenlere kıyasla daha fazla lizin amino asidine ihtiyaç duyduklarını tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, hızlı gelişen etlik piliçlerin, yavaş gelişenlerin yaklaşık iki katı civarında lizin amino asidine ihtiyaç duydukları belirlenmiştir. Yem tüketiminin artmasıyla, lizin ihtiyacı karşılanabilmiştir. Amino asit ihtiyaçlarının belirlenmesinde etlik piliçlerin vücut bileşimi önemli rol oynamıştır. Piliçin protein – yağ oranı yavaş gelişene nazaran, hızlı gelişenlerde daha yüksek olması rasyondaki amino asit ihtiyacının da artmasını gerektirmektedir.

## ORGANİK ÜRETİMDEKİ POTANSİYEL METİYONİN KAYNAKLARI

Organik tavuk üretiminde hayvanların dışarıya, avluya çıkmalarına izin verilirken, meraya çıkmalarına izin verilmez. Birçok işletmede stok yoğunluğu hesaplanarak, tavuklar için küçük gezinme alanları sağlanması nedeniyle, tavuklar bitkilerden yararlanamazlar.

Meradan yararlanmak isteyen üreticiler taşınabilir küçük hayvan barınakları (gezici fold ünitesi) aracılığıyla hayvanları daha önce otlatma yapılmamış meralarda gezdirirler. Mera bitkileri uygun metiyonin kaynaklarıdır. Kaba yemlerin metiyonin içerikleri orta düzeyde olmakla birlikte, yine de hayvanların otlatılması sağlanmalıdır. Tavuklar aynı zamanda merada solucan ve böceklerle beslenerek, yüksek kaliteli protein sağlayabilirler.

Moritz et al., (2005) yaz kaba yemlerinin(%0.31) sonbahar mevsimine (%0.17) göre önemli düzeyde metiyonin içerdiklerini, bunun üçgüller ve bahçe otlarından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Metiyonin ihtiyacının karşılanmasında kaba yemlerin yeterliliğinin çevre koşulları ve izleyen yem tüketimine bağlı olduğunu kaydetmişlerdir.

Horsted et al., (2006) hindiba bitkisinin tavuklar için cazip bir bitki olduğunu ve orta seviyede (%0.40) metiyonin içerdiğini ifade etmişlerdir. Metiyonin seviyesinin yüksekliği için kaba yemler de kaliteli olmalıdır. Birçok bölgede kış mevsiminde bitkiler yavaş gelişir veya gelişme tamamen durur. Kaba yemlerin sindirilebilirliği de mevsimlere göre değişmektedir. Solucan ve böcekler, balık ununa benzer yüksek protein ve metiyonin kaynaklarıdır.

Bu canlılar tarımsal artıkları ve hayvan gübrelerini yüksek kaliteli proteine dönüştürebilirler. Bunların bazıları ticari olarak yetiştirilerek, kolayca hayvansal protein kaynağına dönüştürülebilir. Yalnız bunlardan elde edilen ticari protein kaynakları, sertifikalı organik üretimde kullanılamaz. Karasinek larvaları tarımsal atıklarda yetişir ve oldukça kaliteli protein kaynağıdır. Tatlısu yosunu (*Chlorella*) da bir diğer yüksek metiyonin (%1.33) kaynağıdır. Tatlısu yosunu potansiyel yem katkıdır ve işletmelerde üretilerek, hasat edilir ve kurutulmuş olarak değerlendirilir. Bununla birlikte, solucan, alg veya diğer su bitkilerinin yaşadıkları çevreye nazaran daha fazla ağır metal içerdiği ve bunların yem olarak kullanımıyla ağır metallerin et ve yumurtaya taşınacağı unutulmamalıdır (DEFRA, 2006).

Mısır glüten unu bir diğer alternatif doğal metiyonin kaynağıdır. Fakat organik olarak üretilmiş, ilaç, gübre kullanılmamış ve genetik yapısı değiştirilmemiş mısır bulmak çok zordur. Yerel mısır çeşitleri düşük verimli olmaları nedeniyle bu tür talebin karşılanmasında yetersiz kalmaktadır. Organik olarak üretilmiş susamın kabuklarının temininde de güçlükler bulunmakla birlikte tahin üretimi yapılan ve organik olarak üretilen susamın bulunduğu ülkelerde metiyonin kaynağı olarak kullanılabilir.

Organik tavukçulukta metiyonin ihtiyacının karşılanmasına yönelik bir diğer strateji, metiyonin ihtiyaçları hakkında belirgin fark bulunmayan hızlı gelişen hatlar yerine, daha az kas dokusuna sahip olan yavaş gelişen hatların tercih edilmesidir (Fanatico et al., 2009).

Bir diğer alternatif de karasinek larvaları, toprak solucanları, un kurdu vb. böceklerin organik üretim süreci içinde üretilip, işlenmesi, saklanmasıyla hayvansal protein ihtiyacı karşılanırken, metiyonin ihtiyacı da karşılanabilir. Konuyla ilgili çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Kazein yaklaşık %2.56 düzeyinde metiyonin içerir. Organik olarak üretilen sütlerden elde edilmek koşuluyla yine kanatlı kümes hayvanı yemlerinde kazein kullanılabilir.

## METİYONİN TEMİNİNDEKİ GÜÇLÜKLER

Metiyonini en yüksek seviyede içeren hayvansal protein kaynaklarında bile yaklaşık %2 civarında metiyonin bulunurken, sentetik DL-metiyonin yaklaşık %99 saf metiyonin sağlamakta ve bu nedenle doğal ürünlerle organik metiyoninin ihtiyacının karşılanması

oldukça zordur (Jakob, 2013). Örneğin tavuk yemlerinde en yaygın olarak kullanılan metiyonin kaynağı olan balık ununun 100 gramında sadece 1.68g metiyonin bulunurken, sentetik metiyoninin aynı miktarında 99 g saf metiyonin bulunmaktadır. Etlik piliçlerin metiyonin ihtiyaçları, tükettikleri yemlerin % 0.50, %0.38 ve %0.32'si kadar olmalıdır (NRC, 1994). Organik tavukçulukta sentetik metiyonin kullanımının sınırlanması veya yasaklanmasıyla ticari üretim yapan işletmelerde verim kaybı ve ürünlerde fiyat artışı kaçınılmaz olacaktır.

Alternatif tavuk yemleri yüksek metiyonin içermelerine rağmen, hayvanların metiyonin ihtiyaçlarının karşılanmasında yetersiz kalmaktadır. Sentetik metiyoninin saf olması nedeniyle çok az miktarda kullanılması ihtiyacı karşılayabilir. Örneğin saf sentetik metiyoninin bir birimi ancak 50 katı kadar balık unuyla karşılanabilmektedir. Ayrıca, uygulanan işlem ve artan iş gücü ihtiyacı nedeniyle geleneksel olarak üretilmeyen proteinler çok pahalı olabilir.

Tavuklar merada gezinirken çeşitli kaba yem kaynağı olan bitkilere ilave olarak bazı yakalayabildikleri böcekleri de tüketmektedirler. Böylece besin zinciri içinde bulunan farklı protein kaynaklarından doğal metiyonin ihtiyaçları karşılanabilmektedir (Moritz et al., 2005).

Merada tavuk yetiştirilirken, ihtiyaç duyulan metiyoninin yeterli düzeylerde doğal kaynaklardan sağlanabilmesi; hayvanın yavaş gelişimine, bitki kompozisyonuna, bakım – idare uygulamalarına, çevre koşullarına ve sürü büyüklüğüne bağlı olarak değişebilmektedir. Sürü büyüdükçe protein ihtiyacı karşılanırsa bile, metiyonin ihtiyacının karşılanamaması organik tavukçuluğun önündeki en önemli açmazlardan birisidir.

Organik tavuk üretiminde gezinme alanı zorunluluğu bulunmakla birlikte, merada büyük sürülerin doğal yem kaynaklarıyla besin maddesi ihtiyaçlarının özellikle de metiyoninin tüm yıl boyunca karşılanması oldukça zordur. Tavsiye edilen hayvan başına ideal mera alanı 8.23m<sup>2</sup>'dir (Moritz et al., 2005). Meradaki besin maddesi durumu yıl içerisinde önemli oranda farklılık göstermektedir (Buchanan et al., 2007). Meralardaki protein (metiyonin) içeriği yüksek olan başta baklagiller olmak üzere uygun bitkiler yetiştirilebilir. Yetiştirilecek olan bitkilerin çiçeklenme ve tohum verme dönemlerinde korunarak, yoğunluklarının artırılması organik tavukçuluğun gelişimine ve meraların kompozisyonlarının korunmasına katkı sağlayacaktır.

## BİTKİSEL PROTEİN KAYNAKLARININ METİYONİN İÇERİKLERİ

Geleneksel üretim sisteminde kullanılan soyadan küspe üretimi sırasında kimyasal solvent kullanıldığı için organik tavukçulukta izin verilmemektedir. Ancak organik olarak yetiştirilen soya tam yağlı (ekstrüzyonlanmış) veya küspe (ekspeller) olarak organik üretimde kullanılabilir. Fasulye, bezelye, mercimek vb. gibi birçok baklagil veya yağlı tohum içerdiği antibesinsel maddeler (tanen ve lektin) nedeniyle tavukçulukta çığ olarak tercih edilmezler. Yem üretim aşamalarında uygulanan işlemler veya ısı işlem sonrası kullanılabilirler. Çığ soyadaki tripsin inhibitörü ısı işlemle tahrip edilebilir. Susam küspesi yüksek metiyonin içeriğine (%1.06) rağmen, metiyoninin sindirilme düzeyi ve sistin içeriği düşüktür. Ayçiçeği küspesi soyaya benzer metiyonin içerir, tavuklar kabuklarını kullanamaz. Kabukları çıkarıldığında balık unu ile kombine edilebilir. Kanola küspesinin metiyonin içeriği ise soyadan daha düşüktür. Keten tohumu küspesi %0.62 düzeyinde metiyonin içermekle birlikte, et ve yumurtada balık kokusuna neden olmasından dolayı rasyonda %30'dan fazla kullanılmaz. Mısır metiyonince fakir olmasına rağmen, mısır glüten unu %1.46 metiyonin içermekle birlikte, organik olarak yetiştirileni bulmakta güçlük çekilmektedir. Patates proteini metiyonince zengindir (%1.64), fakat organik olarak üretilmemektedir (Kratzer and Vorha, 1996).

## HAYVANSAL PROTEİN KAYNAKLARININ METİYONİN İÇERİKLERİ

Merada bazı dönemler solucan ve böcekler yeterli protein sağlayabilir. Balık unu organik üretim için çok iyi bir metiyonin (%1.68) kaynağıdır. Sentetik

antioksidan olan etoksiquinin balık ununda kullanılması nedeniyle, organik üretimde kullanımına izin verilmemektedir. Sentetik antioksidan kullanılmayan çok az miktarda balık unu bulunmaktadır. Oksitlenmeyi önlemek için etoksiquin yerine, tokoferol gibi doğal kaynaklar kullanıldığında balık unu organik üretimde kullanılabilir. Peynir altı tozu bir diğer sütçülük endüstrisi yan ürünüdür ve proteinle yağın çoğu alındıktan sonra peynir altı suyundan üretilir. Protein içeriği düşük olması nedeniyle metiyonin içeriği de düşüktür. Kazein yaklaşık %2.56 metiyonin içerir, ham protein oranı da %80 gibi oldukça yüksektir. Çiftlik hayvanları için kullanılacak organik olarak üretilen kazein ve peynir altı suyu bulunmamaktadır. Bira mayası ise orta seviyede (%0.64) metiyonin içerir (Kratzer and Vorha, 1996).

## SONUÇ

Organik üretim trendi diğer alanlarda olduğu gibi tavukçulukta da, üretim miktarı ve maliyetini olumsuz etkilemektedir. Tavukçulukta en büyük sorun metiyonin amino asidinin yetersizliğidir. Sentetik formu saf olduğu için hayvansal protein kaynakları dahil, hiçbir doğal besin kaynağı ile karşılanması mümkün görülmemektedir. Rasyondaki protein oranı artırıldığında sınırlayıcı olan metiyonin miktarı artarken, maliyet de artmakta ve gübreyle aşırı azot atımı ve çevre sorunları meydana gelmektedir. Metiyonin yetersizliği halinde ise hayvanların bağışıklık sistemleri zayıflamakta ve verim kaybı kaçınılmaz hale gelmektedir. Organik tavukçuluğun geleneksel olan ile rekabet edebilmesi için sentetik metiyonin yerine ikame edilebilecek alternatif doğal yemlerin tespit edilmesi ve maliyetlerinin düşürülmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Binder M, 2003. Life Cycle Analysis of DL-methionine in broiler meat production. Animo News, June.
- Buchanan NP, Kimbler LB, Parsons AS, Seidel GE, Bryan WB, Felton EED, Moritz JS, 2007. The effects of nonstarch polysaccharide enzyme addition and dietary energy restriction on performance and carcass quality of organic broiler chickens. Journal of Applied Poultry Research, 16: 1–12. (Available online at: <http://japr.fass.org/content/16/1/1.full> (verified 23 April, 2013)).
- Dangour A, Dodhia S, Hayter A, Aikenhead A, Allen E, Lock K, Uauy R, 2009. Comparison of composition (*nutrients and other substances*) of organically and conventionally produced foodstuffs: a systematic review of the available literature. Report for the Food Standards Agency Nutrition and Public Health Intervention Research Unit, London School of Hygiene & Tropical Medicine.

- DEFRA, 2006. Organic egg production: A sustainable method for meeting the organic hen's protein requirements. Project code OF0357. U.K. <http://sciencesearch.defra.gov.uk/Default.aspx?Menu=Menu&Module=More&Location=None&Completed=0&ProjectID=13671> (Erişim Tarihi: 13 Mart, 2017).
- EC, 2008. Commission Regulation No 889/2008 laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) No 834/2007 on organic production and labelling of organic products with regard to organic production, labelling and control. Official Journal of the European Communities, 18.9.2008. 56 p.
- Elwinger K, Tausen R, 2009. Low-methionine diets are a potential health risk in organic egg production. European Symposium on Poultry Nutrition, August 23-27, 2009, Edinburgh, Scotland.

- Fanatico AC, Pillai PB, O'Connor-Dennie T, Emmert JL, 2006. Methionine requirements of alternative slow-growing genotypes. *Poultry Science*, Vol. 85, Supplement 1. Abstract. 110.
- Fanatico AC, Owens CM, Emmert JL, 2009. Organic poultry production in the United States: Broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 18: 355–366. Available online at: <http://dx.doi.org/10.3382/japr.2008-00123> (verified 23 April, 2013).
- Fanatico A, 2010. Organic poultry production: Providing adequate methionine. ATTRA Sustainable Agriculture. [www.attra.ncat.org](http://www.attra.ncat.org), (Erişim Tarihi: 15 Mart, 2017).
- Han Y, Baker DH, 1991. Lysine requirements of fast- and slow-growing broiler chicks. *Poultry Science*, 70: 2108-2114.
- Horsted, Hammershoj M, Hermansen JE, 2006. Short-term effects of productivity and egg quality in nutrientrestricted versus nonrestricted organic layers with access to different forage crops. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A, Animal Science*, 56: 42-54.
- Jacob J, 2013. Synthetic methionine and organic poultry diets. *Organic Agriculture* <http://articles.extension.org/pages/69042/synthetic-methionine-and-organic-poultry-diets>. (Erişim Tarihi: 10 Mart, 2017).
- Kratzer FH, Pran Vorha, 1996. Use of flaxseed as a poultry feedstuff. *Poultry Fact Sheet*, No. 21. Cooperative Extension, University of California, Davis, <http://animalsciencery.ucdavis.edu/avian/pfs21.htm>. (Erişim Tarihi: 10 Mart, 2017).
- Moritz JS, Parsons AS, Buchanan NP, Baker NJ, Jaczynski J, Gekara OJ, Bryan WB, 2005. Synthetic methionine and feed restriction effects on performance and meat quality of organically reared broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research*, 14: 521 – 535.
- Sundrum A, 2006. Protein supply in organic poultry and pig production. In: *Proceedings of the 1st IFOAM International Conference on Animals in Organic Production*, August 23-25, 2006. St. Paul, Minnesota.
- National Research Council, 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*, 9th rev. ed. National Academy Press, Washington, D.C. <https://www.nap.edu/read/2114/chapter/1> (Erişim Tarihi: 8 Mayıs, 2017).
- Peter W, Danicke S, Jeroch H, Wicke M, Von Lengerken G, 1997. Influence of intensity of nutrition on selected parameters of carcass and meat quality of French Label type chickens. *Archiv für Geflügelkunde*, 61: 110-116.



