

# ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

Atatürk University  
Journal of the Agricultural Faculty

ISSN 1300-9036  
E-ISSN 2651-5016

---

Yıl: 2019

Cilt: 50

Sayı: 2

---

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi - Erzurum  
Mayıs – 2019

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ**  
**Atatürk University Journal of the Agricultural Faculty**

**Sahibi (Owner)**

Prof. Dr. Ahmet Çelik  
Dekan

**Baş Editör**  
**(Editor in Chief)**

Prof. Dr. Göksel TOZLU  
(Atatürk Üniversitesi, Erzurum)

**Editörler Kurulu**  
**(Editorial Board)**

Prof. Dr. Bülent ÇETİN  
(Atatürk Üniversitesi, Erzurum)

Prof. Dr. Erdoğan ÖZTÜRK  
(Atatürk Üniversitesi, Erzurum)

Doç. Dr. Selda ÖRS CIRIK  
(Atatürk Üniversitesi, Erzurum)

Doç. Dr. Nuray DEMİR  
(Atatürk Üniversitesi, Erzurum)

**Danışma Kurulu**  
**(Advisory Board)**

Prof. Dr. Fikretin ŞAHİN  
(Yeditepe Üniversitesi, TÜRKİYE)

Dr. Marcin KADEJ  
(Wrocław Üniv. POLONYA)

Dr. Giuseppe FABRIZIO TURRISI  
(Catania Üniv. İTALYA)

Prof. Dr. Attila HEGEDUS  
(Szent Istvan Üniv. MACARİSTAN)

Prof. Dr. Donald L. SUAREZ  
(USDA-ARS Lab. ABD)

Prof. Dr. Maria DATTENA  
(AGRIS, İTALYA)

Prof. Dr. Seyyed ABOLGHASEM  
MOHAMMADI  
(Tebriiz Üniv. İRAN)

Prof. Dr. Sougata BARDHAN  
(Missouri Üniv. ABD)

**Dizgi (Typesetting)**  
Nevrettin SÜRMELE

**Yazışma Adresi**  
**(Correspondence Address)**

Atatürk Üniversitesi  
Ziraat Fakültesi Dergisi  
Yayın Koordinatörlüğü  
25240-ERZURUM-TÜRKİYE

e-mail: gtozlu@atauni.edu.tr

**50 (2) Sayısının Yayın Danışmanları (Advisory Board)\***

Prof. Dr. Bahri KARLI, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Tarım Bil. ve Tekno. Fak., Isparta  
Prof. Dr. Ceyhan TARAKÇIOĞLU, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ordu  
Prof. Dr. Coşkun GÜLSER, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun  
Prof. Dr. Hüsnü ÜNLÜ, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Tarım Bil. ve Tekno. Fak., Isparta  
Prof. Dr. Köksal DEMİR, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara  
Prof. Dr. Metin MÜJDECI, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniv. Tarım Bil. ve Tekno. Fak., Isparta  
Prof. Dr. Mustafa ERBAŞ, Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Antalya  
Prof. Dr. Nutullah ÖZDEMİR, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun  
Prof. Dr. Oğuz YILMAZ, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara  
Prof. Dr. Orhan DENGİZ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun  
Prof. Dr. Öner DEMİREL, Kırıkkale Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Kırıkkale  
Prof. Dr. Rüstem CANGİ, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tokat  
Prof. Dr. Sibel TAN, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Çanakkale  
Prof. Dr. Taşkın ÖZTAŞ, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum  
Prof. Dr. Tayfun AŞKIN, Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ordu  
Doç. Dr. Bülent TÜRGÜT, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi, Artvin  
Doç. Dr. Uğur ŞİMŞEK, Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Iğdır  
Doç. Dr. Halef DİZLEK, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Osmaniye  
Doç. Dr. Hilal YILDIZ, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniv., Müh. ve Mim. Fak., Nevşehir  
Doç. Dr. Nurhan KESKİN, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Van  
Doç. Dr. Safiye Nur DİRİM, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir  
Doç. Dr. Seher KUMCUOĞLU, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir  
Dr. Öğr. Üyesi Adem YAĞCI, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tokat  
Dr. Öğr. Üyesi Arzu SEÇER, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Adana  
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TERİN, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Van  
Dr. Öğr. Üyesi Yasin DEMİR, Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bingöl

\*İsimler unvanlara göre alfabetik olarak sıralanmıştır.

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi yılda üç sayı olarak yayınlanan, süreli, uluslararası ve hakemli bilimsel bir dergidir.

Atatürk University Journal of the Agricultural Faculty is a periodical, international and peer-reviewed scientific journal published three times a year.

- Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, TÜBİTAK/ULAKBİM, GOOGLE SCHOLAR ve uluslararası CAB abstrakt CAB Direkt Clarivate Analytics-Zoological Record veri tabanlarında indekslenmektedir.
- Atatürk University Journal of the Agricultural Faculty are indexed in the abstracting journals of the CAB, CAB Direct, Clarivate Analytics-Zoological Record, GOOGLE SCHOLAR and TÜBİTAK/ULAKBİM Database.

## İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

### Sayfa No

#### ARAŞTIRMA MAKALELERİ/RESEARCH ARTICLES

Organik ve İnorganik Materyallerin İnce Bünyeli Toprağa İlavesi ile Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Hidrofiziksel Özellikleri. Hydrophysical Properties of Growing Media Prepared by Addition of Organic and Inorganic Materials to Fine Textured Soil <b>B. KADIOĞLU, M. Y. CANBOLAT</b> .....	107-114
Determination of Cold Damage in Vineyard and Laboratory Conditions in Dormant Buds of Karaerik Grape Cultivar. Karaerik Üzüm Çeşidinin Kış Gözlerindeki Soğuk Zararının Bağ ve Laboratuvar Koşullarında Belirlenmesi. <b>M. KÜPE, C. KÖSE</b> .....	115-121
Determination of Factors Affecting Potato Consumption Preferences Behaviors of Consumers by Analytic Hierarchy Process: The Case of Erzurum Province. Tüketicilerin Patates Tüketim Tercih ve Davranışlarını Etkileyen Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Tespiti: Erzurum İli Örneği. <b>E. İKİKAT TÜMER, A. AKSOY</b> .....	122-127
Farklı Arazi Kullanımı Altındaki Podzolik Toprakların Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. Determination of Quality Parameters of Podzolic Soils Under Different Land Use. <b>M. GÜLNAR, K. BARİK</b> .....	128-135
Erzurum İli Temel Coğrafi Özellikleri ve Potansiyel İşlemeli Tarım Alanı Varlığı. Basic Geographical Properties and Determination of Potential Arable Lands of Erzurum Province. <b>O. DENGİZ, İ. DEMİRAĞ TURAN, B. ÖZKAN</b> .....	136-152
Effects of Exogenous Glycine Betaine Treatments on Growth and Some Physiological Characteristics of Tomato under Salt Stress Condition. Glisin Betain Uygulamalarının Tuz Stresi Altında Domatesin Bazı Büyüme ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. <b>C. CİVELEK, E. YILDIRIM</b> .....	153-158
Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Kamu Tarım Yatırımlarının Dağılımının Gini Katsayısı ile Ölçülmesi. Measurement of Public Agricultural Investments Distribution in Southeastern Anatolia Region with Gini Coefficient. <b>Ş. YAZGAN, E. KADANALI</b> .....	159-166
Rüzgâr Erozyon Sahasında Gelişme Gösteren Dikenli Hölmez Otu ( <i>Noaea mucronata</i> )'nun Toprağın Bazı Kimyasal Özelliklerine Etkisi. Effect of Thorny Saltwort ( <i>Noaea mucronata</i> ) Growing in The Wind Erosion Field on Soil's Some Chemical Properties. <b>S. TEMEL, B. KESKİN</b> .....	167-173
Zeolitin Farklı Tekstür Sınıfındaki Toprakların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri. Effects of Zeolite on Physical Properties of Different Textured Soils. <b>E. L. AKSAKAL, Y. BUDAK</b> .....	174-186
Erzurum Kent Halkının Kış Aylarında Rekreasyonel Taleplerinin Belirlenmesi. Determination of Recreational Demands of Erzurum City People in Winter. <b>H. YILMAZ, A. AKSU, S. N. ANGIN</b> .....	187-200
<b>DERLEME/REVIEW</b>	
Katı-Sıvı Ekstraksiyonunda Kullanılan Modern Teknikler ve Bu Teknikler Arasında Ultrason Yardımlı Ekstraksiyonun Yeri. Modern Techniques Used in Solid-Liquid Extraction and the Place of Ultrasound Assisted Extraction Among These Techniques. <b>M. ŞENGÜL, E. F. TOPDAŞ</b> .....	201-216
Ekmeğin Besinsel Özelliklerinin İyileştirilmesi. Improvement of Nutritional Properties of Bread. <b>H. MERAL, M. M. KARAOĞLU</b> .....	217-225

## Organik ve İnorganik Materyallerin İnce Bünyeli Toprağa İlavesi ile Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Hidrofiziksel Özellikleri\*

Banu KADIOĞLU<sup>1\*\*</sup> 

Mustafa Y. CANBOLAT<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup> Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Erzurum, Türkiye

(\*Sorumlu yazar e-mail: banu250@hotmail.com)

DOI: 10.17097/ataunizfd.453748

*Geliş Tarihi (Received Date): 15.08.2018*

*Kabul Tarihi (Accepted Date): 19.02.2019*

**ÖZ:** Bu araştırma; pomza, perlit gibi inorganik ve torf gibi organik materyallerin, ince bünyeli bir toprağa, farklı oranlarda karıştırılması ile hazırlanan yetiştirme ortamlarının hidrofiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Hidrofiziksel özelliklerden nem içeriği, hazırlanan yetiştirme ortamlarının doygun duruma getirilmesi sonrasında kontrollü koşullarda kurutulması ile doygun hidrolik iletkenlik ise sabit su seviyeli permeametre yöntemi ile tayin edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, örneklerin doygun durumundan, nem kaybının sonlandırıldığı süreye kadar geçen kuruma sürecindeki ortalama hacimsel nem içeriği değeri, torf: toprak ortamında en yüksek (%34.1), pomza: toprak ortamında ise en düşük (%22.9) bulunmuştur. Pomza ve perlitin toprakla olan %25:%75 karışım oranının diğer ortamlardan daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Denemede üzerinde çalışılan yetiştirme ortamlarının doygun hidrolik iletkenlik değerleri, hem materyal (pomza, perlit ve torf) hem de karışım oranları tarafından önemli seviyede etkilenmiştir. Yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, pomza, perlit ve torf'un hidrolik iletkenlik üzerine oluşturduğu etki bakımından materyallerin ve karışım oranlarının birbirinden farklı ( $p < 0.05$ ) olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, araştırmada kullanılan materyallerin ince bünyeli toprağa ilavesinin yetiştirme ortamının fiziksel özellikleri üzerinde etkili olacağı, bu durumda ortamdaki canlı faaliyetleri ile bitki gelişimi üzerine olumlu yönde katkılar sağlayacağı ifade edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrofiziksel özellikler, Pomza, Perlit, Torf, Yetiştirme ortamı