## Türk Arap Atında Yarış Performansı İçin Varyans Komponentleri ve Genetik Yönelimin Tahmini

Serdar DURU<sup>1</sup>

**ÖZET:** Bu çalışmada, Türk Arap atında yarış performansı özellikleri için varyans komponentleri ve genetik yönelim tahmin edilmiştir. Bunun için Türkiye’de 1990-2016 arasında koşan 8321 atın 35929 yarış sonucu değerlendirilmiştir. Varyans komponentleri REML, damızlık değerler BLUP Animal modelde MTDFREML ile tahmin edilmiştir. En iyi yarış zamanı ve yarış hızı üzerine mesafe, cinsiyet, pist tipi, yaş, yarış yılı ve şehir etkileri önemlidir. Belirlenen modellerde en iyi yarış süresi ve hız için kalıtım derecesi ( $h^2$ ) sırasıyla 0.05 ve 0.07 tahmin edilmiştir. Aynı özellikler için tekrarlanma dereceleri ( $r$ ) ise sırasıyla 0.06 ve 0.07 tahmin edilmiştir. Toplam gelir, yıllık ortalama yarış başına gelir ve tabela oranları için kalıtım dereceleri sırasıyla; 0.12, 0.18 ve 0.84 tahmin edilmiştir. Bu sonuçlara göre bu populasyonda en iyi yarış süresi ve hız için seleksiyonla genetik ilerleme elde etmenin zor olacağı söylenebilir. Bununla birlikte gelir özellikleri için sınırlı düzeyde ilerleme sağlama imkânı varken, tabela oranı için oldukça iyi düzeyde genetik ilerleme sağlanabilir. Aygırlar ve kısraklar yönünden tahmin edilen genetik yönelimin dalgalı bir seyir izlediği ve seleksiyonda isabet oranının azaldığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Genetik parametre, genetik yönelim, MTDFREML Türk Arap atı, yarış özellikleri

## Estimation of Variance Components and Genetic Trend for the Race Performance in Turkish Arabian horse

**ABSTRACT:** In this study, variance components and genetic trends were estimated for Turkish Arabic race performance characteristics. For this purpose, 8,321 horses riding in Turkey between 1990 and 2016 was evaluated as the result of 35929 races. The variance components were estimated with REML, the breeding values were estimated with BLUP Animal model with MTDFREML. Distance, sex, track type, age, race year and city effects on the best race time and race speed are significant. For the best models, the heritability ( $h^2$ ) for the best race time and speed was estimated to be 0.05 and 0.07, respectively. The repeatability ( $r$ ) for the same traits was estimated to be 0.06 and 0.07, respectively. Heritability for the total earning, mean earnings per start per year and rank ratio were estimated 0.12, 0.18 and 0.84, respectively. According to these results, it can be said that it is difficult to obtain genetic progress with selection for the best race time and speed in this population. However, genetic progress can be achieved quite well for the rank ratio, while there is limited progress for earning characteristics. It was seen that the genetic trend estimated for the stallions and mares was fluctuating and the reliability in the selection decreased.

**Keywords:** Genetic parameter, genetic trend, MTDFREML, Turkish Arabian horse, race traits

<sup>1</sup> Serdar DURU (0000-0001-5243-4458), Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Bursa, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Serdar DURU, sduru@uludag.edu.tr

## GİRİŞ

Türkiye’de Arap atı genel olarak yarış için yetiştirilmektedir. Atlar yarış hayatları boyunca farklı mesafelerde (1000-2400 m) ve farklı pistlerde (kum, çim) yarışlar. Türkiye’de at yarışları Türkiye Jokey Kulübü tarafından organize edilirken Arap atları yarışlara 3 yaşında başlamaktadır (Anonim, 2011). Yarış atı ıslahında seleksiyon programlarının geliştirilebilmesi için öncelikle yarış performansını etkileyen çevre faktörlerinin belirlenerek genetik parametrelerin tahmin edilmesi gerekir (Ricard et al., 2000; Orhan ve Kaygısız, 2010; Sobczykńska, 2010).

Türkiye’de at yetiştiriciliğinde yarış performansını geliştirmek için daha çok çevresel iyileştirme çalışmalarına önem verilmektedir. Bunlar arasında besleme, antrenman yöntemleri, pist şartları, veteriner hizmetleri sayılabilir (Ekiz et al., 2005). Türkiye’de atların pedigri bilgilerine, kendilerinin ve döllерinin tüm yarış sonuçlarına ulaşılabilmesine rağmen, Arap atı ıslahında yarış performansı için sistemli bir genetik seleksiyon programı uygulanmamaktadır. Dolayısıyla genetik ilerleme için varyans komponentleri ile genetik parametrelerin tahmin edilmesi ve damızlık değer tahmini de düzenli olarak yapılmamaktadır. Buna karşın Türkiye’de sınırlı sayıda araştırmada yarış performansı için genetik parametreler tahmin edilmiştir (Ekiz et al., 2005; Köseman and Özbeyaz, 2009; Orhan and Kaygısız, 2010). Bazılarında da genetik yönelim belirlenmiştir (Kaygısız, 2011). Türkiye’de atlar için seleksiyonda çeşitli dış görünüş özelliklerinin yanı sıra hayvanın kendisinin ve yatay-dikey akrabalarının kazandıkları yarış sayısı ve elde ettiği gelir dikkate alınmaktadır (Anonim, 2011; Yıldırım, 2014).

Oysa başta İskandinav ülkeleri olmak üzere bazı ülkelerde engel atlama, gösteri, yarış ve dayanıklılık için dış görünüşü de kapsayan çeşitli özellikler için seleksiyon kriterleri geliştirilmiştir (Dubois et al., 2008; Koenen and Aldridge, 2002; Sole et al., 2014). Bu özellikler için genetik parametreler ve hayvanların damızlık değerleri tahmin edilmekte ve seleksiyonda kullanılmaktadır (Gaffney and Cunningham, 1988; Oki and Sasaki, 1996; Mota et al., 1998; Belhajyahia et al., 2003; Dubois and Ricard, 2007; Langlois and Blouin, 2007; Thorén Hellsten, 2008; Bakhtiari and Kashan, 2009; Park, 2011). 43 üyeli Dünya Spor Atları Yetiştirme Federasyonuna (WBFSH) yaklaşık %80’i Avrupa’dan olmak üzere yıllık 130000 civarında tay kaydedilmektedir (Koenen and

Aldridge, 2002). Suni tohumlamanın yaygınlaşmasıyla birlikte özellikle Fransa ve Almanya önemli taze ve dondurulmuş sperma ihracatçısı durumuna gelmiştir. WBFSH seleksiyon kararlarına yardımcı olmak için tahmini damızlık değerlerine göre sıralama yapmaya başlamıştır. Ayrıca spor atlarında ıslah programlarında optimal bilgi kullanımı için 1998’de INTERSTALLION çalışma grubu oluşturulmuştur (Koenen and Aldridge, 2002; Interstallion, 2016).

Yarış atlarının performansları; yarış süresi, handicap ağırlığı, atların dayanıklılığı, bitirme sırası, derece oranı ve yarış başına kazanç kullanılarak ölçülebilir (Ricard et al., 2000; Thiruvankadan et al., 2009). Ayrıca yarış hızı da atların yarış performansını değerlendirmek için kullanılmaya uygun kantitatif bir ölçüdür (Mota et al., 1998; Ekiz et al., 2005). Bazı araştırmalarda zamana bağlı özelliklerin kalıtım derecelerinin düşük olduğu bildirilirken (Chico, 1994; Mota et al., 1998; Bakhtiari and Kashan, 2009; Orhan and Kaygısız, 2010), bazılarında orta düzeyde bildirilmiştir (Ekiz et al., 2005; Park, 2011; Gomez et al., 2010). Bu nedenle çalışmalar kazanç veya sıralama (tabelada ilk dörde girme) ile bu özelliklerin değerlerinin çeşitli şekillerde transformasyonları üzerine yoğunlaşmıştır (Ekiz et al., 2005; Langlois and Blouin, 2007; Sobczykńska, 2010; Velie et al., 2014).

Bu araştırmanın amacı; ilk olarak Türk Arap atında en iyi yarış zamanı, hız ve kazanç için farklı animal modellerde varyans komponentleri ve genetik parametreleri tahmin etmektir. İkinci olarak en uygun modeli kullanarak damızlık değerleri ve genetik yönelimi belirlemektir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Performans özellikleri

En iyi yarış süresi (EYS): Yarış performansını belirlemek için her koşunun birincisinin saniye cinsinden derecesi kullanılmıştır.

Yarış hızı: Koşu mesafesinin koşunun en iyi yarış süresine bölünmesiyle bulunmuştur.

Toplam gelir (TG): Hayvanların elde ettikleri toplam gelir; hayvanların yaşları, yıllık koşu sayıları ve dolayısıyla toplam koşu sayılarıyla her koşunun geliri ve gelir dağılımına göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle gelir değerlendirilirken ilk olarak literatürde bildirildiği gibi toplam gelirin logaritması (LogTG)

alınmıştır ve geliri 10 TL (Log10=1) üzerinde olanlar değerlendirilmiştir (Ekiz et al., 2005; Langlois and Blouin, 2007).

Yıllık ortalama koşu başına gelir (YOG): Hayvanların yarış hayatı boyunca yıllık ortalama koşu başına gelir hesaplanmış ve bunun logaritması (LogYOG) alınarak değerlendirilmiştir. Tüm hayvanlar yarış hayatları boyunca toplam gelirlerini incelenen her düzeydeki faktörlerin etkisinde elde etmişlerdir. Bu nedenlerle koşu başına ortalamalar kullanıldığından gelir için kullanılan modellere sabit faktör olarak yalnızca cinsiyet dâhil edilmiştir.

Tabela oranı (TO): Koşu geliri koşuyu ilk dörtte bitirenler (tabela) arasında paylaştırıldığı için, tabelaya girme oranları önemli bir ölçüt olarak değerlendirilmiştir. Burada bir hayvanın toplam tabela sayısı toplam koşu sayısına bölünmüş ve elde edilen oransal değerlere ArcSin transformasyonu (ArcSinTO) uygulanmıştır.

Genetik yönelim: Araştırmada genetik yönelim sadece hız için belirlenmiştir. Bu amaçla populasyonun zamanla ortalama damızlık değerindeki değişim kullanılmıştır.

İsabetli Seleksiyon Oranı, %: 1980'den sonra erkek ve dişi hayvanlar yıllara ve damızlık değerlerine göre sıralanmış ve her yıl damızlıkta kullanılan aygır ve kısarak sayısı kadar en iyi erkek ve en iyi dişi belirlenmiştir. Son olarak isabetli seleksiyon oranı bir yılın en iyi erkekleri ve dişileri arasında yer alan aygır ve kısarak oranları olarak hesaplanmıştır.

## Veri

Bu araştırmada Türkiye'de 1990-2016 yılları arasında yapılan at yarışlarında koşan ve birinci olan Türk Arap atlarının yarış sonuçları kullanılmıştır. Analizde kullanılan veri dosyası 382 baba ve 2978 anadan doğan 8321 hayvanın yarış sonuçlarını kapsamaktadır. EYS ve hız için 35929, LogTG ve ArcSinTO için 1675 ve LogYOG için 1449 kayıt kullanılmıştır. Pedigri dosyasında ise 1950-2016 arasında 1192 baba ve 5959 anadan doğan 25969 hayvan vardır. Koşuda 10 ve üzeri yaşta olan hayvanların verileri birleştirilmiştir, üçten az kızı ve yarış sonucu olan babalara ait kayıtlar değerlendirilmemiştir.

## İstatistiksel analizler

Veriler ilk önce modelde yer alacak sabit etkili faktörleri belirlemek için varyans analizi ile GLM prosedüründe analiz edilmiştir (SPSS, 16.0). Sabit etkiler olarak mesafe (14 sınıf 1000-2400 m), cinsiyet (erkek, dişi), pist tipi (kum, çim), yaş (8 sınıf 3-10+), yarış yılı (27 sınıf 1996-2016) ve şehir (9 sınıf) dikkate alınmıştır.

Varyans analizi için verinin normal dağılım göstermesi ve grupların varyanslarının homojen olması beklenmektedir. Eğer veri seti bu şartları sağlamıyorsa ya parametrik olmayan analiz yöntemleri kullanılmalı ya da veri setinin yapısına, ölçeğine ve elde edilmiş şekline uygun yöntemlerle dönüşüm uygulanmalıdır. Veri setinin dağılımını ve bazı özelliklerde veri için yapılan dönüşümlerin etkisini göstermek için Çizelge 1 oluşturulmuştur.

**Çizelge 1.** Araştırmada ele alınan özelliklerin veri setleri için bazı tanımlayıcı değerler ve normallik testi sonuçları

Özellik	Ortalama	Medyan, ortanca	Skewness çarpıklık, eğiklik	Kurtosis basıklık, diklik	Anderson Darling, A <sup>2</sup>	Kolmogorov Smirnov	P
EYS	110.9	105.5	0.49	-0.75	654.6	0.103	P<0.010
HIZ	14.18	14.2	-0.15	-0.19	93.2	0.052	P<0.010
TO, %	50.9	49.0	0.15	-0.58	5.5	0.061	P<0.010
ArcSinTO	45.7	44.4	0.37	0.49	4.3	0.051	P<0.010
TG	209268	5424	6.07	57.8	361.4	0.362	P<0.010
LogTG	2.3	2.1	0.47	-1.01	54.5	0.141	P<0.010
YOG	42766	3529	6.8	64.1	295.2	0.364	P<0.010
LogYOG	3.4	3.5	0.00	-1.3	32.1	0.102	P<0.010

EYS: en iyi yarış süresi, TO: Tabela oranı, %, ArcSinTO: tabela oranının ArcSin transformasyonu, TG: toplam gelir, LogTG: toplam gelirin logaritması, YOG: yıllık ortalama koşu başına gelir, LogYOG: yıllık ortalama koşu başına gelirin logaritması.

Görüldüğü gibi Anderson-Darling ve Kolmogorov-Smirnov yöntemleri kullanılarak yapılan normallik testlerinin olasılık düzeyleri dönüştürme yapılmayan özelliklerde bile anlamlıdır, yani normal dağılım şartının sağlanmadığını göstermektedir. Ancak normal dağılım eğrisiyle beraber çizilen histogramlarda, kutu grafiklerinde, kök (dal)-yaprak diyagramlarında tüm özelliklerin veri setinin çoğunlukla normal dağılım eğrisinin altında toplandığı gözlenmiştir. Ayrıca EYS ve hız yanında LogTG, LogYOG'nin dağılımın şekli ve yönü hakkında bilgi veren, özellikle eğiklik katsayılarının sıfıra yakın ve -1 ile +1 arasında olduğu görülmektedir. Bunlarla beraber ortalama ve ortanca değerlerin birbirine yakın olması da normal dağılımın bir diğer göstergesidir. Bu üç özellikte normal dağılım sağlayabilmek için veri dönüştürmenin etkisi ortalama, ortanca, eğiklik ve diklik değerlerinden görüldüğü gibi oldukça belirgindir. Tabela oranının özgün değerlerinin

$$y + Xb + Za + e$$

(Model 1)

$$y + Xb + Za + Wm + e$$

Cov(a,m)=0

(Model 2)

$$y + Xb + Za + Spe + e$$

(Model 3)

$$y + Xb + Za + Wm + Spe + e$$

Cov(a,m)=0

(Model 4)

bu modellerde;  $y$  her özellik için gözlem değerleri vektörüdür,  $b$  sabit etkiler (mesafe, cinsiyet, pist tipi, hayvanın yaşı, yarış yılı ve şehir) vektörünü,  $a$ ,  $m$ ,  $pe$  ve  $e$  sırasıyla direkt eklemeli genetik etkileri (birey), maternal genetik etkileri (ana), kalıcı çevresel etkileri

normal dağıldığı görülmekle beraber yukarıda açıklandığı gibi bu özellik sayılarak elde edilen değerlerin birbirine oranıyla (ratio) elde edildiği için uygun olan dönüşüm yönteminin açı değerleri (ArcSin) olduğuna karar verilmiş ve dönüşüm yapılmıştır.

(co)varyans komponentleri REML ile damızlık değerleri BLUP Animal model ile MTDFREML kullanılarak tahmin edilmiştir (Boldman et al., 1995). Bu amaçla zamana bağlı özellikler için altı faktör ve gelir özellikleri için sadece cinsiyet faktörü olan animal modeller kullanılmış ve tek değişkenli analiz yapılmıştır (Mrode, 2014). Eğer Simplex fonksiyonunda -2Log likelihood varyansının değeri  $10^{-9}$ 'un altındaysa o zaman konvergens başarılı kabul edilmiştir. -2Log likelihood değeri daha düşük olan model en iyi model olarak belirlenmiştir. Kullanılan modeller matris notasyonu ile aşağıdaki gibi gösterilebilir;

(birey) ve hata etkisini göstermektedir.  $X$ ,  $Z$ ,  $W$  ve  $S$  bu etkilere ait tasarım matrisleridir.  $A$  akrabalık ilişkiler matrisidir. Analizde kullanılan varsayımlar aşağıdaki gibidir;

$$V(a) = A\sigma_a^2, V(m) = A\sigma_m^2, V(pe) = I_n\sigma_{pe}^2, V(e) = I_n\sigma_e^2$$

burada;  $I_n$  hayvan sayısına eşit birim matrisi,  $\sigma_a^2$ ,  $\sigma_m^2$ ,  $\sigma_{pe}^2$  ve  $\sigma_e^2$  direkt eklemeli genetik varyans, maternal genetik varyans, kalıcı çevresel etkilerden

kaynaklanan varyans ve çevre varyansıdır. Bu varyans komponentlerinden yararlanarak kalıtım derecesi ( $h^2$ ), maternal kalıtım derecesi ( $m^2$ ) ve tekrarlanma derecesi ( $r$ ) hesaplanmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### En küçük kareler ortalamaları

Tüm faktörlerin EYS ve yarış hızına etkisi istatistiki olarak önemlidir ( $P < 0.01$ ). Araştırmanın

asıl amacı olmamakla beraber bu faktörlerin hız üzerine etkileri hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır. Buna göre 1000 m'de hız için en küçük kareler ortalaması ve standart hatası  $14.45 \pm 0.013$  m/s ve 2400 m'de  $13.74 \pm 0.013$  m/s'dir. Hız için genel

ortalama erkekler ve dişiler için  $14.13 \pm 0.004 \text{ m s}^{-1}$  ve  $14.04 \pm 0.005 \text{ m s}^{-1}$ 'dir. Çim pist ortalaması  $14.39 \pm 0.005 \text{ m s}^{-1}$ , kum pist ortalaması  $13.79 \pm 0.004 \text{ m s}^{-1}$ 'dir.

Üç yaşlı Arapatlarının ortalamasını  $13.92 \pm 0.007 \text{ m s}^{-1}$ , 10 yaşlıların  $14.18 \pm 0.016 \text{ m s}^{-1}$ 'dir. 1990 yılında ortalama hız  $14.02 \pm 0.013 \text{ m s}^{-1}$ , 2016 yılında  $14.20 \pm 0.009 \text{ m s}^{-1}$ 'dir. Ortalama hız İstanbul'da  $14.41 \pm 0.005 \text{ m s}^{-1}$ , Elazığ'da  $13.70 \pm 0.010 \text{ m s}^{-1}$ 'dir.

Cinsiyetin gelir özellikleri üzerine etkisi önemlidir. Erkekler ve dişilerde ortalama toplam gelir 271954 TL, 92259 TL ( $P < 0.01$ ), ortalama LogTG 2.34, 2.19 ( $P < 0.05$ ), yarış hayatı boyunca yıllık ortalama koşu başına gelir 54530 TL, 19462 TL ( $P < 0.01$ ), LogYOG 3.46, 3.40 ve ArcSinTO 48.0 ve 41.3'tür ( $P < 0.01$ ).

## Genetik parametre ve genetik yönelim tahminleri

Her özellik için modellerde elde edilen varyans komponentleri ve genetik parametre tahminleri Çizelge 2'de verilmiştir. En uygun model model 1'dir. Çoğu yarış özelliği için kalıtım dereceleri çok düşük ve 0.20'nin altında tahmin edilmiştir. Kalıtım dereceleri EYS, hız ve LogTG için sırasıyla model 1 ve model 2'de aynı olmak üzere 0.06, 0.07, 0.12 bulunmuştur. Kalıtım derecesi LogYOG için model 1 ve model 2'de 0.18 ve 0.20 iken ArcSinTO için çok yüksek ve aynı modellerde 0.84 ve 0.83 tahmin edilmiştir. Bütün yarış özellikleri için maternal kalıtım derecesi sıfırdır. EYS ve hız için model 3 ve model 4'te tahmin edilen tekrarlanma derecelerinin 0.06 ve 0.07 olduğu ancak aynı modellerde kalıtım derecelerinin sıfır olduğu görülmüştür.

**Çizelge 2.** Türk Arap atında yarış performans özellikleri için varyans komponentleri ve genetik parametre tahminleri

Özellik	Model	$\sigma_a^2$	$\sigma_m^2$	$\sigma_{pe}^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$	$h^2 \pm SE$	$m^2 \pm SE$	$r \pm SE$	-2Log likelihood
EYS	1	0.455	-	-	7.324	7.779	$0.06 \pm 0.004$	-	-	109345.210
	2	0.455	0.0	-	7.324	7.779	$0.06 \pm 0.005$	0.0	-	109345.215
	3	0.0	-	0.481	7.267	7.748	0.0	-	$0.06 \pm 0.006$	109400.519
	4	0.0	0.0	0.478	7.269	7.749	0.0	0.0	$0.06 \pm 0.002$	109400.519
Hız	1	0.007	-	-	0.097	0.104	$0.07 \pm 0.005$	-	-	-45445.260
	2	0.007	0.0	-	0.097	0.104	$0.07 \pm 0.005$	0.0	-	-45445.196
	3	0.0	-	0.007	0.096	0.104	0.0	-	$0.07 \pm 0.006$	-45379.279
	4	0.0	0.0	0.007	0.096	0.104	0.0	0.0	$0.07 \pm 0.006$	-45379.278
LogTG	1	0.149	-	-	1.069	1.219	$0.12 \pm 0.06$	-	-	2012.366
	2	0.150	0.0	-	1.068	1.219	$0.12 \pm 0.06$	0.0	-	2012.367
LogYOG	1	0.273	-	-	1.241	1.513	$0.18 \pm 0.061$	-	-	2050.827
	2	0.309	0.0	-	1.232	1.541	$0.20 \pm 0.065$	0.00	-	2051.187
ArcSinTO	1	131.96	-	-	26.056	158.020	$0.84 \pm 0.068$	-	-	10017.931
	2	131.88	0.0	-	24.485	157.961	$0.83 \pm 0.068$	0.00	-	10018.127

EYS: en iyi yarış süresi, LogTG: toplam gelirin logaritması, LogYOG: yıllık ortalama koşu başına gelirin logaritması, ArcSinTO: tabela oranının ArcSin transformasyonu,  $\sigma_a^2$ : eklemeli genetik varyans,  $\sigma_m^2$ : maternal genetik varyans,  $\sigma_p^2$ : fenotipik varyans,  $\sigma_e^2$ : çevre varyansı,  $\sigma_{pe}^2$ : kalıcı çevre varyansı,  $h^2$ : kalıtım derecesi,  $m^2$ : maternal kalıtım derecesi  $r$ : tekrarlanma derecesi, SE: standart hata

Araştırmada EYS ve hız için bulunan kalıtım derecesi (0.06) Mota and ark. (1998)'in Througbred atı için bildirdiği değerden (0.12) küçük, Gomez et al. (2010)'ın Trotter atı için bildirdiği (0.29), Ekiz et al. (2005) Türk Arap atı için bildirdiği değerlerden (0.28) çok küçüktür. Buna karşın yarış süresi için bazı araştırmada bildirilen değerlere benzer bulunmuştur (Köseman and Özbeyaz, 2009; Bakhtiari and Kashan, 2009; Orhan and Kaygısız, 2010). Hız için tahmin edilen kalıtım derecesi (0.07) Orhan and Kaygısız (2010) tarafından bildirilene (0.05) benzer, Chico (1994) tarafından bildirilenden (0.01) büyük ve Köseman and Özbeyaz (2009) tarafından bildirilenden (0.17) küçüktür.

LogTG ve LogYOG için hesaplanan kalıtım dereceleri (0.12 ve 0.18) bazı araştırmacılar tarafından bildirilen ve 0.09-0.19 arasında değişen değerlere yakın iken (Chico, 1994; Belhajyahia et al., 2003; Svobodova et al., 2005; Velie et al., 2014), bazı araştırmacılar tarafından bildirilen 0.27-0.43 arasında değişen değerlerden düşük bulunmuştur (Gomez et al., 2010; Ekiz et al., 2005; Köseman and Özbeyaz, 2009; Orhan and Kaygısız, 2010).

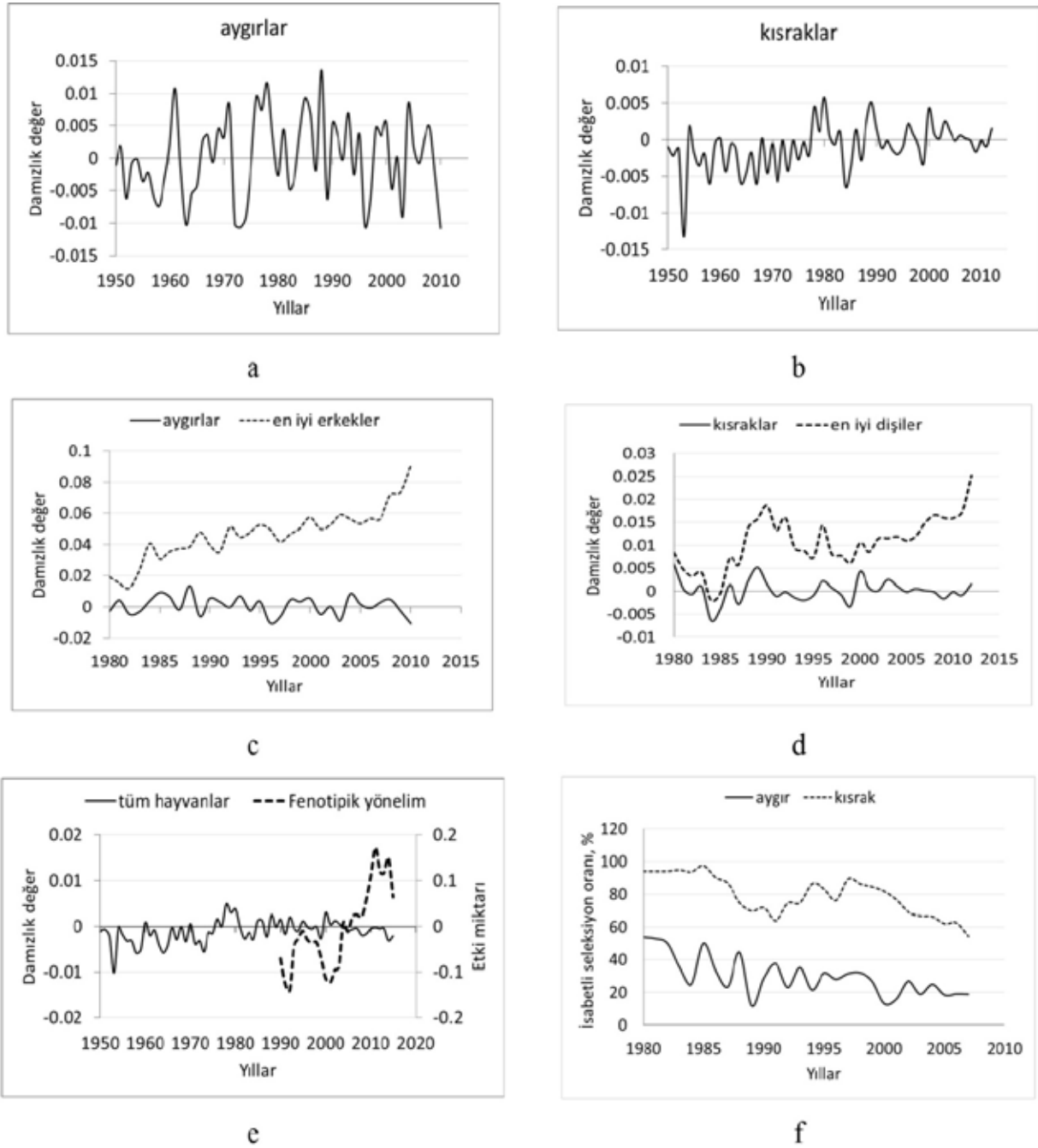
Tabelaya girme oranı için tahmin edilen kalıtım derecesi (0.84) literatürde bildirilen ve 0.07-0.16 arasında değişen sonuçlardan oldukça yüksektir (Chico, 1994; Belhajyahia et al., 2003; Svobodova et al., 2005; Ekiz et al., 2005; Bakhtiari and Kashan, 2009; Gomez et al., 2010). Araştırma sonuçlarına göre zamana bağlı özellikler olan EYS ve hız düşük kalıtım derecelerine sahiptir. Bu nedenle bu özelliklerin büyük oranda çevre faktörlerinden etkilendiği söylenebilir. Bu şartlarda çalışılan populasyonda zamana bağlı özellikler için seleksiyonun etkinliğinin sınırlı olacağı muhtemeldir. At yarışları birçok çevresel faktörden yüksek düzeyde etkilenmektedir. Pist, jokey, mesafe gibi bariz çevresel faktörlerin yanı sıra yarış temposu vb. faktörlerin etkilerini analizlerde sabit (kesikli ve sürekli) ve tesadüfi etkili olarak düzeltmenin kolay olmadığı bildirilmektedir (Velie et al., 2014). Bununla birlikte gelir özelliklerinde logaritmik transformasyonla düşük de olsa bir ilerleme sağlamak mümkün olabilir. Ancak özellikle seleksiyonun tabelaya girme oranına göre yapılması önemli düzeyde genetik ilerleme elde edilmesine imkân verebilir.

EYS ve hız için bulunan tekrarlanma dereceleri (0.06, 0.07) Chico (1994) tarafından bildirilen 0.01

değerinden büyük olmasına rağmen, diğer araştırmacıların 0.35-0.63 arasında bildirdikleri değerlerden çok düşüktür (Ekiz et al., 2005; Orhan and Kaygısız, 2010; Gomez et al., 2010). Hız özellikleri için tekrarlanma derecesinin düşük olması bir atın ilk koşularında gösterdiği performansı ileride devam ettirmesinin garanti olmadığını göstermektedir. Bu durum hayvanların yarış gününün şartlarından oldukça fazla etkilendiklerini göstermektedir. Modellerde hayvana bağlı eklemeli genetik etki yanına, hayvana bağlı kalıcı çevresel etki veya anaya bağlı genetik etki terimleri eklendiğinde eklemeli genetik varyans sıfır olmaktadır.

Hız için aygırlar ve kısraklar yönünden genetik yönelim Şekil 1'de verilmiştir. 1950'den 1990'lara kadar aygır ve kısraklarda genetik yönelim inişli çıkışlı bir seyir izlemiştir (a, b). 1980'den sonra tüm hayvanlar damızlık değerlerine göre sıralanmış ve her yıl damızlıkta kullanılan aygır ve kısraak sayıları kadar en iyi erkek ve en iyi dişinin genetik yönelimi de aygır ve kısraaklarla birlikte gösterilmiştir (c ve d). Tüm hayvanlar için tahmin edilen genetik yönelim (e)'de aygırlar ve kısraaklarda isabetli seleksiyon oranı (f)'de görülmektedir.

Şekil 1'e göre 1980'den beri damızlık seçilen aygırlar ve kısraaklarla önemli bir genetik ilerleme sağlanamadığı söylenebilir. Eğer etkin bir genetik seleksiyon uygulanabilseydi düzenli genetik ilerleme sağlanabilirdi. 1980'den sonra aygırlar ve kısraaklarda isabetli seleksiyon oranı bu olumsuz durumu daha net ortaya koymaktadır (f). Her yıl damızlıkta kullanılan aygır ve kısraak sayısı kadar en iyi erkek ve en iyi dişi arasına giren aygır ve kısraak oranı olarak belirlenen isabetli seleksiyon oranı giderek düşmüştür. Öyle ki 2009, 2010 ve 2011 yıllarında doğmuş 15, 17 ve 8 aygırın hiçbirisi bu yıllar için belirlenen en iyi aygırlar arasında yer almamıştır. Benzer sonuçlar aygırlar kadar dramatik olmasa da kısraaklarda da elde edilmiştir. Son yıllardaki kısraakların yalnızca yaklaşık %40'ı en iyi dişiler arasında yer almıştır. Genetik yönelimin negatif ve pozitif yönlere inişli çıkışlı bir seyir izlemesine rağmen, son yıllardaki fenotipik yönelimin pozitif yönlü (e) olmasının sağlık koruma, besleme, pist koşulları ve antrenman gibi faktörlerin iyileştirilmesinden kaynaklandığı ileri sürülebilir. Literatürde Türk Arap atında genetik yönelimin dalgalanmakla beraber yarış süresi için genellikle negatif, hız için doğrusal artan bir eğilim olmamakla birlikte son yıllarda pozitif olduğu bildirilmektedir (Kaygısız, 2011).



**Şekil 1.** Türk Arap atında hız için genetik yönelim (a. aygırlar, b. kısraqlar, c. aygırlar ve en iyi erkekler, d. kısraqlar ve en iyi dişiler, e. tüm hayvanlar, f. İsaletli seleksiyon oranı, %).

Sonuç olarak, Türkiye’de Arap atı yetiştiriciliğinde seleksiyonun büyük ölçüde dış görünüşe göre yapıldığı, buna ek olarak atların kendilerinin ve akrabalarının performanslarının ve kazançlarının da dikkate alındığı söylenebilir. Ancak yine de daha önce belirtildiği gibi isabetli genetik seleksiyon ve başarılı genetik ilerleme için etkili ıslah yöntemleri kullanılmalıdır. İlk önce popülasyonda mevcut genetik varyasyon zaman

zaman ölçülmeli, eğer eklemeli genetik varyans çok düşükse belli düzeyde arttırılmaya çalışılmalıdır. Sonrasında genetik parametreler ve damızlık değerler belli aralıklarla uygun yöntemlerle tahmin edilmelidir. Bu araştırmada elde edilen sonuçlara göre kullanılacak modele sabit etkilerin yanı sıra tesadüfü etkilerden sadece hayvana bağlı genetik etkileri dâhil etmek yeterli görülebilir.