### Hydrophysical Properties of Growing Media Prepared by Addition of Organic and Inorganic Materials to Fine Textured Soil

**ABSTRACT:** The purpose of this study was to determine the hydrophysical properties of the growing media prepared by mixing different doses of inorganic materials such as pumice and perlite, and organic material such as peat into fine textured soil. Moisture content from hydrophysical properties of growing media was determined by drying saturated samples under controlled conditions and saturated hydraulic conductivity was determined according to the constant water head method. The results indicated that the mean volumetric moisture content of the samples from the saturation state until the end of the moisture loss was the highest in the "peat:soil" media (34.1%) and the lowest in the "pumice: soil" media (22.9%). It was also determined that water holding capacity of the mixing media at 25%:75% pumice and perlite was higher than these of the other mixing media. Saturated hydraulic conductivity values of the growing media were significantly affected by both material (pumice, perlite and peat) and mixture rates. As a result of the multiple comparison test, it was determined that materials and mixture ratios were different ( $p < 0.05$ ) in terms of the effect of pumice, perlite and peat on hydraulic conductivity. In conclusion it can be stated that the addition of the materials used in this study to a fine textured soil would have effects on physical properties of the growing media and would contribute positively on both living activities and plant development.

**Keywords:** Hydrophysical properties, Peat, Perlite, Pumice, Growing media

\*Bu makale, "Pomza perlit ve torf materyallerinin toprakla karıştırılmasından hazırlanan ortamların hidrofiziksel özellikleri ve bu ortamlarda farklı bakterilerle aşılınmış bitkilerin gelişimi" başlıklı doktora tezinden hazırlanmıştır.

### GİRİŞ

Doğal kaynaklarımızdan olan toprak ve su bitkisel üretim ortamının temel bileşenlerindedir. Bu kaynakların aşırı ve yanlış kullanılması, ekolojik dengenin bozulmasına ve canlı faaliyetlerinin sürdürülebilirliğinin kısıtlanmasına neden olabilmektedir. Günümüzdeki öncelikli konulardan biri toprak varlığının korunması diğeride kaliteli ve güvenli gıda üretimidir.

Tarımsal üretimde toprakların sahip olduğu özelliklerin bilinmesinin yanında, verimliliğinin sürdürülebilir olarak artırılmasına katkı sağlayacak kültürel uygulamalar büyük önem taşır.

Kaliteli bir yetiştirme ortamı; iyi havalanma ve drenaja, uygun kütle yoğunluğuna, nem karakteristiklerine, reaksiyona, elektriksel iletkenliğe, kation değişim kapasitesine, dengeli ve optimum besin elementi ile bu elementleri sağlama düzeyine sahip olmalıdır. Yetiştirme ortamı, iyi drenaj koşullarını sağlaması yanında sulama sıklığını azaltacak özelliklere de sahip olmalıdır. Toprak ortamında bitki gelişimi için ideal koşulları sağlamak amacıyla toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini düzenlemede farklı organik ve inorganik materyaller kullanılmaktadır. Bu amaçla pomza, perlit gibi

inorganik materyallerle torf gibi organik materyaller bitki yetiştirme ortamlarında kullanılmaktadır.

Pomza, toprağın su tutma özelliğinin geliştirilmesi amacıyla kullanılan bir materyaldir. Ağır bünyeli topraklarda da, fiziksel koşulların iyileştirilebilmesi için toprağa pomza ilavesi önemli bir uygulamadır. Bu materyalin toprağa karıştırılması ile hazırlanan ortamlarda uygun toprak fiziksel koşulları gelişerek, hava ve su dengesinin optimum düzeylere gelmesi sağlanır (Cabrera, 2003; Şahin et al. 2004; Kuşlu vd., 2005; Şahin ve Anapalı, 2006).

Tarımda kullanılan perlit, havalanma ve drenajı geliştirmesi, bitkilere, yarayışlı nemi ve besin elementlerinin elverişliliğini sağlaması, aşırı toprak sıcaklığını önlemede bir yalıtkan olarak görev alması, bitki gelişimi ile ilgili çalışmalarda temiz, kokusuz ve hafif olması nedeniyle farklı avantajlara sahiptir (Bunt, 1988; Varış ve Eminoğlu, 2003; Örs, 2004; Çinkılıç, 2008).

Torf, kimyasal ve fiziksel özellikler bakımından bitki yetiştirme ortamlarının agronomik karakteristiklerine pozitif katkıda bulunmasından dolayı genellikle organik toprak düzenleyicisi olarak kullanılmaktadır. Uygun fiziksel strüktürü ile bitki kök bölgesinde, su tutma kapasitesi yüksek ve köklerin yeterince havalanmasını sağlayacak bir ortam oluşturan torf, tek başına ve diğer materyallerle karıştırılarak kullanılabilir (Carlile, 2009; Sönmez et al., 2010; Demirkıran ve Cengiz, 2011). Toprağa organik materyal uygulamasının toprakların hacim ağırlığı, porozite ve agregat stabilitesi gibi fiziksel özellikleri üzerine olumlu katkı sağlaması toprağın infiltrasyon hızının artmasına neden olabilmektedir (Hanay, 1991) Hem geleneksel tarımda hem de örtü altı yetiştiriciliğinde bitkisel üretimi artırmak amacıyla toprağın fiziksel özelliklerini geliştirici organik ve inorganik materyallerin toprağa uygulanması ve sağlıklı yetiştirme ortamlarının hazırlanması önemlidir. Bu araştırma; pomza, perlit gibi inorganik ve torf gibi organik materyallerin ince bünyeli toprağa farklı oranlarda karıştırılması ile hazırlanan yetiştirme ortamlarının hidrofiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

#### **MATERYAL VE METOT**

Araştırmada, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında 39°55'54,1" Kuzey enlemi ve 41°14'14,5" Doğu boyları koordinatında, Ap horizonundan alınan Typic Ustorthent sınıfındaki toprağın toprak örneği kullanılmıştır. Araştırma konusu toprak örneği, killi tın bünyeli (kum: %27, silt: %32, kil: %41), organik madde içeriği %1,17, reaksiyonu (pH) 7,5, agregat stabilitesi %72, tarla kapasitesi %38 ve devamlı solma noktası % 12,5'tir.

Toprak örneğinin özelliklerinin tayininde, tekstür, Bouyoucos hidrometre yöntemi (Demiralay,

1993); organik madde, Smith-Weldon yöntemi (Nelson and Sommers, 1982); toprak reaksiyonu 1:2,5 toprak su süspansiyonunda (1:2,5) pH metre ile (Mc Lean, 1982); agregat stabilitesi, ıslak eleme yöntemi; toprak nem karakteristikleri, basınç ekstraktörü ile (Demiralay, 1993) tayin edilmiştir.

Araştırmada, inorganik materyal olarak tane büyüklüğü <4mm, reaksiyonu 7.1, kütle yoğunluğu 0.55 g/cm<sup>3</sup>, porozitesi %70, su tutma kapasitesi %20 olan asit karakterli pomza ile tane büyüklüğü <2mm, reaksiyonu 6.5, kütle yoğunluğu 0.13 g/cm<sup>3</sup>'ve porozitesi %66.4 olan perlit kullanılmıştır. Organik materyal olarak reaksiyonu 5.5, kütle yoğunluğu 0.14 g/cm<sup>3</sup> olan torf araştırmada kullanılmıştır.

Çalışmada; pomza, perlit ve torf, toprakla hacimsel olarak 5 farklı oranda (Materyal:Toprak, %100:0, %75:%25, %50:%50, %25:%75 ve 0:%100) karıştırılmış, hazırlanan örnekler, 100 cm<sup>3</sup> iç hacime sahip pirinç silindirlere (iç çap: 5 ve yükseklik 5 cm) yerleştirilmiş, nem içeriği değişimi (kuruma eğrisi) ve doymuş hidrolik iletkenlik denemelerinde kullanılmıştır. Her iki hidrofiziksel özelliğin belirlenmesinde üç ortam ve beş karışım oranı üç tekrarlamalı olarak (3x5x3= 45 silindir) faktöriyel deneme planına göre araştırılmıştır.

Ortamların kuruma eğrilerinin hazırlanmasında, karışım örneklerinin doldurulduğu silindirlere, doymuşluğa ulaşıncaya kadar yaklaşık 24 saat süre ile su içerisinde bırakılmıştır. Doymuluk durumu sağlanan örnek silindirlere tartılmış, daha sonra sıcaklığı 50°C'a ayarlı olan kurutma fırınına alınmış ve birer gün aralıklarla tartılarak toplamda 150 saat fırında bekletilmiştir. Doymuluktan kuru duruma kadar geçen sürenin 25 saatlik zaman dilimlerine karşılık gelen hacimsel nem içeriği değerleri hesaplanarak, zaman-nem içeriği eğrileri (kuruma eğrisi) hazırlanmıştır (Canbolat, 1999).

Doymuş hidrolik iletkenlik tayininde, silindirlere yerleştirilen örnekler doymuş duruma gelene kadar 24 saat süre ile su ile doyurulmuş, bu örnekler üzerinde sabit su seviyeli permeametre yöntemi ile hidrolik iletkenlik tayini yapılmıştır (Demiralay, 1993).

Sonuçların İstatistiksel analizlerinde, SPSS 13 paket programı kullanılarak, varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Dowdy and Wearden, 1983).

#### **BULGULAR VE TARTIŞMA**

##### **Yetiştirme Ortamı Nem İçeriği Değişimi**

Pomza, perlit ve torf materyallerinin toprakla farklı oranlarda karıştırılması ile hazırlanan ve doymuş duruma getirilen örnekler üzerinde, doymuş durumdan 150. saatin sonuna kadar süren kuruma sürecinin 25 saatlik zaman dilimlerinde belirlenen hacimsel nem içeriği değerlerine ait varyans analizi

sonuçları Çizelge 1.'de, ortalama hacimsel nem içeriği değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, kuruma sürecindeki ortamlar, karışım oranları ve zamanlar

hacimsel nem içeriği üzerinde önemli olmuştur. Bu varyasyon kaynakları arasındaki etkileşimlerinde önemli ( $P<0,01$ ) bulunmuştur (Çizelge 1.).