**KAYNAKLAR**

- Anonim.2011. Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü Atçılık Daire Başkanlığı Yönergeleri. 54 s. Ankara. [www.tigem.gov.tr/Documents/6393381f-7f38-41d4-ae09-d92fca129265.pdf](http://www.tigem.gov.tr/Documents/6393381f-7f38-41d4-ae09-d92fca129265.pdf). (Erişim tarihi: 11 Kasım 2016).
- Bakhtiaria J, Kashan NEJ, 2009. Estimation of genetic parameters of racing performance in Iranian Thoroughbred horses. *Livestock Science*, 120: 151–157.
- Belhajyahia T, Blouin C, Langlois B, Harzalla H, 2003. Breeding evaluation of arab horses from their racing results in Tunisia by a BLUP with an animal model approach, *Animal Research*, 52: 481–488.
- Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Van Tassel CP, Kachman SD, 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT], U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. 114 pp.
- Chico MD, 1994. Genetic analysis of thoroughbred racing performance in Spain. *Annales de Zootechnie*, 43(4): 393-397.
- Dubois C, Ricard A, 2007. Efficiency of past selection of the French Sport Horse: Selle Français breed and suggestions for the future, *Livestock Science*, 112: 161–171.
- Dubois C, Manfredi E, Ricard A, 2008. Optimization of breeding schemes for sport horses, *Livestock Science*, 118: 99–112.
- Ekiz B, Kocak O, 2005. Phenotypic and genetic parameters estimates for racing traits of Arabian horses in Turkey. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 122: 349–356.
- Ekiz B, Koçak O, Yılmaz A, 2005. Phenotypic and genetic parameter estimates for racing traits of Thoroughbred horses in Turkey, *Archiv Tierzucht*, 48: 121-129.
- Gaffney B, Cunningham EP, 1988. Estimation of genetic trend in racing performance of Thoroughbred horses, *Nature*, 332: 722-723.
- Gomez MD, Valera M, Molina A, 2010. Genetic analysis of racing performance of trotters horses in Spain, *Livestock Science*, 127: 197–204.
- Interstallion.2016. [http://www.bi.w.kuleuven.be/GENLOG/livgen/research/interstallion\\_eng.aspx](http://www.bi.w.kuleuven.be/GENLOG/livgen/research/interstallion_eng.aspx). (Erişim tarihi: 11 Kasım 2016).
- Kaygısız A, 2011. Genetic trends for racing performance in Turk Arabian horses raised at Anatolian state farm, *Indian Journal of Animal Sciences*, 81: 853-855.
- Koenen EPC, Aldridge LI, 2002. Testing and genetic evaluation of sport horses in an international perspective, Paper presented at 7th World Congress Applied to Livestock Production. Montpellier, France.
- Köseman A, Özbeyaz C, 2009. Some phenotypic and genetic parameters of racing performance in Arabian horses, *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 56: 219-224.
- Langlois B, Blouin C, 2007. Annual, career or single race records for breeding value estimation in race horses, *Livestock Science*, 107(2–3): 132–141.
- Mota MDS, Oliveria HN, Silva RG, 1998. Genetic and environmental factors that affect best time of Thoroughbred horses in Brazil, *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 115: 123–129.
- Mrode RA, 2014. Linear models for the prediction of animal breeding values, 3rd Edition. CAB International Wallingford Oxfordshire OX10 8DE UK, ISBN-13: 978-1845939816
- Oki H, Sasaki Y, 1996. Estimation of Genetic Trend in Racing Time of Thoroughbred Horse in Japan, *Animal Science and Technology (Jpn.)*, 67(2): 120–124.
- Orhan H, Kaygısız A, 2010. Genetic and Environmental Parameters Effecting Racing Performance of Turk-Arabian Horses Raised at Anatolian State Farm, *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 5: 112–119.
- Park K-Do, 2011. Genetic parameters of finish time in Korean Thoroughbred racehorses, *Livestock Science*, 140: 49–54.
- Ricard A, Bruns E, Cunningham EP, 2000. The Genetics of the Horse, p. 411-438, Editors A.T. Bowling and A. Ruvinsky, CAB International, Oxon, UK.
- Sobczyńska M, 2010. Genetic parameters of racing performance indices in Polish Arabian horses, *Livestock Science*, 131: 245–249.
- Sole M, Cervantes I, Gutierrez JP, Gomez MD, Valera M, 2014. Estimation of genetic parameters for morphological and functional traits in a Menorca horse population, *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12(1): 125–132.
- SPSS, 2007. SPSS for Windows. Release 16.0. Copyright © SPSS Inc., Chicago, IL.
- Svobodova S, Blouin C, Langlois B, 2005. Estimation of genetic parameters of Thoroughbred racing performance in the Czech Republic, *Animal Research*, 54: 499–509.
- Thiruvankadan AK, Kandasamy N, Panneerselvam S, 2009. Inheritance of racing performance of Thoroughbred horses, *Livestock Science*, 121: 308–26.
- Thorén Hellsten E, 2008. International Sport Horse Data for Genetic Evaluation, Doctoral Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, ISSN 1652-6880, Uppsala.
- Velie BD, Hamilton NA, Wade CM, 2014. Heritability of racing performance in the Australian Thoroughbred racing population. *Animal Genetics*, 46: 23–29.
- Yıldırım G, 2014. Atlarda Vücut Yapısının Değerlendirilmesi Neden Bazı Atlar Daha Başarılıdır? Nobel Tıp Kitabevleri. ISBN: 978 605 335 044 6



## Testing Novel Eubiotic Additives: Its Health and Performance Effects in Commercially Raised Farm Animals

Sulhattin YAŞAR<sup>1</sup>, İskender OKUTAN<sup>2</sup>, Ramazan TOSUN<sup>3</sup>

**ABSTRACT:** A microbial fermentation process was developed to produce three eubiotic products containing probiotics, organic acids, enzymes, organic vitamins and minerals. The studies were carried out from 2015 to 2017. One product was specifically added with ground leaves of essential oil plant at the end of fermentation. As a result of this study, a dose of Eubiotic 1 ranging from 0.02 to 0.1% of diet remarkably increased egg yield and egg weight of laying hens. A daily increase of 1 to 3 kg milk per cow with no increase in dry matter intakes was obtained from a dose of 15 g eubiotic 1 per head per day in several farm trials. Calves had a 15 g Eubiotic 2 in warm milk grew faster than those given no supplement in milk. Calves and lambs having a severe level of diarrhea provided with 15 g supplement of eubiotic 2 in milk showed no sign of diarrhea after 6 or 24 h. Dairy cows and beef cattle having severe and acute metabolic disorders administrated with a dose of 75 g eubiotic 2 per cow per twice a day had no signs of such disorders in 24 h. Meat-type broiler chickens and quails given a diet of 0.5% supplement produced more profitable meat than those birds had no supplement. A 250 g live weigh gain with better feed conversion ratio (FCR) was obtained from the fattening beef cattle given a 20 g/day/head of eubiotic 2. Eubiotic mixture 3 was a silage additive and added to approximately 10.000 tonnes of corn silages and then the maturation of silage occurred in 15 to 30 days. It was concluded that these beneficial effects were mainly due to the combination of various active agents, and the proposed dosages were 0.5% in broiler diet, 200-1000 mg/kg of laying hens, 30 g/head in dairy cows.

**Keywords:** Animal nutrition, Eubiotic fed additives, microbial fermentation, health and performance

## Yeni Eubiyotik Katkı Madde Testleri: Ticari Çiftlik Koşullarında Sağlık ve Verim Üzerine Etkiler

**ÖZET:** Bu çalışmada mikrobiyal fermentasyon ile canlı probiyotik, organik asit, enzimler ile organik kökenli vitamin ve mineral maddeler içeren üç yeni eubiyotik katkı maddesi geliştirilmiştir. Araştırmalar 2015-2017 yılları arasında yürütülmüştür. Bunlardan birisi, özellikle fermentasyon sonunda katılan esansiyel ekstrakt kaynağı olarak öğütülmüş bitki içermektedir. Yumurtacı tavukların karma yemlerine %0,02 ile %0,1 arasında eubiyotik 1 katkısının yumurta verimi ve yumurta ağırlığı önemli şekilde artırdığı görülmüştür. Farklı işletmelerde barındırılan süt sığırlarına aynı katkıdan günde 15 gram (bir dizi ön test sonuçlarına göre bu doz etkili olmuştur) yedirildiğinde ise 1-3 kg arasında inek başına süt verimi artışı sağlanmıştır. Yeni doğan buzağılara sütle 15 g yedirildiğinde daha hızlı büyüme sağlanmış, ishal olan kuzu ve buzağılarda ishal vakasına 6 ile 24 saat içerisinde rastlanılmamıştır. Metabolik rahatsızlıklara sahip ergin sığırlara günde iki kere 75 g'lık doz su veya süt ile verildiğinde hayvanlar eski sağlık durumlarına 24 saat içerisinde girmiştir. Eubiyotik 1 karışımından et tipi piliçlere %0.5-1.0 dozlarında rasyon ile verildiğinde ise yemden yararlanma ve büyüme hızı önemli derece artmıştır. Et sığırlarına günde 20 g eubiyotik 2 karışımı verildiğinde günlük canlı ağırlık artışında 250 g daha fazla kazanç sağlanmıştır. Eubiyotik 3 karışımı 10.000 ton mısır silajına katıldığında silajlar 15 ile 30 gün içerisinde olgunluğa ulaşmıştır. Tüm bu yararlı etkilerin bu yeni ürünlerin değişik aktif maddeler içermesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, bu ürünler tamamen doğal kökenli ve hiçbir zararlı etkisine rastlanılmamış olup en faydalı dozların etlik piliçlerde rasyonun %0.5, yumurtacı rasyonlarında 200-1000 mg/kg, süt ineklerinde günde 30 g/baş, buzağı ve genç hayvanlarda 15 g/baş, metabolik rahatsızlıklarda 75 g/baş ve silaj katkı maddesi olarak ton başına 1 g olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Eubiyotik yem katkı maddeleri, hayvan besleme, mikrobiyal fermentasyon, sağlık ve verim

<sup>1</sup> Sulhattin YAŞAR (0000-0001-9334-1303), İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İğdır, Türkiye

<sup>2</sup> İskender OKUTKAN (0000-0001-9334-1303), Gıda Tarım Hayvancılık Bakanlığı, Şarkıkaraağaç İlçe Müdürlüğü, Isparta, Türkiye

<sup>3</sup> Ramazan TOSUN (0000-0001-9334-1303), Sultanhamı Beldesi, Aksaray, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Sulhattin YAŞAR, sulhattin.yasar@gmail.com

## INTRODUCTION

Several numbers of feed additives have been tested as alternatives to feed antibiotics in animal nutrition to improve the health statuses as well as to enhance the animal performance. However, there is no single alternative to the feed antibiotics or it is too difficult to develop a single alternative agent due to the fact that the animal health and performance, and subsequently their microbiota of gastrointestinal tract are under the great influence of the type of diets, environment, husbandry, managements and the strains of animal (Pan and Yu, 2014). The term “eubiotic nutrition” is an integrated strategy to combine different kinds of feed additives in order to achieve a healthy intestinal microbial flora by lowering pathogenic bacteria (dysbiosis) while increasing lactic acid bacteria (eubiosis) throughout the animals’ digestive tract (Kim, 2017; Elala and Ragaa, 2015). This strategy can simply be in a form of a preparation of pre-mixed active agents, whose individual efficacies in farm animals were proven (Kim, 2017). Generally, the synbiotics products with a mixture of pro- ad pre-biotics may provide eubiotic effects (Zhang et al., 2010; Pandey et al., 2015). Using organic acids with or without phyto-genic additives as an eubiotic mixture (Ragaa and Korany, 2016; Polycarpo et al., 2017) has been successfully used an alternative to the feed antibiotics in meat-type poultry (Fascina et al., 2012). However, further formulations of synbiotic mixtures with organic acids, essential plant oils and feed grade enzymes may become too complex, and could not be fit for the purpose. These types of mixture may also contain pure chemical substances (organic acids, trace elements, essential oils) which could interfere with the remaining active agents (probiotics/ enzymes). A pre-coating or capsulation of multiple active agents in a given additive preparation is crucial for the protection of active agents from the digestive secretions and for their mode of action in the specific sites of digestive tract. Elala and Ragaa (2015) clearly showed a eubiotic effect of organic acid by the supplementation of fish diets with potassium diformate, positively affecting gut health and animal performance.

To our best of knowledge there are no eubiotic mixtures produced by microbial fermentation containing several active agents in naturally protected form. Therefore, the aim of this research was to demonstrate the effects of three eubiotic mixtures on animal health and performance of several animal species under farm conditions.

## MATERIALS AND METHODS

### Method of Eubiotic Production

A solid state fermentation (SSF) technology was applied to produce three eubiotic mixtures from the use of agricultural waste products at the Suleyman Demirel University, in the department of Animal Science, Isparta Turkey. The SSF was carried out at 200 L of bioreactor, using GRAS (generally regarded as safe) bacteria and yeast, to ferment the biomass under fixed conditions (pH<0.5, intermitting stirring 10 min at every 12 h, moisture content >60%, temperature=35-39°C), according to the modified method mentioned in the work (Yasar et al., 2016). A natural food material during the fermentation was added to coat the viable probiotic bacteria and yeast cells. All volatile and nonvolatile organic acids produced during the fermentation were also protected by food material. When an eubiotic mixture is intended to contain a source of essential plant oils a fine ground leaves of essential oil plant was added to the fermenting substrate at the end of fermentation, followed by a homogenous mixing process. The final wet product was immediately dried under 50 °C of temperature by the forced aerations for 48 hours, followed by a grinding (3 mm sieve) and mixing process (Yasar et al., 2016).

### Formulation of Eubiotic mixtures

All three eubiotic mixtures contain averaged active live cells of *Saccharomyces cerevisiae* around  $2.1 \times 10^9$  cfu g<sup>-1</sup> and *Lactobacillus* spp. around  $7.5 \times 10^8$  cfu g<sup>-1</sup>. The stability of microorganisms in the product stored for 1 year under room temperature was an average of 92%. The recovery of yeast and bacteria microorganisms in simulated gastric acids was around 87%. All three products were subjected to a heat treatment at 60 °C for 15 min, 75 °C for 15 min and 110 °C for 15 min, consequently. The results showed that some species of *Lactobacillus* spp. survived up to 110°C, but no *Saccharomyces cerevisiae* survived above 75 °C for 15 min. The product has a good smell and aroma of organic acids, mainly lactic acid (7%) and acetic acid (5% in dry matter). The final products contained an averaged activity of 2000 IU of xylanase, 800 IU of beta-glucanase and 450 IU of cellulase per gram dry matter. Stability of enzymes for 6, 12 and 24 months at room temperature were tested to be around 97, 96 and 95%,

respectively. The mixture with essential oil plants has only an amount of ground plant leaves around 0.5%. All eubiotic mixtures did not significantly differ in their formulations, the difference was only the ratio and type of agricultural waste product and food ingredients in total formulations. Eubiotic 1 has contained a source of essential plant oils and intended to be used in dairy cows and laying hens, whereas the eubiotics 2 and 3 did not contain any source of essential plant oils. Eubiotic 2 was intended to be used in meat-type poultry, calves and lambs. The eubiotic 3 was intended to be used as silage additive.

#### **Animal trials with eubiotic mixture 1**

**Trials of Dairy cows:** Four commercial dairy farms (Holstein-Friesen) in Turkey were selected from various locations (Atabey, Burdur, Şarkıkaraağaç) to conduct a feeding trial at different occasions. The cows were in mixed lactation periods. The feeding trial was applied to the cows in lactation periods, while the cows in late lactations were not included in the study. Two independent groups, one control and one test were prepared in the barns. The differences in age, days in lactation, the number of lactations and animal weight were insignificant ( $p > 0.05$ ) between the control and test groups. Both groups of animals were fed on the same diets, mainly forage (ad libitum) and concentrate according to routine dietary management at the farms. The daily milk yield per cow was recorded for 7 days before the start of feeding trials for both groups. All the cows were fed twice a day after milking. The cows in the test groups were only given a dose of 15 g eubiotic mixture 1 per cow per meal by tapping to the concentrate just after the milking.

**Trial of laying hens:** This trial was conducted in Erzurum province at the poultry research unit of Ataturk University, Agricultural Faculty, Department of Animal Science, Erzurum Turkey. A total of 144, 65 week-old hens (Lohman LSL) with similar body weight were randomly divided into 36 replicate cages (50x46x46 cm), each with 4 hens. The hens were fed the same diet of the control (Table 1) and subjected to a lighting regime of 16 h per day prior to the trial. Six experimental diets were prepared in this study: each kg of a control diet formulated to meet the nutrient requirements of laying hens (NRC, 1994) was

supplemented with 0, 200, 400, 600, 800 and 1000 mg of the eubiotic mixture 1. Each of 6 diets was randomly allocated to 6 replicate cages, each with 4 hens. All the hens had a free access to water and feed and subjected to a photoperiod of 16 h per day. A routine daily inspection of housekeeping was practiced throughout the trials. Feed intakes, egg weight, egg production, FCR (g feed per g egg produced) were recorded fortnights for each of replicate cages per treatment.