Çizelge 1. Yetiştirme ortamlarının nem içeriği değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Ortam (O)	2	8051,9	4026,0	943,6**
Karışım Oranı (KO)	4	2290,7	572,7	134,2**
Zaman (Z)	6	153271,9	25545,3	5987,4**
OxKO	8	8739,0	1092,4	256,0**
OxZ	12	2574,2	214,5	50,3**
KOxZ	24	1819,8	75,8	17,8**
OxKOxZ	48	3205,4	66,8	15,6**
Hata	210	896,0	4,3	

\*\*;  $P<0.01$

Çizelge 2'den görüleceği gibi, ortamların karışım oranlarına göre doymuş durumdaki hacimsel nem içeriği pomza, perlit ve torfun %100 olduğu örneklerde sırasıyla %51.0, %61.1 ve %77.3, toprağın %100 olduğu örnekte ise %64.1 olarak

belirlenmiştir. Doymuş durumda en yüksek nem içeriği değeri torf en düşük nem içeriği değeri ise pomza ortamında olup, bu durumu materyallerin sahip olduğu toplam porozitenin yönlendirdiği ifade edilebilir.

Çizelge 2. Yetiştirme ortamlarının kuruma sürecinde hacimsel nem içeriği değerleri

Ortam	Karışım oranı, (%)	Zaman, h							Ortalama
		0	25	50	75	100	125	150	
Pomza : Toprak	100 : 0	51.0	26.0	13.3	6.4	1.9	0.1	0.1	14.1
	75 : 25	57.6	38.4	28.4	17.1	8.1	1.5	0.5	21.7
	50 : 50	61.0	43.2	35.5	25.8	15.3	4.6	0.9	26.6
	25 : 75	62.5	49.2	39.8	30.2	19.5	7.5	1.5	30.0
	0 : 100	64.1	43.8	23.5	10.9	5.6	3.5	1.7	21.9
	<b>Ortalama</b>	<b>59.2g</b>	<b>40.1 f</b>	<b>28.1 e</b>	<b>18.1 d</b>	<b>10.1 c</b>	<b>3.4 b</b>	<b>0.9 a</b>	<b>22.9 A</b>
Perlit : Toprak	100 : 0	61.1	42.2	29.5	17.4	7.8	0.8	0.3	22.7
	75 : 25	63.6	43.3	26.4	12.0	4.8	1.2	0.6	21.7
	50 : 50	62.8	46.7	32.6	19.8	10.8	3.5	1.0	25.3
	25 : 75	64.8	49.2	37.7	24.7	14.1	5.0	1.5	28.1
	0 : 100	64.1	43.8	23.5	10.9	5.6	3.5	1.7	21.9
	<b>Ortalama</b>	<b>63.3 g</b>	<b>45.0 f</b>	<b>29.9 e</b>	<b>16.9 d</b>	<b>8.6 c</b>	<b>2.8 b</b>	<b>1.0 a</b>	<b>23.9 B</b>
Torf : Toprak	100 : 0	77.3	67.9	59.8	48.1	34.1	14.8	1.0	43.3
	75 : 25	81.5	67.5	58.9	45.0	28.8	10.3	1.3	41.9
	50 : 50	79.2	63.1	50.6	35.7	18.7	5.5	1.4	36.3
	25 : 75	71.9	53.6	33.2	17.1	8.3	3.7	1.7	27.0
	0 : 100	64.1	43.8	23.5	10.9	5.6	3.5	1.7	21.9
	<b>Ortalama</b>	<b>74.8 g</b>	<b>59.2 f</b>	<b>45.2 e</b>	<b>31.4 d</b>	<b>19.1 c</b>	<b>7.6 b</b>	<b>1.4 a</b>	<b>34.1 C</b>

Ayrı harf ile gösterilen ortalamalar, istatistiksel olarak 0.05 düzeyinde birbirlerinden farklıdır.

Ortamların ortalama hacimsel nem içeriği değerleri birbirinden farklı gruplar içerisinde yer almıştır. En yüksek ortalama hacimsel nem içeriği değeri (%34.1) torf:toprak karışımında, en düşük

ortalama hacimsel nem içeriği değeri (%22.9) pomza:toprak karışımının olduğu ortamda ortaya çıkmıştır (Çizelge 2).

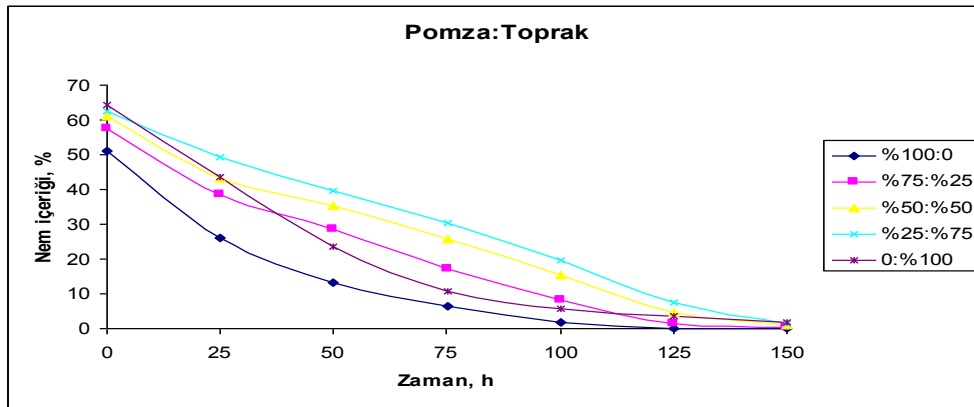
Çizelge 2'den görüleceği gibi, materyal:toprak karışımlarında materyal içeriğinin azalması, pomza : toprak ile perlit : toprak karışımlarında ortamın nem içeriğinin artmasını sağlamış, ancak torf : toprak karışımında ortamların nem içeriğinde azalma ortaya çıkmıştır. Pomza:toprak karışımında %100:0, %75:%25, %50:%50 ve %25:%75 karışım oranlarına sahip ortamlar arasındaki anem içeriğindeki artış, sırasıyla %53.9, %22.6 ve %12.8 olmuştur. Perlit:toprak karışımında %100:0, %75:%25 karışım oranına sahip örnekler arasında bir artış kaydedilmemiş, ancak %75:%25, %50:%50 ve %25:%75 karışım oranlarına sahip örnekler arasında nem içeriğinde sırasıyla %16.6 ve %11.1'lik artış olmuştur. Torf: toprak karışımında %100:0, %75:%25, %50:%50 ve %25:%75 karışım oranlarına sahip ortamlar arasında nem içeriğinde sırasıyla %3.2, %13.4 ve %25.6'lık azalma kaydedilmiştir.

Pomza: toprak karışımında ortalama değerlere göre, kuruma sürecindeki zaman dilimlerine bağlı olarak yapılan değerlendirmede, doymun durumdan ilk 25 saatlik periyotun sonunda hacimsel nem içeriğinde %32 azalma olduğu, daha sonraki periyotlarda azalan nem içeriğinin sırasıyla %30, %36, %44, %66 ve %73 olduğu kaydedilmiştir.

Kuruma sürecinde, pomzanın %100 seviyesi için başlangıç durumuna göre, 75. saate kadar nem içeriğindeki azalmanın yaklaşık %50 civarlarında

gerçekleştiği bu süreden sonra 125. saate kadar geçen her 25 saatlik periyotta sırası ile azalma oranının %70 ve %92.5 civarlarında olduğu belirlenmiştir. Son iki ölçüm (125 ve 150. saatler) arasında ise azalma %50 olmuştur (Çizelge 2 ve Şekil 1). Oransal olarak nem içeriğindeki en fazla kayıp 100. ile 125. saatler arasında gerçekleşmiştir. Ancak aynı durum sadece toprak örneği içeren ortam için 50. ve 75. saatler arasında %53.7 olarak ortaya çıkmıştır. Bu durum mikro gözeneklerde gelişen nem tansiyonunun ortadan kalktığı süre aralığı olarak değerlendirilmiştir. Pomza:toprak karışımında, %25:%75 oranına sahip ortamın doymunluk durumu hariç ölçüm yapılan periyotlardaki nem içeriğinin, aynı grup içerisindeki diğer ortamlardan daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Şahin vd. (2005), yapmış oldukları bir çalışmada toprağa pomza ilavesindeki artışa bağlı olarak düşük tansiyonlarda (0-0.98 kPa) nem içeriğinin de arttığını, yüksek tansiyonlarda (32.36-1471 kPa) ise karışım oranının artmasına rağmen nem içeriğinde bir azalma ortaya çıktığını kaydetmişlerdir. Diğer bir çalışmada da bitki yetiştirme ortamı olarak değerlendirilen pomza ortamının genel olarak yüksek bir hava kapasitesine sahip olduğu kolay alınabilir su yüzdesinin düşük olduğu ifade edilmiştir (Özgümüş, 1997).