#### **Animal Trials with Eubiotic Mixture 2**

**Clinical experiment with newborn calves and lambs:** A number of veterinarians in the provinces of Isparta, Konya, Burdur and Aksaray were freely provided with the eubiotic mixture 2. These technical staffs have been long working on the region and had good reputations with their customers. During their routine farm visits, they have tested the effects of eubiotic mixture 2 to treat the newborn calves and lambs suffered from a severe diarrhea (microbial origin, not nutritional) and they compare their effects with the use of a commercial antibiotic which they routinely used for such treatment. This intervention study has been lasted for 2 years. The results of this experiment were presented as average number of days that the calves or lambs were recovered from a severe diarrhea compared to the days of recovery after an antibiotic treatment on the positive controls of calves in the same region during the same study period.

**Beef cattle fattening trial:** This trial was conducted in Isparta at a beef cattle farm. A total of 46 beef cattle at 12 month-age (Crossbreed of Simmental) was divided into 2 groups, one control and one test group. All the animals in both groups had a 10-day of adaptation period after receiving an anti-parasite medication before the start of fattening trial. All the animals were fed on a TMR (total mixed ratio) diet for 30 days. The cattle in test group were given a daily dose of 30 g eubiotic mixture 2, which was just tapped on the TMR. All the animals were weighed before and after the fattening period. Total feed intakes, weight gains and feed conversion ratio (FCR) were calculated for all animals. At the end of experiment, a blood sample was taken from all the animals and subjected to a blood chemistry analysis.

**Broiler trial:** Three isocaloric and isonitrogenous diets, C, T1 and T2 were added with 0, 5.0 or 10.0 g kg<sup>-1</sup> of eubiotic mixture 1, respectively. The diets were formulated according to the NCR (1994) norms of nutrient requirements of broiler chicken. A total of 315 one-day-old Ross-PM 308 chicks were randomly distributed into 15 floor pens, each with 21 birds. The birds in 5 replicated floor pens were assigned to each of the dietary treatments and fed ad libitum for 42 days. The amount of consumed feed (feed intake, FI) of birds kept in each pen was daily recorded. The birds were weighted at the end of every week to measure individual body weight (BW). Weight gain (WG) and FCR were calculated from the weekly FI and BW values per pen.

#### Trial with Eubiotic mixture 3 as silage additive

Maize was harvested during the period of the middle dough maturity. The maize was chopped in 1.5 cm and ensiled in 1.5 L anaerobic jars. Two groups of silage materials were added with or without silage additive. Silage additive was dissolved in distilled water 0.1 g per 10 L and homogenously mixed before the application. The application rate was 1g of silage additive per 1000 kg fresh silage materials. The same amount water without silage additive was also sprayed into the control silage materials. Three jars from each

group were sampled for chemical analysis 0,7, 15, 30 and 50 days after ensiling.

**Statistical analysis:** The data after subjected to a homogeneity test was analyzed by the analysis of variance (ANOVA) using a general linear model procedure (SPSS, 2006). The results were presented as means  $\pm$  standard error. The significance of the differences between means was separated by Duncan's multiple range tests at  $p < 0.05$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

### Experiments with Eubiotic Mixture 1

Providing the dairy cows in several locations in Turkey with a daily dose of 30 g Eubiotic Mixture 1 (top-dressed) in several locations in Turkey significantly  $p < 0.05$  increased milk yield per cow per day in all 4 experiments, as compared to the cows given no supplement in the same farms (Table 1-4). Increased milk yield by the use of Eubiotic Mixture 1 did not associated with any increase in feed intake. The range of increased milk yield was from 0.5 to 4.0 kg per cow per day. During the withdrawing period of the Eubiotic Mixture 1 (Table 3) the milk yield was remained unchanged, as compared to the milk yield of control group.

**Table 1.** Effect of Eubiotic Mixture 1 on milk yield of Holstein Friesian Cows at farm conditions

Experiment 1	Control	Test	
N	50	50	
Age, year	4.5-5.0	4.5-5.0	
Days in lactation	102	112	
Silage, kg DM/day	12.5	12.5	
Wheat straw, kg in DM day <sup>-1</sup>	4	4	
Concentrate (19% CP) kg dry matter/day	9.0	9.0	
Eubiotic mixture 1, g day <sup>-1</sup>	0.0	30	
Study period in days	7	7	
	Control	Test	P
(Average Milk yield in 7 days (kg per cow per day)			
<b>Before</b>	23.8 $\pm$ 0.75	23.4 $\pm$ 0.20	0.342
<b>During</b>	23.85 $\pm$ 0.70 <sup>a</sup>	25.34 $\pm$ 0.40 <sup>b</sup>	0.010

<sup>a-c</sup> Different letters in the same column indicate significant ( $P < 0.05$ ) differences in the test parameter between the group means

The farmers did not tend to feed the dairy cows according to the milk yield, milk fat content and body condition scores at the regions.

Farmers were however very satisfied with the use of the supplement. In all the farms, the cows had watery droppings similar to the diarrhea during the first two

days of the use of the Eubiotic Mixture 1. This result indicated that the Eubiotic Mixture 1 may enhance the utilization of nutrients in gastrointestinal system by improving the health of gut microflora due to the fact the eubiotic mixture 1 provided an appreciable levels of LAB (lactic acid producing bacteria), organic acids, essential plant oils and fiber degrading enzymes.

**Table 2.** Effect of Eubiotic Mixture 1 on milk yield of Holstein Friesian Cows at farm conditions

<b>Experiment 2</b>	<b>Control</b>	<b>Test</b>	
N (number of cows)	45	45	
Age, year	5.5-6.0	5.5-6.0	
Days in lactation	135	130	
Sugar beet pulp, kg in DM day <sup>-1</sup>	4.5	4.5	
Wheat straw, kg in DM day <sup>-1</sup>	4	4	
Concentrate (19% CP) kg dry matter day <sup>-1</sup>	9.0	9.0	
Eubiotic mixture 1, g day <sup>-1</sup>	0.0	30	
Study period in days	10	10	
	<b>Control</b>	<b>Test</b>	<b>P</b>
(Average Milk yield in 10 days (kg per cow per day			
<b>Before</b>	23.6±0.49	24.0±0.31	0.162
<b>During</b>	23.52±0.39 <sup>a</sup>	26.35±0.21 <sup>b</sup>	0.001

<sup>a,c</sup> Different letters in the same column indicate significant (P<0.01) differences in the test parameter between the group means

Several other eubiotic supplements, mainly feed enzymes improved feed digestibility of corn based diets in dairy cows and increased the daily milk yield (Gencoglu et al., 2010; Weiss et al., 2011). Supplementation of dairy ration with yeast products may have beneficial effects on hot seasons to increase dry matter (DM) intake and milk production (Moallem et al., 2010).

In contrary, in UK, the results of a field study showed that there were no statistical effects of

yeast supplements on the performance of dairy cows under commercial conditions (Ambriz-Vilchis et al., 2017). But, it was recommended that the beneficial effects may be seen with the farms where a high level of concentrate feed is used, similar to the cases in our experiments. On the other hands, all the farms in our study are almost identically similar in terms of feeding regimes, climate, animal breeds and type of concentrates and forages, thus the beneficial effects were easily seen.

**Table 3.** Effect of Eubotic Mixture 1 on milk yield of Holstein Friesian Cows at farm conditions

<b>Experiment 3</b>	<b>Control</b>	<b>Test</b>	
N (number of cows)	25	25	
Age, year	5.5-6.0	5.5-6.0	
Days in lactation	150	175	
Sugar beet pulp, kg DM day <sup>-1</sup>	5	5	
Wheat straw, kg DM day <sup>-1</sup>	4	4	
Concentrate (19% CP) kg dry matter/ day	10	10	
Eubiotic mixture 1, g day <sup>-1</sup>	0.0	30	
Study period in days	10	10	
	<b>Control</b>	<b>Test</b>	<b>P</b>
(Average Milk yield in 10 days (kg per cow per day			
<b>Before</b>	20.1±0.23	20.5±0.15	0.125
<b>During</b>	20.25±0.20 <sup>a</sup>	24.45±0.60 <sup>b</sup>	0.001
<b>After</b>	20.0±0.23	21.8±0.70	0.178

<sup>a-c</sup> Different letters in the same column indicate significant (P<0.001) differences in the test parameter between the group means

**Table 4.** Effect of Eubotic Mixture 1 on milk yield of Holstein Friesian Cows at farm conditions

<b>Experiment 4</b>	<b>Control</b>	<b>Test</b>	
N (number of cows)	40	40	
Age, year	4.5-5.0	4.5-5.0	
Days in lactation	105	110	
Wheat straw, kg dry matter/day	2.0	2.0	
Corn silage, kg dry matter/day	8.0	8.0	
Concentrate (19% CP) kg dry matter/day	9.0	9.0	
Eubiotic mixture 1, g day <sup>-1</sup>	0.0	30.0	
Study period in day	90	90	
	<b>Control</b>	<b>Test</b>	<b>P</b>
days- Average Milk Yield kg per cow per day 90			
<b>Before</b>	18.0±0.90	19.2±0.55	0.114
<b>During</b>	20.20±0.41 <sup>a</sup>	25.75±0.57 <sup>b</sup>	0.0001

<sup>a-c</sup> Different letters in the same column indicate significant (P<0.001) differences in the test parameter between the group means

Overall, it can be concluded that this novel Eubiotic Mixture 1 has beneficial effects in increasing milk yield and improving cows' overall health because it contained several types of active agents having beneficial effects on gut flora restoration, enhanced nutrient digestion and assimilation. Supplementation of broiler diets with eubiotic mixture 1 significantly ( $p < 0.05$ ) improved weight gains and feed conversion ratio (FCR) in 21 and 42 days old broiler chickens (Table 5).

**Table 5.** Effect of Eubiotic Mixture 1 on the performance of Ross PM 308 broiler chicks at farm conditions

Treatments	Control	Test 1 (0.5%)	Test 2 (1.0%)	SEM (Standart Error of Mean)
<b>n</b>	63	63	63	---
<b>BW, g bird<sup>-1</sup></b>				
d 0	54.7	54.8	55.0	0.50
d 21	907 <sup>b</sup>	968 <sup>a</sup>	964 <sup>a</sup>	19.0
d 42	2276 <sup>b</sup>	2406 <sup>ab</sup>	2502 <sup>a</sup>	72.1
<b>WG, g bird<sup>-1</sup></b>				
d 21	852 <sup>b</sup>	914 <sup>a</sup>	909 <sup>a</sup>	18.9
d 42	2221 <sup>b</sup>	2351 <sup>ab</sup>	2447 <sup>a</sup>	71.8
<b>FI, g bird<sup>-1</sup></b>				
d 21	1561	1569	1557	33.0
d 42	4890	4934	5088	104.0
<b>FCR</b>				
d 21	1.83 <sup>b</sup>	1.72 <sup>a</sup>	1.72 <sup>a</sup>	0.04
d 42	2.20 <sup>b</sup>	2.10 <sup>ac</sup>	2.08 <sup>a</sup>	0.03
<b>Deads (0-42 days)</b>	1	3	3	---

<sup>a-c</sup> Different letters in the same column indicate significant ( $P < 0.05$ ) differences in the test parameter between the group means

Promoted growth rate and improved FCR are in good agreement with the results obtained from the probiotics products of yeast origin (Haldar et al., 2011; Reisinger et al., 2012; Yasar and Desen, 2014). In contrary there was no influence of 0.5 and 1.0% supplementation of a probiotic additive (protexin) neither on growth performance nor carcass yield in the broilers of Japanese quails (Ayasan, 2016). However, the same additive significantly increased only the body weight of broiler chicken (Fallah, 2016). This improvement did not associated with any increase in feed intake (FI) of the broiler chickens in this experiment. In generally, the monogastric animals did not increase their FI with

the diets supplemented with probiotic, prebiotics and essential plant oils (Fallah, 2016; Gao et al., 2008; Sarica et al., 2009). Supplementing the diets with 0.5 and 1.0% of eubiotic mixture 1 at commercial condition is highly recommended to enhance the growth rate.

The hens fed on the diets supplemented with 0 mg kg<sup>-1</sup> to 1000 mg/kg eubiotic mixture 1 consumed almost similar amount of feed throughout the experimental period since there were no significant ( $P > 0.05$ ) differences in FI between all the groups (Table 6). The overall FI ranged from 149.02 to 150.41 g (SEM = 0.24) per hen per day in this trial. The effect of dietary

supplementation on the egg production was significant ( $P<0.05$ ). There were significantly ( $P<0.05$ ) high egg production values obtained from the 800 and 1000 mg kg<sup>-1</sup> groups; 93.75 and 96.66%, respectively, as compared to the value of 89.23% obtained from the 0 mg kg<sup>-1</sup> group. However, the increases in the egg production values (90.41 to 92.70%, with a SEM of 0.51) in the 200, 400 and 600 mg kg<sup>-1</sup> eubiotic feed additive (EFA) groups did not significantly ( $P>0.05$ ) differ from the value (89.23%) in the 0 mg kg<sup>-1</sup> EFA group. The egg weight of 64.13 g/hen obtained from the control group (0 mg kg<sup>-1</sup> EFA) was significantly ( $P<0.05$ ) increased to the egg weights of 69.25 and 67.34 g hen<sup>-1</sup> obtained

from the 200 and 1000 mg kg<sup>-1</sup> EFA groups. Increases in egg weight obtained from the remaining EFA supplemented groups did not significantly ( $P>0.05$ ) differ from the egg weight of the control group. Furthermore, a 2.62 value of FCR obtained from the control group was significantly ( $P<0.05$ ) different from the 2.32 to 2.49 values of FCR obtained from the 200 to 1000 mg/kg EFA groups, whose FCR values did not differ significantly ( $P>0.05$ ) from each other. As overall, there was significant improvement ( $P<0.05$ ) in FCR of the hens fed on the diets with 200 to 1000 mg kg<sup>-1</sup> eubiotic mixture 1 in this study.

**Table 6.** Effects of varying supplementation levels of Eubiotic Mixture 1 on laying performance of Lohman LSL hens

Inclusion, mg kg <sup>-1</sup>	Feed intake (g hen <sup>-1</sup> )	Egg weight (g hen <sup>-1</sup> )	Egg production (% of kept hens)	FCR (g:g)
0	149.02	64.13 <sup>c</sup>	89.23 <sup>c</sup>	2.62 <sup>a</sup>
200	148.77	69.25 <sup>a</sup>	90.41 <sup>bc</sup>	2.39 <sup>bc</sup>
400	148.11	65.58 <sup>bc</sup>	92.70 <sup>bc</sup>	2.45 <sup>bc</sup>
600	148.15	64.77 <sup>c</sup>	92.08 <sup>bc</sup>	2.49 <sup>ab</sup>
800	148.54	64.70 <sup>c</sup>	93.75 <sup>ab</sup>	2.46 <sup>bc</sup>
1000	150.41	67.34 <sup>ab</sup>	96.66 <sup>a</sup>	2.32 <sup>c</sup>
SEM*	0.24	0.31	0.51	0.02
Probability (P)	>0.05	=0.000	=0.000	=0.000

<sup>a-c</sup> Different letters in the same column indicate significant ( $P<0.05$  or  $P<0.001$ ) differences in the test parameter between the group means. \*SEM; Standard error of means

In this study, voluntary FIs of the hens were not influenced by dietary eubiotic mixture 2 supplementation. This result obtained from our study confirmed the previous results: under normal practical conditions, the beneficial effects of dietary supplementation of microbial feed additives (probiotics/eubiotics) in several poultry species were not regulated by any changes in voluntary FI (Gao et al., 2008; Sarica et al., 2009), but they have a significant effect on the alleviation of reduced FI and depressed birds' performance under subclinical infections (Kulshreshtha et al., 2017; Jiang et al., 2010). Therefore, the enhanced laying performance by the eubiotic mixture 1 supplementation in our trial

was not obtained by the regulation of FI of the hens, but it could rather be due to their probiotic/eubiotic effects at the sites of digestion and absorptions improving digestibility and uptake of nutrients.

### Experiment with Eubiotic Mixture 2

Eubiotic mixture 2 was specifically formulated to balance the microbial flora of gastrointestinal tract in the calves and to promote the growth rate in young growing cattle. The experimental design of fattening trial was shown in Table 7. The results showed that the cattle in the test group receiving a daily dose of 30 g eubiotic mixture 2 per head significantly grew and utilized the feed better than



the cattle in the control group receiving no additives (Table 8). Less amount of dry matter intake in the test group cattle indicated that the eubiotic mixture 2 caused a better nutrient assimilation at the sites of digestion and absorption, compared to the cattle receiving none supplements. The mode of action of this supplement needs to be further investigated, while the most of important action would supposedly be the enhanced lactic acid bacteria population and their consecutive benefits in the digestive systems.

In the rumen the changes in microbial flora are also needed to be investigated.

There have been a number studies showing the growth promoting effects of probiotics in young beef cattle, similar to the our case (Seymour et al., 1995; Beharka et al., 1990; Ely et al., 1990; Hughes, 1988; Fallon and Harte, 1987). In these studies, it was shown that the probiotics may maintain a good balance of gut microbiota, leading better absorption and assimilation of nutrients in fast growing animals.

**Table 7.** Breed, age, initial weights, dry matter (DM) requirements and fattening period (days)

	Control	Test
Age, month	12.0±2.0	11±3.0
Breed	Simmental Cross Breed	Simmental Cross Breed
N (number of cattle)	17	29
Initial weight, kg	375.65±54.0	387.97±63.2
Period, day	30	30
DM intake, kg per day	11.64	12.24
Concentrate, kg DM per day	6.03 (15%CP – 2600 kcal/kg ME)	5.94 (14% CP –2700 kcal/kg ME)
Forage, kg DM per day	4.77	4.095
Molasses, kg DM per day	0.39	0.39
Vitamin+Mineral, kg DM per day	0.09	0.09
Eubiotic 2, g per head per day	0.000	30

**Table 8.** Effect of Eubiotic mixture 2 on the fattening performance of Simmental Cross breeds

	Control	Test
N	17	29
Initial weight, kg	375.65±54.0	387.97±63.20
Day in fattening	30	30
Final weight, kg	403.53±55.85	428.69±68.43
Averaged weight in fattening, kg	388.00±55.00	408±65.75
DM, Requirement, kg day <sup>-1</sup>	11.64	12.24
DM intake, kg day <sup>-1</sup>	11.28	10.555
Average daily gain, kg	1.062±0.140a	1.360±0.120b
Average feed conversion ratio	10.61	7.76

<sup>a-c</sup> Different letters in the same column indicate significant (P<0.05) differences in the test parameter between the group means

In this study, the results of blood chemistry (EC 98/58) showed that the cattle fed on the diet with eubiotic mixture 2 had significantly lower levels of blood creatinine and urea than the cattle fed on the diet with no additive. In table 10, the results of field study (several

locations in Turkey) indicated that the eubiotic mixture 2 is very effective to prevent the diarrhea as early as possible, compared to any commercial antibiotics used for the treatment. These calves also grew faster than the control calves receiving no supplement at all (Table11).

**Table 9.** Blood chemistry of beef cattle fed on the control and test groups

	CREA	UREA	TBIL	DBIL	TP	ALB
Control	1.99±0.39	70±9.68	0.37±0.10	0.49±0.60	8.80±0.30	3.63±0.22
Test	1.52±0.09	57.47±0.72	0.35±0.13	0.51±0.12	8.33±0.57	3.34±0.06
P	0.049	0.034	<b>P&gt;0.05</b>	<b>P&gt;0.05</b>	<b>P&gt;0.05</b>	0.042

<sup>a-c</sup> Different letters in the same column indicate significant (P<0.05) differences in the test parameter between the group means

**Table 10.** Prevention of severe diarrhea in calves and lambs by a daily treatment of Eubiotic Mixture 2

	Eubiotic mixture 2 treatment	Antibiotic treatment
Number of farms	210	150
Number of calves/lambs	750/120	536/105
Averaged age of calves/lambs (days)	7.1±2.0/5.0±0.7	6.5±2.7/4.8±0.6
Days in diarrhea	3.1±0.5/2.0±0.3	4.0±1.2/3.0±0.5
Days of recovery	1.5±0.70a/0.5±0.5a	5.5±2.3b/2.5±0.3b
Visual appraisal (General health, skin and hair, vitality)	++++/+++	++/+

<sup>a-c</sup> Different letters in the same column indicate significant (P<0.05) differences in the test parameter between the group means

All these results clearly showed that the beef cattle, young calves and newborn calves could be healthier and grow faster with the diet containing eubiotic mixture 2 at commercial farm conditions. It seemed that the use of eubiotic mixture 2 containing several types of active agents (probiotics, enzymes, organic acids etc.) may induce remarkable growth promoting effects. This

result confirmed all the results obtained from previous studies regarding the use of individually supplemented probiotics, enzymes and organic acids in similar cases (Ambriz-Vilchis et al., 2017; Yasar et al., 2016; Ayaşan, 2016; Elala and Ragaa, 2015; Yasar and Desen 2014; Fascina et al., 2012).

**Table 11.** Effects of Eubiotic Mixture 2 on the growth performance of calves

	Control	Test	P
N (number of calves)	22	22	
Initial weights, kg	84.5±1.55	81.2±2.10	0.234
Days in feeding test	7	7	
Average daily weight gain per calve	0.585±0.21a	0.935±0.22b	0.045
Visual appraisal (General health, skin and hair, vitality)	++	+++	

<sup>a-c</sup> Different letters in the same column indicate significant (P<0.05) differences in the test parameter between the group means

## Silage additive

**Table 12.** Chemical composition of maize silage treated with or without an inoculant of Eubiotic Mixture 3 (percentage of DM, Dry matter)

Days in ensiling	Treatments	DM loss%	pH	Lactic acid	Acetic acid	Butyric acid
0	Control	0	6.4± 0.1	0.65± 0.01	0.31± 0.11	0.0
	Test	0	6.2± 0.1	0.68± 0.07	0.33± 0.07	0.0
7	Control	0.56± 0.01a	5.5± 0.1a	0.90± 0.08a	0.75± 0.005a	0.0
	Test	0.38± 0.15b	5.1± 0.1b	1.56± 0.15b	0.55± 0.07b	0.0
15	Control	2.56± 0.21a	5.6± 0.1a	1.23± 0.17a	1.73± 0.32a	0.0
	Test	0.52± 0.05b	4.4± 0.1b	4.55± 0.95b	0.64± 0.04b	0.0
30	Control	3.1± 0.33a	5.0± 0.1a	2.50± 0.73a	1.68± 0.25a	0.0
	Test	0.70± 0.5b	4.0± 0.1b	5.18± 1.15b	1.00± 0.06b	0.0
50	Control	3.10± 0.75a	4.8± 0.1a	3.81± 0.05a	1.22± 0.005a	0.0
	Test	0.66± 0.25b	3.9± 0.1b	5.55± 0.08b	0.96± 0.04	0.0

<sup>a,c</sup> Different letters in the same column indicate significant ( $P<0.05$ ) differences in the test parameter between the group means

Eubiotic mixture 3 was used as silage additive. In our in vitro ensiling experiment, the maize silage added with an inoculant had significantly shorter maturation during the ensiling process, compared to the maize silage (Table 12). The loss of dry matter was significantly lower with the use of silage additive, similarly the lower pH values were observed. The levels of lactic acids in the inoculated silage samples were significantly higher. Our on-going research on the field with 10 000 tonnes of maize and alfalfa silage prepared with addition of an 1 g eubiotic<sup>3</sup> per ton in Isparta and Erzurum province clearly indicated that the customers were very satisfied with the use of eubiotic mixture 3 as silage additive due to the fact that the silage was of good quality and its aerobic stability in commercial conditions is longer than they have ever observed. Our laboratory analysis

is still on-going to investigate the nutritional and quality changes in these silage samples.

## CONCLUSION

We have clearly observed important beneficial effects of these novel eubiotic mixtures for better animal performance. These effects were mainly due to the combination of various active agents (organic acid, probiotics, enzymes, antioxidants, vitamins and in some cases essential oil plants).

## Acknowledgement

Authors would like to thank Dr. Barış EREN from the Department of Crop Science at Iğdir University, for his help for the editorial help of the manuscript.

## REFERENCES

- Ambriz-Vilchis V, Jessop NS, Fawcett, RH, Webstre M, Shaw DC, Walker N, Macrea AI, 2017. Effect of yeast supplementation on performance, rumination time, and rumen pH of dairy cows in commercial farm environments. *J Dairy Sci.*, 7:5449-5461
- Ayaşan T, 2016. Efficacy of probiotic supplementation on growth performance and carcass traits in Japanese Quails (*Coturnix coturnix Japonica*). *Indian J Anim Sci*, 86: 795-798.
- Beharka AA, Nagaraja TG, Morrill JL, 1990. Ruminant microbial and metabolic development in young calves fed calf starter supplemented with *Aspergillus oryzae* extract. *J. Dairy Sci.*, 73 (Suppl. 1), 220.
- Elala N. M. A. and Ragaa N. M., 2015., Eubiotic effect of a dietary acidifier (potassium diformate) on the health status of cultured *Oreochromis niloticus*, In *Journal of Advanced Research*, 6: 621-629.
- Ely DG, Ragland KK, Johns JT, Aaron DK, 1990. Amafem supplementation to steers grazing tall fescue. *J. Anim. Sci.*, 68 (Suppl. 1), 31.
- Fallah R, 2016. Productive performance, carcass trait and blood parameters of broiler chickens fed different levels of dried whey and protexin probiotic. *International Journal of Basic Sciences & Applied Research*, 5: 240-247

- Fallon RJ, Harte FJ, 1987. The effect of yeast culture inclusion in the concentrate diet on calf performance. *J. Dairy Sci.*, 70 (Suppl. 1), 119.
- Fascina, Vitor Barbosa, Sartori, José Roberto, Gonzales, Elisabeth, Carvalho, Fabyola Barros de, Souza, Ivan Mailinch Gonçalves Pereira de, Polycarpo, Gustavo do Valle, Stradiotti, Ana Cristina, & Pelícia, Vanessa Cristina., 2012. Phytogetic additives and organic acids in broiler chicken diets. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41: 2189-2197
- Gao J, Zhang HJ, Yu SH, Wu SG, Yoon I, Quigley J, Gao YP, Qi GH, 2008. Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. *Poultry Science* 87:1377-1384.
- Gencoglu HRD, Shaver W, Steinberg J, Ensink LF, Ferraretto S. J, Bertics JC, Lopes MS, 2010. Akins Effect of feeding a reduced-starch diet with or without amylase addition on lactation performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:723–732
- Haldar S, Ghosh TK, Toshiwati, Bedford MR, 2011. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and yeast protein concentrate on production performance of broiler chickens exposed to heat stress and challenged with *Salmonella enteritidis*. *Animal Feed Science and Technology*, 168:61-71.
- Hughes J, 1988. The effect of a high strength yeast culture in the diet of early weaned calves. *Anim. Prod.*, 46: 526.
- Jiang Z, Mohln M, Schatzmayr G, Applegate TJ, 2010. Net effect of an acute phase response – partial alleviation with probiotic supplementation. *Poult. Sci.* 89:28-33.
- Kim, I. H., 2017. (23/10/2017 accessed date). [https://www.dsm.com/content/dam/dsm/anh/en\\_US/documents/Combinations\\_of\\_different\\_Eubiotics\\_do\\_they\\_work.pdf](https://www.dsm.com/content/dam/dsm/anh/en_US/documents/Combinations_of_different_Eubiotics_do_they_work.pdf)
- Kulshreshtha G, Rathgeber B, MacIsaac J, Boulianne M, Brigitte L, Stratton G, Thomas NA, Critchley AT, Hafting J and Prithiviraj B., 2017 Feed Supplementation with Red Seaweeds, *Chondrus crispus* and *Sarcoditheca gaudichaudii*, Reduce *Salmonella Enteritidis* in Laying Hens. *Front. Microbiol* (open journal). 8:567. doi: 10.3389/fmicb.2017.00567
- Lee KW, Everts H, Beynen AC, 2004. Essential Oils in Broiler Nutrition. *International Journal of Poultry Science* 3: 738-752.
- Moallem U, Lehrer H, Livshitz L, Zachut M, Yaboly S, 2010. The effects of live yeast supplementation to dairy cows during the hot season on production, feed efficiency, and digestibility. *Journal of Dairy Science*, 92: 343-351.
- NRC, 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. National Academic Press, Washington, DC, USA.
- Pan D, Yu Z, 2014. Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. *Gut Microbes*, 5: 108–119. <http://doi.org/10.4161/gmic.26945>.
- Pandey KR, Naik S R, Vakil BV, 2015. Probiotics, prebiotics and synbiotics- a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 7577–7587.
- Polycarpo G.V, Anretta I, Kipper M, Cruz-Polycarpo V C, Dadalt J C, Rodrigues P H M, Albuquerque R, 2017. Meta-analytic study of organic acids as an alternative performance-enhancing feed additive to antibiotics for broiler chickens. *Poult Sci.*, 96: 3645-3653.
- Ragaa and Korany, 2016. Studying the effect of formic acid and potassium diformate on performance, immunity and gut health of broiler chickens. *Animal Nutrition*, 2: 296-302
- Reisinger N, Ganner A, Masching S, Schatzmayr G, Applegate TJ, 2012. Efficacy of a yeast derivative on broiler performance, intestinal morphology and blood profile. *Livestock Science*, 143:195-200.
- Sarica S, Corduk M, Yarim GF, Yenisehirli G, Karatas U, 2009. Effects of novel feed additives in wheat based diets on performance, carcass and intestinal tract characteristics of quail. *South African Journal of Animal Science*, 39:144-157.
- Seymour WM, Nocek, JE, Siciliano-Jones J, 1995. Effects of a colostrum substitute and of dietary brewer's yeast on health and performance of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 78: 412–420.
- SPSS, 2006. Computer software SPSS Inc. Headquarters, Wacker Drive, Chicago, Illinois, USA.
- Weiss WP, Steinberg W, Engstrom MA, 2011. Milk production and nutrient digestibility by dairy cows when fed exogenous amylase with coarsely ground dry corn. *Journal of Dairy Science*, 94: 2492-2499
- Yasar S, Desen E, 2014. Efficacy of a feed probiotic bacteria (*Enterococcus faecium* NCIMB 10415), spore (*Bacillus subtilis* ATCC PTA-6737) and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in Japanese quails. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnology*, 71:63-70.
- Yasar S, Gok M S, GurbuzY., (2016). Performance of broilers fed raw or fermented and redried wheat, barley, and oat grains. *Turk J Vet Anim Sci.*, 40: 313-322.
- Zhang MM, Cheng JQ, Lu YR, Yi ZH, Yang P, Wu XT. 2010. Use of pre-, pro-and synbiotics in patients with acute pancreatitis: a meta-analysis. *World J Gastroenterol: WJG.* 16: 3970.

## In Vitro Gaz Üretim Tekniği Kullanarak Bazı Makarnalık Buğday (*Triticum durum* L.) Çeşitlerinin Besleme Değerinin Tespiti

Tugay AYAŞAN<sup>1</sup>, Şerife ERGÜL<sup>1</sup>, İsmail ÜLGER<sup>2</sup>, Mikail BAYLAN<sup>3</sup>, M. Nazım DİNÇER<sup>1</sup>, Hatun BARUT<sup>1</sup>, Sait AYKANAT<sup>1</sup>, H. Erdem ERTEN<sup>1</sup>, Ali Alparslan EZİCİ<sup>1</sup>, Şadiye YAKTUBAY<sup>1</sup>, Cengizhan MIZRAK<sup>4</sup>

**ÖZET:** Bu çalışma, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünde bulunan 5 farklı makarnalık buğday çeşitinin besin değerinin *in vitro* gaz üretim tekniği kullanılarak tespit edilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. 5 farklı makarnalık buğday çeşidinin *in vitro* gaz üretimleri, 0 ve 24. saat inkübasyon zamanında saptanmıştır. 5 makarnalık buğday çeşidi Amanos, Sarıbaşak, Ayzer, Fuatbey ve Eker'dir. Araştırma sonucunda, makarnalık buğday çeşitleri arasında ham kül (HK), ham protein (HP), ham yağ (HY), asit deterjan fiber içerikleri (ADF), nötral deterjan fiber (NDF), hemiselüloz (HES) ve *in vitro* organik madde sindirim derecesi (OMSD) içerikleri istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Kuru madde (KM) ise değişmemiştir ( $P>0.05$ ). En yüksek HP içeriği %12.71 ile Amanos çeşidinden elde edilirken; en düşük değer ise %11.56 ile Fuatbey çeşidinden elde edilmiştir. HY içeriği %1.47 (Sarıbaşak) ile %1.90 (Amanos) arasında değişim göstermiştir. En düşük ve en yüksek ADF değerleri Eker (%3.24) ve Amanos (%3.90) çeşitlerinde saptanmıştır. En düşük ve en yüksek NDF değerleri Sarıbaşak (%15.02) ve Ayzer (%16.86) çeşitlerinden elde edilmiştir. En yüksek HES değeri KM bazında, %13.51 ile Ayzer çeşidinde saptanmıştır. Makarnalık buğday çeşitlerinin gaz üretim miktarları 62.50 ile 72.50 ml/200 mg KM arasında değişmiştir. Metabolik enerji (ME) ve net enerji laktasyon (NEL) içerikleri ise sırasıyla 11.45-12.79 MJ/kg KM ve 6.94-7.95 MJ/kg KM arasında saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İn vitro gaz üretimi, kimyasal kompozisyon, makarnalık buğday çeşitleri, sindirilebilirlik

## Determination of the Nutritive Value of Some Durum Wheat (*Triticum durum* L.) Varieties Developed Using In Vitro Gas Production Technique

**ABSTRACT:** This study was carried out to determine the feed value of five different durum wheat varieties by chemical analysis and *in vitro* gas production technique and to compare feed values. *In vitro* gas productions of five durum wheat varieties were determined at 0 and 24 hours incubation times. The five durum wheat varieties were Amanos, Sarıbaşak, Ayzer, Fuatbey and Eker. The results of analysis of variance indicating that the level of significance differences in the contents of crude ash (CA), crude fat (CF), crude protein (CP), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), hemisellulose (HEM) and *in vitro* organic matter digestibility (IVOMSD) between several varieties of durum wheat ( $P<0.05$ ). Dry matter (DM) did not changed ( $P>0.05$ ). The highest CP content was obtained from the variety of Amanos with a value of 12.71%, whereas the lowest value was obtained from the Fuatbey variety with a value of 11.56%. Crude fat (CF) contents varied from a 1.47% (Sarıbaşak) to 1.90% (Amanos). The lowest and highest ADF values were changed from Eker (3.24%) and Amanos (3.90%) varieties. The lowest and highest NDF contents were obtained from Sarıbaşak (15.02%) and Ayzer (16.86%) varieties. The highest HEM value was obtained from Ayzer variety with a value of 13.51% DM. The gas production rate of durum wheat varieties ranged from 62.50 to 72.50 ml/200 mg DM. The metabolisable energy (ME) and net energy lactation (NEL) contents of durum wheat varieties ranged from 11.45 to 12.79 MJ/kg DM and 6.94 to 7.95 MJ/kg DM, respectively.