Şekil 1. Pomza ve toprağın farklı karışım oranları için kuruma eğrileri

Perlit: toprak karışımlarında zaman dilimlerine bağlı olarak ortalama değerler arasında yapılan değerlendirmede, ilk 25 saatlik periyotun sonunda nem içeriğindeki azalmanın %29, sonraki periyotlarda bir önceki ölçüm değerine göre, %34, %43, %49, %68 ve %64 oranında nem kaybının gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ortamların zamana bağlı olarak değişen nem içerikleri değerlendirildiğinde; doymun durum için en yüksek nem içeriği değeri, perlitin karışımında %25 seviyesinde bulunduğu ortamda %64.8 olarak tespit edilmiştir. Bu değerleri perlitin %75, %50 ve %100 olarak bulunduğu ortamlarda

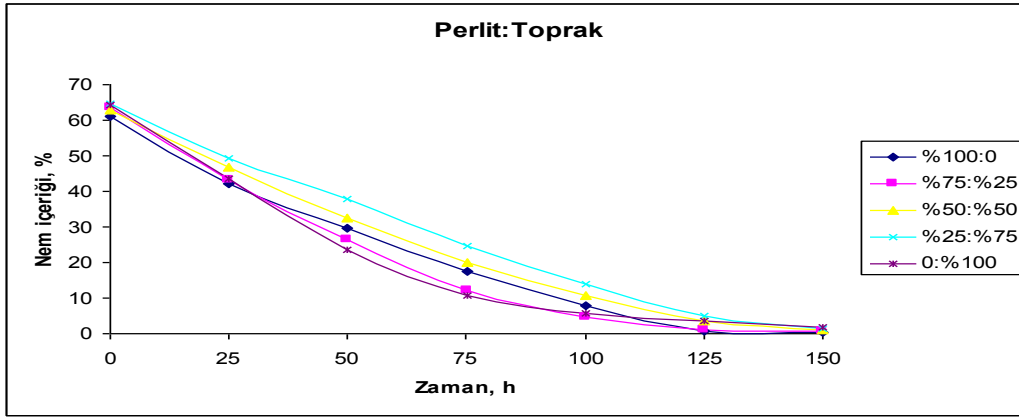
sırasıyla %62.8, %63.6 ve %61.1 olarak takip etmiştir. Doymun durumdan itibaren kontrollü koşullarda kurumaya bırakılan örneklerden perlitin %25 ve %50 olarak yer aldığı ortamlar, kuruma sürecinin zaman dilimlerinde en yüksek nem içeriği değerlerine sahip olmuş, bu değerleri perlitin %100 ve %75 olarak yer aldığı ortamlar izlemiştir (Çizelge 2. ve Şekil 2.). Bu durum nem içeriğinin yaklaşık %5 seviyesine kadar düştüğü 115. saat civarlarına kadar sürmüştür. Ölçüm süreleri arasındaki oransal nem kaybının maksimuma ulaştığı zaman aralığı, mikro gözeneklerde gelişen nem tansiyonunun ortadan

kalktığı ve daha büyük gözeneklerden suyun boşalabildiği süre olarak değerlendirilmiştir.

Pomza : toprak ortamında olduğu gibi, perlit : toprak ortamındaki %25:%75 karışımının aynı grup içerisindeki diğer ortamlardan daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Perlitin yüksek su depolama kapasitesine sahip olduğu (Jamai et al., 2011), tanelerinin elektriksel yük taşımadığından dolayı ortamdaki su ve besin elementlerinin bitki kökleri tarafından kolaylıkla alınabileceği (Munsuz ve ark., 1982; Verdonck, 1983) bu nedenle yetiştirme ortamlarında perlitin önemli bir materyal olarak kullanılabilceği ifade edilebilir. Perlitin tınlı toprağa karıştırılmasıyla

oluşturulan ortamların toplam porozite ve gözenek dağılımları, perlit ortamı ile karşılaştırıldığında, havalanma ve drenajı sağlayan büyük gözeneklerde önemli bir değişikliğin olmadığı, suyun tutulabildiği küçük gözeneklerde ise karışım oranındaki toprak içeriğinin artmasına bağlı olarak önemli bir artışın ortaya çıktığı vurgulanmıştır (Örs, 2004). Perlit-toprak karışımlarındaki perlit içeriğinin %90 ve %80 olması durumunda düşük tansiyonlarda (pF 0 ile pF 2.52) tutulan su miktarında önemli değişikliğin olmadığı ancak perlitin %70, %60 ve %50 olarak yer aldığı karışımlarda ise tutulan su miktarında önemli artışların olduğu kaydedilmiştir (Örs, 2004).

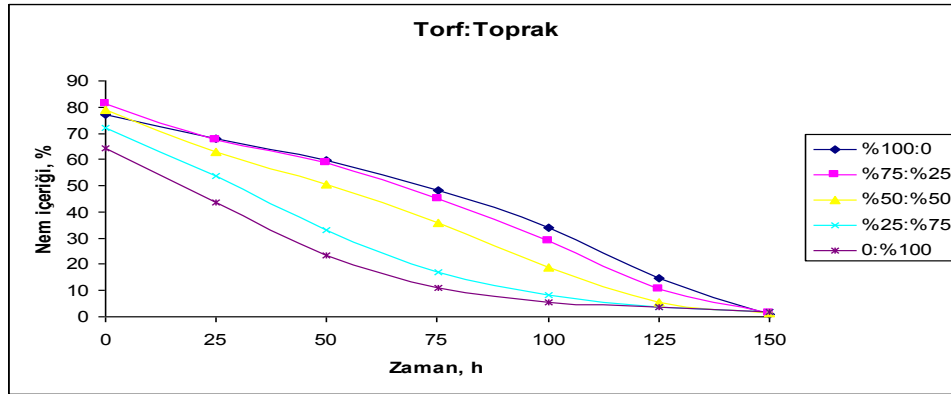


Şekil 2. Perlit ve toprağın farklı karışım oranları için kuruma eğrileri

Torf: toprak karışımında, torf materyalinin artan seviyelerine bağlı olarak nem içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Torf: toprak karışımlarında zaman dilimlerine bağlı olarak ortalama değerler arasında yapılan değerlendirmede, ilk 25. saatlik periyotta nem içeriğindeki azalmanın %21, sonraki periyotlarda bir önceki ölçüm değerine göre, %24, %31, %39, %60 ve %81 oranında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Kuruma sürecinde geçen 150 saatlik süredeki 25 saatlik zaman dilimleri arasındaki nem kayıp oranları pomza ve perlite göre daha düşük oranlarda gerçekleşmiştir (Çizelge 2 ve Şekil 3). Bu duruma hem organik materyalin hemde ortamın gözenek karakterinin neden olduğu ifade edilebilir. Torfun en önemli özelliklerinden biri fazla miktarlarda su absorbe edebilmesi ve bu suyu yapısında tutabilmesidir. Az ayrılmış lifli torfların kuru ağırlıklarının 15-20 katı kadar su tutabildiği, ileri derecede ayrılmış torfların, kuru ağırlıklarının 4-8 katı kadar su tutabildiği, bu tip torfların su tutma kapasitelerinde kuruduktan sonra %80'e varan bir azalma görüldüğu Özgümüş (1985) tarafından ifade

edilmiştir. Organik topraklar kuruduğu zaman meydana gelen büzülme toprağın toplam porozitesini azaltır. Bu sürecin sonunda gözenek büyüklük dağılımı kapsamında geriye kalan gözeneklerin büyük bir kısmı küçülür ve ancak yüksek tansiyonlarda sadece suyun tutulmasını sağlayabilir. Organik topraklardaki gözenek büyüklük dağılımı kütle yoğunluğu, drene edilebilen gözenekler ve hidrolik iletkenlikle bir ilişki içerisinde (Michel et al., 2004). Torf ortamında havalanmadan sorumlu makro porların düşük içeriğe sahip olması, ortamda yetiştirilen bitkiler için olumsuz havalanma koşullarını sağlamakta, ayrıca torf ortamında elverişli su miktarının düşük olmasında bitkiler için olumsuz koşulların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Verry et al., 2011). Optimum koşullarda bitki gelişimi için ihtiyaç duyulan suyun %20-30, hava içeriğininde %20'den az olmamak koşulu bulunmasının önemi farklı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır. (De Boodt and Verdonck, 1972; Şahin et al., 2004)





Şekil 3. Torf ve toprağın farklı karışım oranları için kuruma eğrileri

### Yetiştirme Ortamlarının Doygun Hidrolik İletkenliği

Ortamların doymuş hidrolik iletkenlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 3’de ve ortalama doymuş hidrolik iletkenlik değerleri Çizelge 4’te verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre, hidrolik iletkenlik değerleri bakımından ortamlar ve karışım oranları önemli bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Ortamların doymuş hidrolik iletkenlik değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Ortam (O)	2	227005	113502	540,4**
Karışım Oranı (KO)	4	1454220	363555	1730,9**
O×KO	8	352340	44043	209,7**
Hata	45	9452	210	
Toplam	59	2043017		

\*\* :  $p < 0,01$

Ortalamalar arasında yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, doymuş hidrolik iletkenlik bakımından materyallerin ve karışım oranlarının birbirinden farklı ( $p < 0,05$ ) olduğu tespit

edilmiştir (Çizelge 4.). Doymuş hidrolik iletkenlik değeri, pomza: toprak ortamında düşük (56,4 cm/h), torf: toprak ortamında ise yüksek (191,1 cm/h) bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Yetiştirme ortamlarının doymuş hidrolik iletkenlik değerleri

Ortam	Karışım oranı, %					Ortalama
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100	
Pomza: Toprak	154.5	45.3	29.0	23.9	18.3	56.4 a
Perlit: Toprak	521.2	145.6	77.2	25.0	18.3	157.5 b
Torf: Toprak	636.8	171.4	90.8	38.4	18.3	191.1 c
	437.5 d	120.8 c	65.7 b	29.1 a	18.3 a	

Hazırlanan karışımlarda materyalin bulunma oranına göre, ortamlar arasındaki doymuş hidrolik iletkenlik değerlerinin değişim oranları değerlendirilmiştir. Buna göre materyalin %100 değerinden %75 değerine düştüğü ortamlarda her üç materyal için doymuş hidrolik iletkenlik değerlerinde belirlenen azalma oranı pomza, perlit ve torf için sırasıyla %71, %72 ve %73 olup, aynı azalma eğilimi göstermişlerdir. Doymuş hidrolik iletkenlik değerlerinde azalma eğilimi diğer karışım oranlarına

sahip ortamlar arasında da ortaya çıkmış, bu durum, pomza materyalinin ilave edildiği karışımlarda, diğer iki materyal ilaveli karışımlara göre daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.).

Kompost ve perlit gibi organik ve inorganik iki materyalin farklı karışımlarının içeriğinde artan perlit, hidrolik iletkenlik değerleri ile birlikte toplam porozite, yarıyışlı su içeriği ve havalanma gözeneklerin artmasında etkili olduğu vurgulanmıştır (El-Hady et al., 2006). Kullanılan materyallerin

toprakla karışımlarından hazırlanan ortamların doymun hidrolik iletkenlik ve kütle yoğunluğu değerlerinin materyallerin uygulama oranlarına bağlı olarak düşük kütle yoğunluğu ve yüksek doymun hidrolik iletkenlik değerleri ortaya koydukları kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlar Londra (2010)'nın sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

### SONUÇ

Araştırmada; pomza, perlit ve torf materyallerinin ince bünyeli toprağa farklı oranlarda karıştırılması ile hazırlanan ortamların altı peryottan oluşan kuruma sürecinde belirlenen hacimsel nem içeriği üzerine yapılan varyans analizinde, materyaller ve karışım oranlarının önemli olduğu belirlenmiştir. Ortamlar ve karışım oranları, ortalama nem içeriği değerlerine göre, birbirlerinden farklı bulunmuştur. Ortamlar dahilinde en yüksek hacimsel nem içeriği değerinin (%34.1) torf: toprak karışımında, en düşük hacimsel nem içeriği değerinin ise (%22.9) pomza: toprak karışımlarının olduğu tespit edilmiştir. Ortamların karışım oranlarına göre doymun durumdaki hacimsel nem içeriği pomza, perlit ve torfun %100 olduğu örneklerde sırasıyla %51.0, %61.1 ve %77.3, toprağın %100 olduğu örnekte ise %64.1 olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, pomza ve perlitin toprakla olan %25:%75 karışım oranlarının diğer ortamlardan daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Materyallerin toprak içerisindeki karışım oranlarının azalmasına bağlı olarak, perlit kuruma sürecinde nem içeriğindeki azalma ile ilişkili olarak diğer iki materyale göre en fazla etkilenen materyal olmuştur. Ortamın toplam porozitesi etkili bir faktör olarak, doymun durumda en yüksek nem içeriğinin torf ortamında, en düşük nem içeriğinin ise pomza ortamında ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Ortamların hidrolik iletkenlik değerleri, hem materyal (pomza, perlit ve torf) hem de karışım oranları tarafından önemli seviyede etkilenmiştir. Yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucunda, pomza, perlit ve torf'un hidrolik iletkenlik üzerine oluşturduğu etki bakımından materyallerin ve karışım oranlarının birbirinden farklı ( $p < 0,05$ ) olduğu saptanmıştır. Hidrolik iletkenlik değeri pomzada en düşük torfta ise en yüksek bulunmuştur. Nem içeriği ve hidrolik iletkenlik değerleri üzerine en etkili ortamın torf+toprak ortamı olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, araştırmada kullanılan pomza, perlit gibi inorganik ve torf gibi organik materyallerin toprak ortamına ilavesinin toprağın fiziksel özellikleri üzerinde etkili olduğu ve ortam karakterlerini etkileyerek bitki gelişimi üzerinde olumlu katkılar sağlayabileceği kaydedilmiştir.

### KAYNAKLAR

- Bunt, A.C., 1988. Media and mixes for container-grown plants. (A manual on the preparation and use of growing media for pot plants). Unwin Hyman. No: 2. London, UK. p: 309.
- Cabrera R.I., 2003. Fundamentals of container mediamanagement, Part I, Physical Properties, The State University of New Jersey Agricultural Experiment Station, <http://aesop.rutgers.edu/~Floriculture/publications/physprop.htm> (Erişim Tarihi: 15 Kasım 2013).
- Canbolat, M.Y., 1999. Farklı agregat büyüklük fraksiyonlarında nem değişimi ve agregat büyüklüğünün bazı nem karakteristiklerine etkisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 30 (1): 73-79.
- Carlile, B., 2009. Organic materials for growing media in Europe: current and future scenarios. In: 8th Symposium of the International Scientific Centre of Fertilizer, 8-12 November 2009, Rome (Italy) pp:55-56.
- Çinkılıç, H., 2008. Farklı Organik ve İnorganik Ortamlarda Hıyar Fidesi Üretimi. Tekirdağ Ziraat Fak. Derg., 5 (2): 152-158.
- DeBoodt, M., Verdonck, O., 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. Acta Horticulturae, 26: 37-44.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üni. Yayınları No: 143. Erzurum. s: 90-95.
- Demirkıran, A.R., Cengiz M.Ç., 2011. Değişik Organik Materyaller (Gıda, Alsil, Deniz Yosunu, Hüyük asit, yosun ve torf) ile kimyasal gübre uygulamalarının Antep fıstığı (*Pistacia vera L.*) fidanı üzerine etkilerinin incelenmesi. Bingöl Üniv. Fen Bil. Derg., 1 (1): 43-50.
- Dowdy, S., Weardın, S., 1983. Statistics for Research. John Wiley and Sons Inc, New York, USA, 537 p.
- El-Hady, A., Ebtisam, I., Dardiry, E., 2006. Improving hydrophysical properties quality of compost. Journal of Applied Sciences Research. 2 (12): 1137-1141.
- Hanay, A. 1991. Organik materyal uygulamasının toprakların infiltrasyon parametrelerine etkileri üzerine bir araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 22 (2): 43-53.
- Jamei, M., Guiras, H., Chtourou, Y., Kallel, A., Romero, E., Georgopoulos, I., 2011. Water retention properties of perlite as a material with crushable soft particles. Engineering Geology, 122 (3-4): 261-271.
- Kuşlu, Y., Şahin, Ü., Anapalı, Ö., Şahin, S., 2005. Türkiye'nin farklı yörelerindeki pomzaların havalanma porozitesi ve su tutma kapasitesi

- açısından tarımda kullanılabilme olanakları. Türkiye Pomza Sempozyumu, 15-17 Eylül 2005, Isparta, s: 301-306.
- Londra, P.A., 2010. Simultaneous determination of water retention curve and unsaturated hydraulic conductivity of substrates using a steady-state laboratory method horstscience. 45 (7): 1106-1112.
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. In: Page, A.L., Ed., Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, pp: 199-224.
- Michel, J.C., Naasz, R., Montgermont, N. 2004. A tool for measuring the shrink/swell phenomena of peat growing media by image analysis. Proceedings of the 12th International Peat Congress, 6-11 June 2004, Tampere, Finland II: pp: 321-325.
- Munsuz, N., Ataman, Y., Ünver, İ., 1982. Tarımda Yetiştirme Ortamları ve Perlit. Yayın No:10, Etibank Matbaası, Ankara.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Organic matter. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. ASA SSSA Publisher, Madison, WI, pp. 574-579.
- Örs, S., 2004. Perlit ve toprak karışımlarının bazı fiziksel özellikleri ve bu karışımların çilekte vejetatif gelişme üzerine olan etkileri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 75 s.
- Özgümüş, A., 1985. Bitki yetiştirme ortamı olarak turbanın önemi ve özellikleri. Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg., 4: 17-24.
- Özgümüş, A., 1997. Türkiye'nin değişik yörelerinde yer alan pomzaların bitki yetiştirme ortamı olarak kullanım olanaklarının araştırılması. Uludağ Üniv. Proje No: 97/09.
- Sönmez, İ., Kaplan M., Demir H., Yılmaz E., 2010. Effects of zeolite on seedling quality and nutrient contents of tomato plant (*Solanum lycopersicon* cv. Malike F1) grown in different mixtures of growing media. J. of Food, Agric. and Envir., 8 (2): 1162-1165.
- Şahin, Ü., Ercişli S, Anapalı Ö, Eşitken A, 2004. Regional distribution and some physico-chemical and physical properties of some substrate used in Horticulture in Turkey. Acta Hort, 648: 177-183.
- Şahin, Ü, Örs, S., Ercişli, S., Anapalı, Ö., Eşitken, A., 2005. Effect of pumice amendment on physical soil properties and strawberry plant growth. J. Cent. Eur. Agric., 6 (3): 361-366.
- Şahin, U., Anapalı, O., 2006. Addition of Pumice Affects Physical Properties of Soil Used for Container Grown Plants. *Agriculturae Conspectus Scientificus (ACS)*, 71(2): 59-63.
- Variş, S., Eminoğlu, S. F., 2003. Örtü altı tarımında kullanılan ve kullanılabilir olan ortamların fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Hasad Dergisi*, 220, 46-57.
- Verdonck, O., 1984. New developments in the use of graded perlite in horticultural substrates. *Acta Horticulturae*, 150: 575-581.
- Verry, E.S., Boelter, D.H., Paivanen, J., Nichols, D.S., Malterer, T., Gafni, A., 2011. Physical properties of organic soils. Chapter 5. In: Kolka, R.K., Sebestyen, S.D. Verry, E.S. Brooks, K. N. eds. *Peatland biogeochemistry and watershed hydrology at the Marcell Experimental Forest*. Boca Raton., 135-176.

## Determination of Cold Damage in Vineyard and Laboratory Conditions in Dormant Buds of Karaerik Grape Cultivar

Muhammed KÜPE\* 

Cafer KÖSE 

Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Erzurum, Turkey

(\*Corresponding author e-mail: muhammed.kupe@atauni.edu.tr)

DOI: 10.17097/ataunizfd.522485

Geliş Tarihi (Received Date): 05.02.2019

Kabul Tarihi (Accepted Date): 14.05.2019

**ABSTRACT:** This study was conducted to detect cold damage in dormant buds of grapevine under vineyard (by shooting test) and laboratory (by sectioning method) conditions. In the determination of the low temperature damage, it has been investigated whether there is a difference between the method of sectioning in laboratory conditions and the real shooting level in the vineyard conditions. The study was carried out in the vineyard which was established with the Karaerik (*Vitis vinifera* L.) grape cultivar in the Üzümlü district of Erzincan in 2012, 2013 and 2014. Samples of one-year-old canes from the vineyard was transported to the laboratory on the same day and sections were taken to determine the damage level. Cold damage was assessed based on 1-4 bud averages. In addition, cold damage was evaluated separately in 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> nodes. The mortality rates of primary and secondary buds for the first 1-4 buds average were determined and the vitality rates of tertiary buds were determined in order to determine the ultimate vitality. At the second stage of study, the mortality rates (%) of primary and secondary buds and the viability rates (%) of tertiary buds were determined by counting in spring the shoots come from the primary, secondary, and tertiary buds of the first 4 buds that were left in pruning in vineyard. Secondary and tertiary buds were also considered alive if the primary buds have sprouted in vineyard. In the study that determined the level of damage of the buds, it was found that the difference between the sectioning method and the shooting test was 7.9% in primary buds, 14.56% in secondary buds, and 0.1% in tertiary buds. The mortality rates of primary buds and the viability rates of tertiary buds were found statistically insignificant differences between the methods, however the mortality rates of the secondary buds were found statistically significant differences between the methods.