**Keywords:** Chemical composition, digestibility, durum wheat varieties, *in vitro* gas production

<sup>1</sup> Tugay AYAŞAN (0000-0001-7397-6483), Şerife ERGÜL(0000-0002-6516-8942), M. Nazım DİNÇER (0000-0002-6260-9001), Hatun BARUT (0000-0001-8972-6307), Sait AYKANAT (0000-0002-5690-408X), H. Erdem ERTEN (0000-0001-6672-0877), Ali ALPARSLAN EZİCİ (0000-0002-5623-0214), Şadiye YAKTUBAY (0000-0001-7242-2841), Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Adana, Türkiye

<sup>2</sup> İsmail ÜLGER (0000-0003-3606-0737), Erciyes Üniversitesi, Seyrani Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Kayseri, Türkiye

<sup>3</sup> Mikail BAYLAN (0000-0002-6299-5811), Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü,, Adana, Türkiye

<sup>4</sup> Cengizhan MIZRAK (0000-0002-5556-4925), TAGEM Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dairesi Başkanı, Ankara, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Tugay AYAŞAN, tayasan@gmail.com

## GİRİŞ

Makarna, irmik ve bulgur sanayisinin vazgeçilmez bir hammadde olan makarnalık buğday, ekmeklik buğdayın yetiştirilme şartlarına göre daha özel iklim ve toprak koşulları istemesi nedeniyle ekim alanı, ekmeklik buğdayın ekim alanının 5’de biri kadardır (Aydoğan ve ark., 2010). Ünal (2002) buğdaydaki protein miktarının tür, çeşit, çevre koşulları ve üretim tekniğine bağlı olarak %6-22 arasında değişim gösterdiğini, ülkemizdeki protein miktarının topbaşlarda %9-13; ekmeklik buğdaylarda %10-15, makarnalık buğdaylarda da %11-17 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Tulukçu ve Sade (2002), makarnalık buğday çeşitlerinin HP düzeyinin kuru ve sulu şartlara göre farklılık gösterdiğini bildirerek, kuru şartlarda makarnalık buğday genotiplerinin HP oranının %13.40 ile %17.32 arasında değişim gösterdiğini; sulu şartlarda ise makarnalık buğday genotiplerinin HP oranının %14.50 ile %16.70 arasında değerler aldığını bildirmişlerdir. Atlı (1987) ise makarnalık buğdaydaki HP oranının %13’ün üzerinde olması gerektiğini ifade etmiştir.

Makarnalık buğdayın makarnalık kalitesi birçok faktöre göre değişim göstermektedir. Bunlar hektolitreye ağırlığı, protein miktarı ve kalitesi, tanenin sertlik ve camsılık oranı, öğütme kalitesi, sarı pigment konsantrasyonu, oksidatif enzimlerin aktiviteleri, yetiştirme şartları ile iklimdir (Güleç ve ark., 2010). Fakat makarnalık buğdayda kaliteyi belirlemek kolay olmayıp kalite; tohum firması ve satıcılarına, makarna sanayisine ve tüketiciye, son ürüne, üreticiye, öğütme sanayisine göre değişim göstermektedir (Dziki and Laskowski, 2005).

2016 yılı TÜİK istatistiklerine göre ülkemizde ekilen makarnalık buğday alanı 12.386.724 dekar olup; bu, toplam ekilen alanın %10.80’ini oluşturmaktadır. Hasat edilen alan 12.184.076 dekar olup; hasat edilen alan söz konusu olduğunda, makarnalık buğdayın tüm ürünler içerisindeki payı %10.72’dir. Makarnalık buğdayın üretimi 3.620.000 ton olup; üretimi %10.27’dir. Makarnalık buğdayın verimi ise ortalama 297 kg/da’dır. Ekmeklik buğdayın verimi ise 266 kg/da olup; makarnalık buğdayın verimi daha yüksektir.

Adana Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde, uzun yıllardır ıslah çalışmaları devam etmekte olup; çalışmalar neticesinde Amanos, Ayzer, Eker, Fuatbey ve Sarıbaşak çeşitleri elde edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada kullanılacak buğday çeşitlerinin protein miktarının buğday kalitesini belirlemede en yaygın olarak kullanılan bir kriter olduğu; protein miktarının pek çok faktöre (çevresel ve kalıtsal faktörlere vb.) bağlı olduğu ve en önemli çevresel faktörlerin toprak verimliliği, yağış miktarının dağılımı ve zamanı ile sıcaklık ve hastalıklar olduğu ifade edilmiştir (Kurt ve Yağdı, 2013).

İn vitro gaz üretim tekniği, yemlerin besin değerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Günümüzde bu konu ile ilgili çeşit ve hat bazında oldukça fazla çalışma yapılmaktadır (Atalay ve ark., 2017; Ayaşan ve ark., 2017a; Ayaşan ve ark., 2017b; Ergül ve ark., 2017; Günel ve ark., 2017; Sevim ve ark., 2017)

Yapılan çalışmalar incelendiğinde söz konusu makarnalık buğdayların in vitro yöntemlerle besin değerinin tespitine yönelik çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle yapılan çalışmanın amacı, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünde geliştirilen farklı makarnalık buğday çeşitlerinin besin değerinin in vitro gaz üretim tekniği kullanılarak tespit edilmesidir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Yem materyali

Araştırmanın yem materyalini Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Doğankent şubesi deneme alanında yetiştirilen makarnalık buğday (*Triticum durum L.*) çeşitleri (Amanos, Ayzer, Eker, Fuatbey, Sarıbaşak) oluşturmuştur. Her bir çeşit için ekilen her parselden numune alınmış olup, parsel sayısı da 4 tutulmuştur.

### Kimyasal analizler

Kuru makarnalık buğday (*Triticum durum L.*) örnekleri, 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülerek analizlerde kullanılmıştır. Ham kül (HK) içeriğini saptamak amacıyla örnekler 550 °C’de 4 saat kül fırınında yakılmıştır. Azot (N) içeriğinin saptanmasında Kjeldahl metodundan yararlanılmıştır. Ham protein (HP) ise N×6.25 formülü ile hesaplanmıştır (Menke and Steingass, 1988). Ham yağ (HY) analizi de AOAC (1990)’de bildirilen yöntemle yapılmıştır. Yemlerin hücre duvarı bileşenlerini oluşturan nötr deterjanda çözünmeyen lif (NDF) ve asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) içerikleri ise Van Soest ve ark. (1991) tarafından bildirilen yöntemlere göre saptanmıştır.

### İn vitro gaz üretim tekniğinin uygulanması

Örneklerin in vitro gaz ve metan gazı üretim miktarları, metabolik enerji (ME), net enerji laktasyon (NEL) ve in vitro organik madde sindirim derecesi (IVOMSD) değerlerinin saptanması amacıyla kuru yonca otu (% 60) ve kesif yem (% 40) tüketen rumen fistüllü 3 baş 2 yaşlı koçtan alınan rumen sıvısı kullanılmıştır. Denemede yemlemeyi takiben 2–3 saat içerisinde hayvanlardan rumen sıvısı alınarak, aynı gün analiz yapılmıştır. 100 ml hacimli özel cam şırıngalara (Model Fortuna, Häberle Labortechnik, Lonsee-Ettlenschieß, Germany) üç paralel olarak tartılan 0.200±0.005 g kurutulmuş yem örneklerinin üzerine Menke ve ark. (1979) tarafından bildirilen yöntem

göre hazırlanan 10 ml rumen sıvısı ve 20 ml tampon çözeltisi karışımı ilave edilmiştir. Bu işlemden sonra tüpler 39°C'deki su banyosunda inkübasyona alınmış ve sırasıyla belirli saatlerde oluşan gaz miktarları tespit edilmiştir.

Üretilen toplam gazın metan içeriği Goel et al., (2008)'nin bildirdiği yöntemle göre infrared metan analizörü (Sensor Europe GmbH, Erkrath, Germany) kullanılarak Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Laboratuvarında yapılmıştır. Örneklerin tüm ME ve IVOMSD'leri Menke ve Steingass (1988), NEL değerleri ise Blümmel ve Ørskov (1993) tarafından bildirilen ve aşağıda gösterilen eşitliklerle hesaplanmıştır:

$$ME, MJ/kg KM = 2.20 + 0.136 \times G\ddot{U} + 0.057 \times HP + 0.002859 \times HY^2$$

$$NEL, MJ/kg KM = 0.1149 \times G\ddot{U} + 0.0054 \times HP + 0.0139 \times HY - 0.0054 \times HK - 0.36$$

$$IVOMSD, \% = 14.88 + 0.889 \times G\ddot{U} + 0.45 \times HP + 0.0651 \times HK$$

(ME: Metabolik enerji, NEL: Net enerji laktasyon, IVOMSD: in vitro organik madde sindirim derecesi, GÜ: 200 mg kuru yem örneğinin 24 saatlik inkübasyon süresi sonundaki net gaz üretimi, HP: % ham protein, HY: % ham yağ ve HK: % ham kül).

### İstatistiksel analizler

Araştırmadan elde edilen verilerin istatistikî olarak değerlendirilmesinde ortalamalar arasındaki farklılıkların saptanmasında SPSS (1999) paket

programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş (General Linear Model); görülen farklılıkların önem seviyelerinin belirlenmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma konusu olan makarnalık buğday çeşitlerinin ham besin madde içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Makarnalık buğday çeşitlerine ait kuru madde (KM), ham kül (HK), ham protein (HP) ve ham yağ (HY) içerikleri

Çeşitler	KM, %	HK, % KM	HP, % KM	HY, % KM
Amanos	92.31	1.75 <sup>bc*</sup>	12.71 <sup>a*</sup>	1.90 <sup>a*</sup>
Sarıbaşak	92.36	1.48 <sup>c</sup>	11.87 <sup>b</sup>	1.47 <sup>c</sup>
Ayzer	92.23	2.34 <sup>a</sup>	11.86 <sup>b</sup>	1.81 <sup>ab</sup>
Fuatbey	92.26	1.89 <sup>b</sup>	11.56 <sup>b</sup>	1.52 <sup>c</sup>
Eker	92.30	1.43 <sup>c</sup>	11.97 <sup>b</sup>	1.60 <sup>bc</sup>
SEM	0.054	0.099	0.125	0.058
ÖS	öd	***	**	**

\*: a, b, c Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistikî açıdan önemlidir (P<0.05); KM: Kuru madde; HK: Ham kül; HP: Ham protein; HY: Ham yağ; SEM: Ortalamalara ait standart hata; ÖS: Önem seviyesi; öd: Önemli değil (P>0.05); \*\*: P<0.05; \*\*\*: P<0.01.

Çizelge 1 incelendiğinde makarnalık buğday çeşitleri arasında HK, HP, HY değerleri arasında istatistikî bir farklılık bulunmuş olup; KM içeriği

bakımından bir farklılık bulunmamıştır. Çizelge 2 incelendiğinde ise ele alınan tüm parametreler bakımından istatistikî bir farklılık oluşmuştur.

**Çizelge 2.** Makarnalık buğday çeşitlerine ait ADF, NDF, IVOMSD ve HES içerikleri

Çeşitler	ADF, % KM	NDF, % KM	IVOMSD, % KM	HES, % KM
Amanos	3.90 <sup>a*</sup>	16.85 <sup>a*</sup>	82.88 <sup>a*</sup>	12.95 <sup>ab*</sup>
Sarıbaşak	3.34 <sup>b</sup>	15.02 <sup>c</sup>	80.23 <sup>ab</sup>	11.68 <sup>c</sup>
Ayzer	3.35 <sup>b</sup>	16.86 <sup>a</sup>	75.96 <sup>b</sup>	13.51 <sup>a</sup>
Fuatbey	3.69 <sup>a</sup>	16.08 <sup>b</sup>	77.48 <sup>b</sup>	12.39 <sup>bc</sup>
Eker	3.24 <sup>b</sup>	15.34 <sup>c</sup>	84.78 <sup>a</sup>	12.10 <sup>c</sup>
SEM	0.088	0.258	1.168	0.226
ÖS	**	***	**	**

: <sup>a, b, c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistikî açıdan önemlidir (P<0.05); ADF: Asit deterjan çözünmeyen lif; NDF: Nötr deterjan çözünmeyen lif; HS: Ham selüloz; IVOMSD: *in vitro* organik madde sindirim derecesi; HEM: Hemiselüloz; SEM: Ortalamalara ait standart hata; ÖS: Önem seviyesi; \*\*: P<0.05; \*\*\*: P<0.01.

Makarnalık buğday çeşitlerinin 24 saatlik inkübasyon süresi sonundaki *in vitro* gaz üretimleri (GÜ) (ml/200 mg KM), metan gazı (CH<sub>4</sub>) üretimleri ile metabolik enerji ve net enerji laktasyon düzeyleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3'den görüleceği üzere makarnalık buğday çeşitleri arasında gaz üretimi, metan üretimi, metabolik enerji ile net enerji laktasyon bakımından görülen farklılıkların önemli olduğu tespit edilmiştir (P<0.05).

Çeşitler arasında en yüksek GÜ değeri 72.5 ml ile Eker çeşidinden elde edilirken, bunu 70.0 ml ile Amanos çeşidi izlemiştir. En düşük GÜ ise 62.5 ml olarak Ayzer çeşidinde gerçekleşmiştir. Metan üretimi 13.41 ml ile Eker çeşidinde en yüksek gerçekleşirken, bu değer en düşük 12.03 ml ile Ayzer çeşidinden elde edilmiştir.

Çizelge 3 incelendiğinde makarnalık buğday çeşitleri arasında ME ile NEL bakımından görülen farklılıkların (P<0.05) önemli olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 3.** Makarnalık buğday çeşitlerinin *in vitro* gaz ve metan üretim miktarları üzerine etkileri

Çeşitler	GÜ, ml/200 mg KM	CH <sub>4</sub> , ml/200 mg KM	ME, MJ/kg KM	NEL, MJ/kg KM
Amanos	70.0 <sup>a*</sup>	13.15 <sup>a*</sup>	12.55 <sup>ab*</sup>	7.73 <sup>a*</sup>
Sarıbaşak	67.5 <sup>ab</sup>	12.32 <sup>b</sup>	12.07 <sup>bc</sup>	7.44 <sup>ab</sup>
Ayzer	62.5 <sup>b</sup>	12.03 <sup>b</sup>	11.45 <sup>c</sup>	6.94 <sup>b</sup>
Fuatbey	64.5 <sup>b</sup>	12.25 <sup>b</sup>	11.63 <sup>c</sup>	7.12 <sup>b</sup>
Eker	72.5 <sup>a</sup>	13.41 <sup>a</sup>	12.79 <sup>a</sup>	7.95 <sup>a</sup>
SEM	1.292	0.190	0.183	0.133
ÖS	**	***	**	**

\*: <sup>a, b, c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistikî açıdan önemlidir (P<0.05); GÜ: 200 mg kuru yem örneğinin 24 saatlik inkübasyon süresi sonundaki net gaz üretimi; CH<sub>4</sub>: 200 mg kuru yem örneğinin 24 saatlik inkübasyon süresi sonundaki metan gazı üretimi; ME: Metabolik enerji; NEL: Net enerji laktasyon; SEM: Ortalamalara ait standart hata; ÖS: Önem seviyesi; \*\*: P<0.05; \*\*\*: P<0.01.



Makarnalık buğday çeşitlerinin kuru madde (KM) içerikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1’e bakıldığında KM değerlerinin %92.23 ile %92.36 arasında değiştiği görülmüştür ( $P>0.05$ ). De Lange et al., (1993), makarnalık buğdayın KM düzeyinin %85.90 olduğunu ifade etmiştir. Buğday danelerinin KM içerikleri, çeşit özelliğinden ziyade, yetiştirme ve hasat dönemindeki hava koşulları ile depolama şartlarına bağlıdır.