**Keywords:** Cold damage, Dormant bud, Grapevine, Sectioning method

### Karaerik Üzüm Çeşidinin Kış Gözlerindeki Soğuk Zararının Bağ ve Laboratuvar Koşullarında Belirlenmesi

**ÖZ:** Bu çalışmada asma kış gözlerinde meydana gelen düşük sıcaklık zararları, bağ (sürme testi) ve laboratuvar ortamında (kesit alma metodu) belirlenmiştir. Düşük sıcaklık zararının belirlenmesinde, laboratuvar şartlarında kesit alma yöntemi ile arazi koşullarında gerçek sürme arasında farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışma Erzincan'ın Üzümlü ilçesinde Karaerik (*Vitis vinifera* L.) üzüm çeşidi ile tesis edilmiş bağda 2012, 2013 ve 2014 yıllarında yürütülmüştür. Bağdan alınan bir yaşlı dallar aynı gün içerisinde laboratuvara getirilmiş ve zarar düzeyinin tespit edilmesi için kesitler alınmıştır. Soğuk zararı hem 1-4 göz ortalamasına göre, hem de birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü boğumlarda ayrı ayrı değerlendirilmiştir. İlk 1-4 göz ortalamasının primer ve sekonder tomurcukların ölüm oranları ile nihai canlılığın belirlenmesi için tersiyer tomurcukların canlılık oranları belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, primer ve sekonder tomurcukların ölüm oranları (%) ve tersiyer tomurcukların canlılık oranları (%) bağda budama sonrası bırakılan ilk 4 gözün primer, sekonder ve tersiyer tomurcuklarından çıkan sürgünler ilkbaharda sayılarak belirlenmiştir. Bağda primer tomurcukları süren gözlerin sekonder ve tersiyer tomurcuklarının da canlı olduğu kabul edilmiştir. Tomurcukların zarar düzeyinin belirlendiği çalışmada, kesit alma metodu ile sürme testi arasında primer tomurcuklarda %7.9 sekonder tomurcuklarda %14.56 ve tersiyer tomurcuklarda %0.1 oranında farklılık olduğu tespit edilmiştir. Primer tomurcukların ölüm oranı ve tersiyer tomurcukların canlılık oranları bakımından yöntemler arasında istatistik olarak önemli bir farklılığın olmadığı gözlenirken, sekonder tomurcukların ölüm oranları bakımından yöntemler arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Soğuk zararı, Kış gözü, Asma, Kesit alma metodu

### INTRODUCTION

Viticulture is cultivated between the 11<sup>th</sup> and 53<sup>rd</sup> latitude in the northern hemisphere, and between 20<sup>th</sup> and 40<sup>th</sup> latitude in the southern hemisphere on the Earth. The grape, *Vitis vinifera* L., is the best part of economically consequential fruit crops worldwide (Akkurt et al., 2013). Grapes are mainly consumed table, raisin, wine and other (molasses, ice, grape juice, vinegar, bioactive extracts, etc.) (Çelik, 2007; Kunter and Keskin, 2018). Although the vine is the plant of hot-temperate climatic zones, it can be grown in cooler or warmer climates due to its high adaptability. For an ideal grapevine cultivation, the

annual average temperature should not fall below 10 °C, during the development period it should not fall below 18 °C (Happ, 1999; Küpe, 2012). In addition, it is reported that the coldest month should be above -2 °C and should not fall below -4 °C (Çelik et al., 1998). In viticulture, the most important of the temperature values are annual average temperatures and low temperatures (Kara 1990). Grapes, due to their wide spreading area on the earth, are one of the temperate fruit crops most frequently damaged by low temperatures (Fennell, 2004; Mickelbert et al., 2006; Köse and Güler, 2009). Ecological factors

(climate, location and orientation, latitude, etc.) have a direct impact on growth and development of grapevine (Kunter et al., 2017). Winter cold in terrestrial climatic conditions is one of the most important climatic factors limiting the viticulture (Cindric and Kovac, 1988; Lynn et al., 2006; Ma et al., 2010). The resistance of grapevines against cold is influenced by the morphological and physiological condition of the plant, environmental conditions and applied cultural processes (Çelik et al., 1998).

Severe winter cold can result in reduced yield and substantial economic losses to grape growers, subsequently impacting fruit whole sellers, distributors, vineries and related industries (Fennell, 2004; Zabadal et al., 2007).

For this reason, the knowledge of the effects of low winter temperatures on grapevines is of great importance for practical viticulture (Keller and Mills, 2007; Köse and Güleriyüz, 2011; Küpe and Köse, 2015).

Winter buds on one-year-old cane of vine directly affect the yield of the vineyard (Kısmalı, 1984). There are usually 3 shoot drafts in winter's buds of vine. These shoot drafts are expressed as primary bud, secondary bud and tertiary bud. There are significant differences between the levels of cold resistance and the yield levels of these buds (Wample et al., 2000; Çelik et al., 2008).

In the winter pruning; the time of bud swell, vegetative and generative developments, yields, product qualities and harvest times can be affected by the crop load, which is known as the adjustment of the number of buds left on one-year-old cane on grapevine.

It is possible to get more positive results with some preliminary tests to be done while setting the number of buds to be left on grapevine. The most practical of these tests is to take the sections from the cane taken at the end of the dormant period and to obtain the cross sections in which the damage levels can be determined in advance. For this purpose, determination of the degree of damage by looking at the color change (browning of bud tissues) of living and dead tissues in winter buds is one of the most widely used methods (Odneal, 1984; Rekika et al., 2004; Köse and Güleriyüz, 2009). By predetermining the level of damage, it is possible to minimize the indirect losses with appropriate pruning (Küpe and Köse, 2015; Ershadi et al., 2016).

In many studies for determining the damage level by the sectioning method, the accuracy of the sectioning method was accepted as 100%. This study was planned with the aim of determining whether there is any difference in the low temperature losses determined in the vineyard (by shooting test) and laboratory (by sectioning method) conditions. In this context, the damages caused by the low temperatures

in dormant periods between 2011-2012, 2012-2013, and 2013-2014 in Üzümlü district of Erzincan which have the biggest share of Karaerik vineyards, are determined the in the vineyard and laboratory conditions. In this study, the mortality rates of primary and secondary buds and the viability rates of tertiary buds were taken into consideration while determining the damage levels.

## MATERIAL AND METHOD

This study was carried out in order to determine the extent to which the method of sectioning used in laboratory conditions reflects the real shooting level in vineyard conditions in order to determine the low winter temperature losses in vine. In the study, a 30-year-old vineyard with Karaerik (*V. vinifera L.*) grapes cultivar at an altitude of 1197 m in Üzümlü district was used. The vines were Baran system-trained and cultural practices such as fertilization, irrigation, and pest control were uniform across the vineyards. In determining the level of damage caused by low temperatures in the vineyard during the dormant periods 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014, the first 4 buds of the cultivar were taken as an effective basis and the level of damage was determined separately in primary, secondary and tertiary buds.

Just before the buds swelling, samples of an old cuttings were cut from the bottom and placed in polyethylene bags and transported to the laboratory. In order to determine the damage level more clearly in the samples, the samples were kept at room temperature for 24 hours in order to provide enzymatic browning. Then, the buds were opened with a razor blade and the vitality of the primary, secondary and tertiary buds was determined by binocular microscope (Odneal, 1984). For the first 4 buds left by conventional pruning method, the mortality of primary and secondary buds in addition the viability rates of the tertiary buds were determined. The mortality rates of primary and secondary buds and the viability rates of tertiary buds for the final viability were determined for the first 4 nodes left by the traditional pruning method.

The sections were taken from the appropriate depth according to the shape and size of the bud. In the sections taken very deeply (such as to reveal wood texture), even if the tissue is dead, it can be perceived as alive. In the sections taken from the center of the bud, the buds appearing as brown-black because of cold damage were accepted as dead.

The mortality rates of the primary and secondary buds (%) and the viability rates of the tertiary buds (%) were determined by counting the shoots from the primary, secondary and tertiary buds of the first 4 nodes that were left in the pruning in the vineyard conditions at spring. Counts were made in

the spring when the shoots were about 10-15 cm in vineyards. The vitality of the buds has been determined according to the position of the shoots. If primary bud were shooting in a node, secondary and tertiary buds were also considered alive. If secondary buds were shooting in a node, tertiary buds were also considered alive. It is known that the cold resistance of secondary and tertiary buds is better than the primary buds and the cold resistance of tertiary buds is better than the secondary buds (Wample et al., 2000; Çelik et al., 2008).

In the sectioning method, 60 samples of cane were taken randomly from the same vineyard for each year. The study was planned as 4 replications and 15 canes were examined for each replicate. The same vineyard is used for shooting test and sectioning method. In the shooting test in vineyard, 4 replications and 15 canes were examined for each replicate.

As a result, whether there is any difference in the low temperature losses determined in the vineyard (by shooting test) and laboratory (by sectioning method) conditions were compared using the T test for proportions. In order to increase the reliability of the study, the data received for both methods were accepted as recurrences in 3 consecutive years and the study was evaluated as 12 repetitions in total.

## RESULTS AND DISCUSSION

Air temperatures for the 2011-2012, 2012-2013, 2013-2014 dormant periods during in order to give an idea about the fluctuations of the cold in the year and the temperature changes between the years are given in Figure 1, Figure 2, Figure 3 (Meteorology, 2014). It was obtained from the Erzincan Meteorological Station.

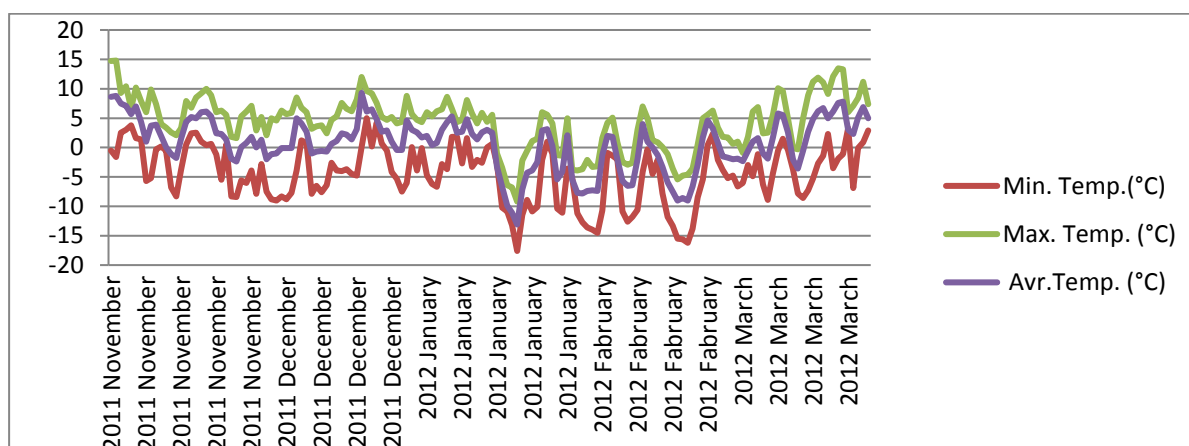


Figure 1. Daily temperature values for November 2011 to March 2012 period (Meteorology, 2014)

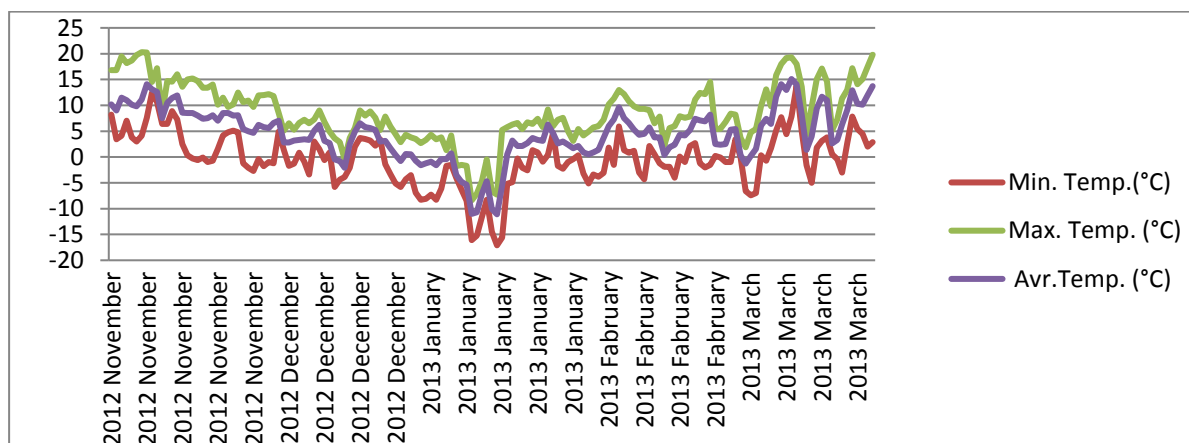


Figure 2. Daily temperature values for November 2012 to March 2013 period (Meteorology, 2014)

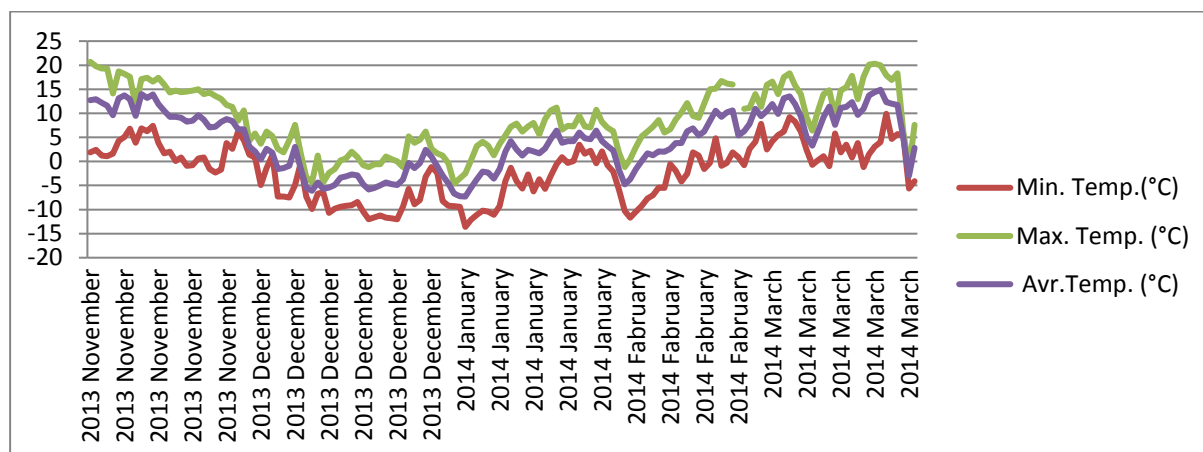


Figure 3. Daily temperature values for November 2013 to March 2014 period (Meteorology, 2014)

Figure 1, 2 and 3 shows that monthly average temperatures are the lowest value for 2012 year  $-4.6^{\circ}\text{C}$  and in February. In 2013, the lowest monthly average temperature value was  $-2.1^{\circ}\text{C}$  in January. In 2014, the lowest monthly average temperature value was  $0.3^{\circ}\text{C}$ . When the monthly minimum temperature values are examined, it can be mentioned that the lowest values ( $-13.6^{\circ}\text{C}/-17.6^{\circ}\text{C}$ ) are in January and the highest values ( $-12.2^{\circ}\text{C}/-14.2^{\circ}\text{C}$ ) are in August

in all three working years (Figure 1, 2 and 3). When the meteorological data of the study years are examined, it can be noted that there are no extreme situations that can affect the results.

Taking the average of years of the study, the mortality ratios of the primary and secondary buds and the viability of the tertiary buds in the dormant period are given in Table 1.

Table 1. Mortality rates (%) of primary and secondary buds and the viability rates (%) of tertiary buds according to shooting test and sectioning methods in Karaerik grape cultivar

	Mortality of primary buds (%)	Mortality of secondary buds (%)	Viability of tertiary buds (%)
<b>METHOD</b>	<b>ns</b>	<b>*</b>	<b>ns</b>
Shooting test in the vineyard	61.95	36.42	64.10
Sectioning method in the laboratory	68.24	49.33	65.66

ns: non-significant, \*:  $p < 0,05$

The mortality rate of primary buds was found 61.95%, the mortality of secondary buds was 36.42% and the viability rate of tertiary buds was 64.10% when the low temperature loss was evaluated according to the test of shooting in vineyard between 2012, 2013 and 2014 based on 1-4 average. The mortality of primary buds was found 68.24%, the mortality of secondary buds was 49.33% and viability of tertiary buds was 65.66% when the low temperature damage was determined between the same years according to the position of the buds by using the sectioning method from the bottom in laboratory conditions (Table1).

Cold damage rate in the primary, secondary and tertiary buds varied considerably depending on the

position on the shoots of the buds. There were no statistically significant differences between the methods in winter buds 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> nodes. However, it was found that there were statistically significant differences between the methods in the primary buds of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> nodes. According to shooting test and sectioning method, the primary buds of 4<sup>th</sup> nodes on the shoots have been the buds most affected by low winter temperatures during working years. On the other hand, according to shooting test the primary buds of 2<sup>nd</sup> nodes and according to sectioning method the primary buds of 1<sup>st</sup> nodes buds were the least damaged buds and they were found more tolerant to low temperatures (Table 2).

Table 2. Mortality rates (%) of primary secondary and tertiary buds of buds according to shooting test and sectioning methods in Karaerik grape cultivar

Position	Methods	Mortality of primary buds (%)	Mortality of secondary buds (%)	Mortality of tertiary buds (%)
<b>1<sup>st</sup> node</b>		*	ns	ns
	<b>Shooting test</b>	65.44	42.10	42.10
	<b>Sectioning method</b>	53.40	31.00	25.90
<b>2<sup>nd</sup> node</b>		**	ns	ns
	<b>Shooting test</b>	52.30	33.80	32.50
	<b>Sectioningmethod</b>	67.60	46.60	32.70
<b>3<sup>rd</sup> node</b>		ns	ns	ns
	<b>Shooting test</b>	61.82	34.30	33.60
	<b>Sectioningmethod</b>	73.00	58.50	37.20
<b>4<sup>th</sup> node</b>		ns	ns	ns
	<b>Shooting test</b>	68.26	35.40	35.40
	<b>Sectioningmethod</b>	79.00	61.20	41.60

ns: non- significant, \*:p<0,05, \*\*: p<0,01

Differences in the tolerances of the winter buds to low temperatures according to their positions are confirmed by many researchers (Howell and Shaulis, 1980; Köse and Güteryüz, 2009). The winter buds on the 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> and 4<sup>th</sup> nodes on the shoot of 15 different grape varieties were evaluated for tolerance to low temperatures and 1<sup>st</sup> winter buds were determined to have the highest tolerance (Çelik et al., 2008).

It is known that the cold damage that occurs in buds differs according to the years due to the influence of genetic factors and cultural practices, severity and duration of the cold. When we found that the mortality rate of primary buds was 68.24% by cross sectioning method according to the average years of our study, Kalkan et al., (2017), in their study in which they determine the damages of the primary buds in Erzincan in the winter season of 2007-2008, were determined as 81.62% approximately, by using sectioning method.

When the data of our study were evaluated, the difference between the sectioning method in laboratory conditions and the shooting test in vineyard was 6.29% in mortality ratio of the primary buds, 12.91% in mortality ratio of the secondary buds and 1.56% in viability ratio of the tertiary buds in the determination of the damage levels of the buds.

In the statistical analysis, it was observed that there was a difference in the determination in vineyard and laboratory conditions for only the mortality rates of the secondary buds. As a matter of fact, it is known that there are differences between the types of buds in the nodes of grapevine in terms

of their resistance levels at low temperatures. Howell and Shaulis (1980) in their research for determine the influences of cold on primary and secondary buds of table grapes, they reported that the damage changes according to place and type of bud, in addition to they found some important damage level differences between types of vine. It should not be forgotten that the degree of browning of the sectioned bud will vary according to the cultivar and this may directly affect the results in the sectioning method. Furthermore, when the section is taken, the brown surface may not be 100% dead or it should not be ignored that it can heal this bud afterwards.

When counting according to the shooting test in the vineyard conditions, if the primary bud was shoot, the secondary buds were also recorded 100% live. However, it has been ignored that the secondary buds may be affected by damages, such as bud necrosis. It is important that it alternatively form some fertile shoots in the secondary shoots in cases where the primary buds do not shoot for any reason (Küpe and Köse, 2015). Tertiary buds, which play an important role in determining the ultimate viability, are important for the survival of the grapevine, the protection of the shape of the vine stock, the appropriate pruning of shoots and forming shoots in cases where primary and secondary buds do not shoot.

In areas where terrestrial climate prevails, low-temperature losses, which always pose a risk, cause serious loss of product, even cause the deterioration of the shape of vine stock and necessitate additional



workforce and financing. In general, since climatic factors cannot be controlled in vineyard conditions, various measures are taken to try to minimize the impact of adverse climatic conditions on cultivated species. In recent years, the sustainability of economic viticulture has been put at risk by the effects of global climate change in areas where terrestrial climate prevails. As a matter of fact, it is very important for the viticulture to form a possibility of prediction by using the sectioning method, to take cultural and technical measures such as pruning, training system and determination of product load for reducing the losses of winter colds.