Makarnalık buğday çeşitlerinin ham protein (HP) içerikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde, en yüksek HP düzeyinin Amamos çeşidinden elde edildiği (%12.71), en düşük değer ise %11.56 ile Fuatbey çeşidinden elde edildiği görülmüştür ( $P<0.05$ ). Denemede makarnalık buğday çeşitlerinde saptadığımız ortalama HP değerleri (%11.99), Yazar ve Karadoğan (2008)’in saptadığı %13.2-14.2 değerlerinden düşük bulunmuştur. Denemelerden elde edilen farklı sonuçların sebebinin yer, yetiştirme şartı (kuru ve sulu ortamda), iklim, tane protein üzerine gübre uygulama zamanı ve gübre cinsinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Aydoğan ve ark., (2012), makarnalık buğday çeşitlerinin protein oranları bakımından istatistiki bir farklılık oluştuğunu; genotipler arası protein oranlarının %13.23-14.43 arasında değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Kendal ve ark., (2012)’de makarnalık buğday çeşitlerine ait protein oranının çeşitler ve bölgeler arasında farklılık yarattığını, protein oranının %10.77-11.90 arasında farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Kızılgeçi ve ark., (2015), makarnalık buğdaylarla yaptıkları bir çalışmada melez ve anaçlara ait protein oranının %14.71 ile 16.03 arasında değişim gösterdiğini bildirerek, anaçlar arasında en yüksek protein oranının %15.52 ile Mersiniye çeşidinden, melez kombinasyonları arasında ise %16.03 ile 4x5’ melez kombinasyonundan elde edildiğini ifade etmişlerdir. Tekdal ve Yıldırım (2015), makarnalık buğday çeşitlerinin HP değerlerinin ekim zamanına göre farklılık yarattığını ifade etmiş; ortalama HP değerlerinin %11.1 ile %18.7 arasında saptandığını bildirmiştir. Araştırmacılar ekim zamanları arasında önemli farklılıklar olduğunu, geç ekimde protein oranının daha yüksek değerlere sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Kelly et al., (1995) ile Veisz et al., (2007)’de geç ekim/ stres şartlarında protein oranının daha yüksek olduğunu, bu farklılığın sebebinin geç ekimde daha

sıcak ve kurak hava şartlarından kaynaklandığını, yüksek sıcaklık ve düşük yağışlı ortamlarda özellikle tane doldurma döneminde tanede nişasta birikiminin azaldığını ve tanedeki protein oranında artışların olduğunu tespit etmişlerdir.

Usta (2002)’nın, makarnalık buğdayın HP düzeyinin %12.5 olduğunu bildirmesi, denemede saptadığımız %11.99’luk HP düzeyinden yüksek bulunmuştur. Tekdal ve Yıldırım (2015), Fuatbey çeşidinin HP düzeylerini %11.7-15.6 arasında bulurken; denememizde kullanılan Fuatbey çeşidinin HP düzeyi %11.56-12.71 arasında değişim göstermiştir.

Çalışmamızda ham yağ (HY) oranı, makarnalık buğday çeşitleri arasında farklılık göstermiş olup; Sarıbaşak çeşidi %1.47 ile en düşük HY oranına sahip çeşit iken; Amamos çeşidi %1.90 ile HY oranı en yüksek çeşit olmuştur. De Lange et al., (1993), makarnalık buğdayın HY düzeyinin %2.9 olduğunu bildirmiştir.

Hasat ve işleme esnasında danelerin arasına toprak karışması HK içeriğinin daha yüksek olmasına neden olabilmektedir. Ayrıca toprak yapısı, iklim, hasat zamanı, kurutma ve depolama şartlarındaki farklılıklar, biçim zamanı ve vejetasyon, gübreleme ile sulama gibi bazı faktörler de HK içeriklerini etkileyebilmektedir.

5 farklı makarnalık buğday çeşidinin ADF içeriklerine bakıldığında, içeriklerin %3.24 ile %3.90 arasında değişim gösterdiği ( $P<0.05$ ); NDF içeriklerinin de %15.02 ile %16.86 arasında farklılık gösterdiği saptanmıştır. De Lange et al., (1993), makarnalık buğdayın NDF ve ADF düzeylerinin %2.9 olduğunu bildirmiştir. Žilić et al., (2011), makarnalık buğdayların ortalama ADF ve NDF değerlerinin %3.75 ve %37.22 olduğunu bildirmiştir.

-HES değerleri, çeşitler arasında %11.68 ile %13.51 arasında değişim göstermiştir. Žilić et al., (2011), HES değerini ortalama %33.47 olarak tespit ederek, genotiplerin HES değerleri üzerine olan etkisinin istatistiki olarak önemli olduğunu ifade etmiştir ( $P<0.001$ ).

Çeşitlere ait *in vitro* organik madde sindirim derecesi (IVOMSD) değerleri ise % 75.96 (Ayzer) ile %84.78 (Eker) arasında varyasyon göstermiştir ( $P<0.01$ ). ME içerikleri bakımından en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla 11.45 MJ/kg KM (Ayzer) ile 12.79 MJ/kg KM (Eker) olarak saptanmıştır. NEL içerikleri ele alınacak olursa, en yüksek NEL değeri

7.95 MJ/kg KM ile Eker çeşidinden elde edilirken, bu değer en düşük olarak 6.94 MJ/kg KM ile Ayzer çeşidinde bulunmuştur.

Denek ve ark., (2014), kaba yemlere çeşitli bitki yaprakları katkısı ilavesinin *in vitro* metan gazı üretimini azalttığını ifade ederken; Gürsoy ve Macit (2014), yem bitkilerinin kimyasal içerikleri arasında oluşan farklılıkların yemlerin *in vitro* gaz üretimleri ile gaz parametrelerini etkilediğini bildirmiştir. Lopez et al., (2010), 24 saatlik fermentasyondan sonra üretilen toplam gazın içerisindeki metan %'sinin, metan azalmasının tespit edilmesinde kullanılabileceğini, yemlerin anti-metanojenik kapasitelerinin 3 gruba ayrıldığını, bu grupların a) Düşük potansiyel metan içeren (metan oranı >%11 ve <14 arası) b) Orta grup (metan oranı, >6% ve <11% arası), c) Yüksek grup (>%0 ve <%6 arası) olduğunu tespit etmiştir.

Kaplan ve ark., (2016), *in vitro* gaz üretim tekniğinin yemler arasındaki farklılıkların ortaya çıkmasında etkin bir rol oynadığını, bu tekniğin günümüzde ucuz olması, hızlı, kolay olmasından dolayı yaygın bir şekilde kullanıldığını bildirirken; aynı yazarlar NDF ve ADF oranının artmasının, bitkide HP

oranı, gaz üretimi, ME ve OMSD miktarının azalmasına neden olduğunu tespit etmiştir. Kaya ve ark., (2016), gaz üretimini etkileyen çok sayıda faktör olduğunu,, mikroorganizmalar için gerekli karbonhidrat miktarının en önemli faktör olduğunu ifade etmiştir. Atalay ve ark., (2017), olgunluğun, toplam gaz üretimindeki metan üretimi üzerine önemli bir etki yarattığını; buna karşılık olgunluğun *in vitro* gaz üretimi, ME ve OMSD üzerine bir etkisinin olmadığı saptanmıştır.

## SONUÇ

Çalışma sonu elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, makarnalık buğday çeşitlerinin ruminant rasyonlarında başarıyla kullanılabileceği ve özellikle Amanos ve Eker çeşitlerinin gerek besin madde içerikleri, gerekse metabolik enerji ve organik madde sindirim dereceleri bakımından diğer çeşitlere göre öne çıktığı tespit edilmiştir. Amanos ve Eker çeşitleri gerek ham protein, gerek metabolik enerji, gerek net enerji laktasyon değerleri gerekse de *in vitro* organik madde sindirim derecesi bakımından en yüksek değerleri almışlardır.

## KAYNAKLAR

- Altan A, 1986. Tahıl İşleme Teknolojisi. Çukurova Üniv Zir Fak Yayınları, Ders Kitabı No: 13, 10s, Adana.
- Atalay AI, Ozkan CO, Kaya E, Kurt O, Kamalak A, 2017. Effect of maturity on chemical composition and nutritive value of leaves of *Arbutus andrachne* shrub and rumen *in vitro* methane production. Livestock Research for Rural Development 29 (7), 2017.
- Atlı A, 1987. Kışlık tahıl üretim bölgelerinde yetiştirilen bazı ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin kaliteleri ile kalite stabilitesi üzerinde araştırmalar. Türkiye Tahıl Sempozyumu (Tübitak) Bursa, 443-454.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1990. Official Method of Analysis. 15th. ed. Washington, DC. USA. pp 66-88.
- Ayaşan T, Ülger İ, Kaliber M, Ergül Ş, İnci H, Mart D, Türkeri M, 2017a. Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünde yetiştirilen bazı nohut çeşitlerinin besleme değerinin *in vitro* gaz üretim tekniği kullanılarak tespiti. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOP 2017), 15-17 May, 2017, Cappadocia / Turkey.
- Ayaşan T, Ergül Ş, Ülger İ, Kaliber M, Baylan M, Mızrak C, Dinçer MN, Erten HE, Barut H, Ezici AA, Aykanat S, Yaktubay Ş, 2017b. Determination of the nutritive value of some durum wheat varieties developed using *in vitro* gas production technique. IV. International Multidisciplinary Eurasian Congress, 22-26 August, 2017. Roma, Italy.
- Aydoğan S, Şahin M, Akçacık AG, Türköz M, 2010. İleri makarnalık buğday hatlarının farklı çevrelerde verim ve kalite özellikleri yönünden değerlendirilmesi. Harran Üniv Zir Fak Derg, 14(4): 23-31.
- Aydoğan S, Akçacık AG, Şahin M, Demir B, Önmez B, Türköz M, Çeri S, 2012. Bazı makarnalık buğday çeşitlerinin kalite özelliklerinin belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araş Enst Derg, 21 (1): 1-7.
- Bulut S, 2012. Makarnalık buğdayda kalite. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28(5):441-446.
- De Lange CFM, Gillis D, Whittington L, Patience J, 1993. Feeding value of various wheat samples for pigs. <http://www.prairieswine.com/pdf/2024.pdf>. (Erişim tarihi: 15 Eylül, 2017).
- Denek N, Avcı M, Can A, Daş B, Aydın SS, Savrunlu M, 2014. Kimi kaba yemlerde farklı bitki yapraklarının *in vitro* metan üretimi üzerine etkisi. Harran Üniv Vet Fak Derg, 3(2):59-66.

- Dizlek H, Özer MS, Gül H, 2013. Farklı kükürt dozlarının makarnalık ve makarnalık buğdayların nitelikleri üzerine etkileri. *Gıda ve Yem Bil.Teknoloj Derg*, 13: 24-30.
- Dziki, D, Laskowski J, 2005. Wheat kernel physical properties and milling process. *Acta Agrophysica*, 6, 59-71.
- Elmalı M, Toros S, 1997. Buğdayın bazı verim ve kalite özelliklerine sitobion avenaenin etkisi. *Türk Ent Dern* 21(2):109-118.
- Ergül Ş, Ayaşan T, Çil A, Ülger İ, Kaliber M, Çil AN., Şahin V, Burun H, 2017. Effect of varieties on potential nutritive value of sunflower (*Helianthus annuus L.*) lines using in vitro methods and gas production technique. 8th International Balkan Animal Science Conference (BALNIMALCON 2017), 6-8 September, 2017 in Prizren, Kosovo.
- Goel G, Makkar HPS, Becker K, 2008. Effect of sesbania sesban and carduus pycnocephalus leaves and fenugreek (*Trigonella foenum-graecum L*) seeds and their extract on partitioning of nutrients from roughage-and concentrate-based feeds to methane. *Anim Feed Sci Technol*, 147(1-3): 72-89.
- Güleç TE, Sönmezoğlu ÖA, Yıldırım A, 2010. Makarnalık buğdaylarda kalite ve kaliteyi etkileyen faktörler. *GOÜ. Zir Fak Derg*, 27(1):113-120.
- Günel M, Öter M, Özkaya S, 2017. Bazı pazar artıklarının in vitro gaz üretim yöntemiyle yem değerinin saptanması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1): 54-64.
- Gürsoy E, Macit M, 2014. Erzurum ili meralarında doğal olarak yetişen bazı buğdaygil yem bitkilerinin in vitro gaz üretim değerlerinin belirlenmesi. *YYÜ Tar Bil Derg*, 24(3): 218- 227.
- Kaplan M, Üke Ö, Kale H, Yavuz S, Kurt Ö, Atalay AI, 2016. Olgunlaşma döneminin teff otunun potansiyel besleme değeri, gaz ve metan üretimine etkisi. *Iğdır Üniv Fen Bilimleri Enst Derg*, 6(4): 181-186.
- Kaya E, Canbolat O, Atalay AI, Kurt O, Kamalak A, 2016. Potential nutritive value and methane production of pods, seed and senescent leaves of *Gleditsia triacanthos* trees. *Livestock Research for Rural Development* 28 (7).
- Kelly J, Bajon K, Gbur EE, 1995. Relationship of grain yield and test weight dn soft red winter wheat. *Cereal Res Commun*, 23(1-2):53-57.
- Kendal E, Tekdal S, Sertaç T, Aktaş H, Karaman M, 2012. Bazı makarnalık buğday çeşitlerinin diyarbakır ve adıyaman sulu koşullarında verim ve kalite parametreleri yönünden karşılaştırılması. *Uludağ Üniv Zir Fak Derg*, 26(2): 1-14.
- Kızılgöçü F, Yıldırım M, Akıncı C, Albayrak Ö, Başdemir F, 2015. İleri kademe makarnalık buğday popülasyonlarının verim ve kalite yönünden seleksiyonda kullanılabilirliği. *Süleyman Demirel Üniv Zir Fak Derg*, 10(2):62-68.
- Koca FA, Münir A, 1996. Farklı buğday çeşitleri ve pişirme yöntemlerinin bulgur kalitesine etkisi. *Gıda*, 21(5):369-374.
- Kurt PÖ, Yağdı K, 2013. Bazı ileri ekmeklik buğday (*triticum aestivum(L.)*) hatlarının Bursa koşullarında kalite özellikleri yönünden performansının araştırılması. *Tekirdağ Zir Fak Derg*, 10(2):34-43.
- Lopez S, Makkar HPS, Soliva CR, 2010. Screening plants and plant products for methane inhibitors. In: Vercoe PE, Makkar HPS, Schlink A, (Eds): *In vitro* screening of plant resources for extra nutritional attributes in ruminants: Nuclear and related methodologies. London, New York, pp. 191-231.
- Menke KH, Raab L, Salewski A, Steingass H, Fritz D, Schneider W, 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *The J Agric Sci*, 93, 217-222.
- Menke KH, Steingass H, 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *J Anim Res Dev*, 28, 7-55.
- Menke KH, and Steingass H, 1999. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Res and Develop*, 28, 7-55.
- Sevim B, Ayaşan T, Kaliber M, Mizrak C, Ergül Ş, Ülger İ, Aykanat S, Ucak AB, 2017. Effect of varieties on potential nutritive value of barley using in vitro methods and gas production technique. 8th International Balkan Animal Science Conference (BALNIMALCON 2017), 6-8 September 2017, Prizren, Kosovo.
- SPSS (Statistical Package for the Social Sciences for Windows), 1999. Spps Inc., Chicago, Illinois, USA.
- Tekdal A, Yıldırım M, 2015. Sıcaklık stresine maruz bırakılan bazı makarnalık buğday çeşitlerinin kalite özelliklerinin incelenmesi. *Dicle Üniv Fen Bil Enst Derg*, 4(2):68-76.
- TUİK, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu Verileri.
- Tulukçu E, Sade B, 2002. Konya ekolojik şartlarında bazı makarnalık buğday genotiplerinin kuru ve sulu şartlardaki verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Anadolu J of Aari*, 12 (1):65-82.
- Usta H, 2012. Makarna sektör profil araştırması. *İstanbul Ticaret Odası*, 31s.
- Ünal S, 2002. Buğdayda kalitenin önemi ve belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, Gaziantep*, s:25-37.
- Van Soest PJ, Robertson JD, Lewis BA, 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Sci*, 74: 3583-3597.
- Weisz O, Bencze S, Vida G, 2007. Changes in the abiotic stress tolerance of wheat as a result of an increased atmospheric CO<sub>2</sub> concentration. *Buck et al. (eds.), Wheat Production in Stressed Environments*, 341-347.
- Yazar S, Karadoğan T, 2008. Bazı makarnalık buğday genotiplerinin orta Anadolu bölgesinin taban ve kıraç arazi koşullarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniv Zir Fak Derg*, 3(2):32-34.
- Yılmaz N, Şimşek S, 2012. Sivas ekolojik koşullarında makarnalık buğdayda (*Triticum aestivum L.*) üst gübrelemede kullanılacak azotlu gübre form ve miktarının belirlenmesi. *Akademik Zir Derg*, 1(2): 91-96.
- Žilić S, Dodig D, Milašinović Šeremešić M, Kandić V, Kostadinović M, Prodanović S, Savić D, 2011. Small grain cereals compared for dietary fibre and protein contents. *Genetika*, 43(2):381-396.