When these data are examined, yield estimation can be done earlier by determining the primary bud damage using the sectioning method on cuttings taken before foliation without waiting for the shooting and clustering. In addition, the appropriate pruning scheme for fertilization can be applied as a result of the determination of the level of damage by the sectioning method. The large similarity between the sectioning method and the shooting test in determination of the damage level in the primary and tertiary buds is beneficial not only in the scientific aspect, but also it is beneficial to viticulture farmers to anticipate the loss of yield and quality due to low temperature. Determination of the level of damage by the preliminary sectioning method will give an important idea to make the appropriate pruning in the spring and it will allow the farmer to take necessary measures in this direction.

It is possible to determine the damage levels of primary, secondary and tertiary buds by a simple method such as sectioning of the number of nodes left by traditional pruning in the years when low temperatures have occurred. After the damage level is determined, the number of nodes to be left on grapevine can be adjusted, taking into account the age and developmental status of grapevine. In this way, the vegetative development of the grapevine can be balanced, at the same time prevent loss of yield, and economic losses due to loss of yield can be minimized.

## REFERENCES

- Akkurt, M., Keskin, N., Shidfar M., Çakır, A., 2013. Effects of some treatments prior to stratification on germination in Kalecik Karası (*Vitis vinifera* L.) seeds. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 3 (4): 9-13.
- Çelik, H., Ağaoglu, Y.S., Marasalı, B., Söylemezoğlu, G., Fidan, Y., 1998. *General Viticulture*. Sun Fidan AŞ. Professional Books Series, Ankara, 253 s.
- Çelik, S., 2007. *Viticulture (Ampeloloji-I)*. Anatolian Printing House, Vol. I Expanded Edition, Tekirdağ, pp. 253.
- Çelik, H., Erdemir, D., Değirmenci, D., 2008. Determination of damage caused by winter cold in 2005-2006 winter varieties of grapes grown in Kalecik (Ankara). V. National Horticultural Congress, 04-07 September 2008; Erzurum, pp: 451-454.
- Cindric, P., Kovaç. V., 1988. Breeding new grape vine cultivars with high cold hardiness. Annual Report of The Minnesota Grape Growers Cooperative, pp. 36-47.
- Ershadi, A., Karimi, R., Mahdeî, K.N., 2016. Freezing tolerance and its relationship with soluble carbohydrates, proline and water content in 12 grapevine cultivars. *Acta Phy. Plant.*, 38: 1-10.
- Fennell, A., 2004. Freezing tolerance and injury in grapevines. In *Adaptations and Responses of Woody Plants to Environmental Stresses*. R. Arora (Ed.), Binghamton, pp. 201-235.
- Happ, E., 1999. Indices for exploring the relationship between temperature and grape and wine flavour. *The Australian and New Zealand Wine Industry Journal*, 14: 68-75.
- Howell, G., S., Shaulis, N., 1980. Factors Influencing Within-Vine Variation in the Cold Resistance of Cane and Primary Bud Tissues. *American Journal of Enology and Viticulture*, 31: 158-161.
- Kara, Z., 1990. Determination of the ampelographic characters of grape varieties grown in Tokat. PhD Ankara University. Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Horticulture, Ankara, Turkey.
- Keller, M., Mills, L.J., 2007. Effects of pruning on recovery and productivity of cold-injured Merlot grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, 58: 351-357.
- Kismali, I., 1984. Investigations on winter bud efficiency of some table grape varieties, II. *Viticulture and Winery Symposium 14-17 November 1983, Manisa*, pp: 35-48.
- Köse, C., Güleriyüz, M., 2009. Frost damage in dormant buds of Karaerik grapevine grown at Üzümlü province of Erzincan during the winter of 2007-2008. *Ataturk University Journal of the Faculty of Agriculture*. Turkey. 40: 55-60.
- Köse, C., Güleriyüz, M., 2011. Frost damage in dormant buds of Karaerik grapevine grown at Üzümlü province of Erzincan during the winter of 2008-2009. 4-8 September 2011; Şanlıurfa, Turkey: VI. National Horticulture Congress, pp: 215-220.
- Kunter, B., Cantürk, S., Keskin, N., Çetiner, H., 2017. Evaluation of viticultural performance of

- Ankara in relation to effective heat sum-vine phenology observations. 12-15 September 2017; Kırklareli, Turkey: 5<sup>th</sup> International Participation Soil and Water Resources Congress, I, pp: 545-552.
- Kunter, B., Keskin, N., 2018. Antioxidant and ayurvedic importance of grape. 12-15 July 2018, Ankara, Turkey: International Eurasian Congress on Natural Nutrition and Healthy Life, pp. 382-387.
- Küpe, M., 2012. Effects of global climate change on viticulture. Atatürk University Journal of the Agriculture Faculty, 43: 191-196.
- Küpe, M., Köse, C., 2015. Determining suitable pruning level after winter frost damage in Karaerik grape cultivar. Atatürk University Journal of the Agriculture Faculty, 46: 21-28.
- Lynn, J.M., Ferguson, J.N., Keller, M., 2006. Cold-hardiness evaluation of grapevine buds and cane tissues. American Journal of Enology and Viticulture, 57: 194-200.
- Ma, Y. Y., Zhang, Y. L., Shao, H., Lu, J., 2010. Differential physio-biochemical responses to cold stress of cold tolerant and non-tolerant grapes (*Vitis* L.) from China. Journal of Agronomy and Crop Science.196: 212-219.
- Meteorology, 2014. Meteorological data in Erzincan province. Regional Directorate of Meteorology, <https://www.mgm.gov.tr> (Accessed Date: 1 November 2014).
- Mickelbert, M.V., Chapman P., Collier-Christian, L., 2006. Endogenous levels and exo genous application of glicine betaineto grapevines. Scientia Horticulture, 111: 7-16.
- Kalkan, N. N., Kaya, Ö., Karadoğan, B., Köse, C., 2017. Determination of cold damage and lipid peroxidation level of Karaerik (*Vitis vinifera* L.) grape cultivar having different trunk height in winter buds. Alinteri Journal of Agriculture Science, 32: 11-17.
- Odneal, M.B., 1984. Cold hardiness of grapes. State Fruit Experiment Station, College of Health and Applied Sciences, Missouri State University, Bulletin, 41.
- Rekika, D., Cousineau, J., Levasseur, A., Richer, C., Khanizadeh, S., Fisher, H., 2004. The use of a freezing technique to determine the bud hardiness of twenty grape genotypes (*Vitis* sp.). Acta Hort., 640:207-212.
- Wample, R.L., Hartley, S., Mills, L., 2000. Dynamics of grapevine cold hardiness. Proceedings of The Asev 50<sup>th</sup> Anniversary Meeting, Seattle, Washington. American Journal of Enology and Viticulture, 51: 81-93.
- Zabadal, T. J., Dami, I. E., Goffinet, M. C., Martinson, T. E., Chien, M. L., 2007. Winter injury to grapevines and methods of protection, Michigan State University Publications on Grape Production, 36-37.

## Determination of Factors Affecting Potato Consumption Preferences Behaviors of Consumers by Analytic Hierarchy Process: The Case of Erzurum Province

Emine İKİKAT TÜMER<sup>1</sup>

Adem AKSOY<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sutcu İmam University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Kahramanmaraş, Turkey

<sup>2</sup>Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Erzurum, Turkey

(\*Corresponding author e-posta: aaksoy@atauni.edu.tr)

DOI: 10.17097/ataunizfd.466262

*Geliş Tarihi (Received Date): 01.10.2018*

*Kabul Tarihi (Accepted Date): 05.03.2019*

**ABSTRACT:** The study was conducted in Erzurum province to determine the factors that affect consumers' preferences in potato consumption. For this purpose, 281 consumers were interviewed in 2017 and Analytical Hierarchy Method was used in the analysis of obtained data. According to the results, consumers consumed an average of 10.42 kg potato and spent 10.46 TL per month. Consumers pay more attention to the taste while buying potatoes, followed by palate tastes, color and price. While the consumers in the research region are buying potatoes, they firstly place importance on criteria of "Hasankale", then "Ahlat" and "Nevşehir" respectively. Potato producers and the institutions and organizations that are active in the sector should make production considering the taste, palate taste, habit and color choices, which affect the purchasing preferences of potatoes, resulting in an increase in producers' income and in the utility level of consumers.

**Keywords:** Potato, Consumption, Proportional sampling, Analytic hierarchy process

### Tüketicilerin Patates Tüketim Tercih ve Davranışlarını Etkileyen Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Tespiti: Erzurum İli Örneği

**ÖZ:** Çalışma tüketicilerin patates tüketim tercihlerinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi amacıyla Erzurum ilinde yürütülmüştür. Bu amaçla 2017 yılında 281 tüketici ile anket yapılmış ve elde edilen verilerin analizinde Analitik Hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre tüketiciler ayda ortalama 10.42 kg/ay patates tüketmekte ve bunun için ortalama 10.46 TL/ay harcama yapmaktadırlar. Tüketiciler patates satın alırken en fazla tadına önem verirken bunu sırasıyla damak tadı, alışkanlık, renk ve fiyat seçenekleri izlemektedir. Araştırma yöresinde tüketiciler patates satın alırken, birinci sırada "Hasankale" daha sonra sırasıyla "Ahlat" ve "Nevşehir" kriterine önem vermektedirler. Patates üreticileri ve sektörde faaliyet gösteren kurum ve kuruluşların patates satın alma tercihlerini etkileyen tat, damak tadı, alışkanlık ve renk seçeneklerini dikkate alarak üretim yapmaları hem kendi gelirlerini artıracak hem de tüketicilerin fayda düzeyini yükseltecektir.

**Anahtar kelimeler:** Patates, Tüketim, Oransal örnekleme, Analitik hiyerarşi süreci

### INTRODUCTION

It has great importance to consume vegetable and animal origin nutrients, by consisting of carbohydrate, fat, protein, vitamins and minerals on a daily basis in a balanced manner, to get the energy that the individual needs and to maintain a healthy life (İkikat Tümer et al., 2017). Potato is one of the main nutrients to be consumed in order to avoid hunger and malnutrition in the growing world population (Sahin, 2003). It has high starch content and high glycemic index (Atkinson et al., 2008).

Potato, which has an important place in human nutrition, contains high quality amino acids with high protein content (Gibson and Kurilich, 2013) in terms of building proteins that people need as a source of energy (Ahokaset et al. 2014). Moreover, 100 g of potatoes meets a minimum of 7% of daily protein needed by a normal person, 10% of iron, 20-50% of vitamin C, 10% of vitamin B1 and 3% of energy (Arioğlu, 2002). Potato, which is equivalent to Turkey's wheat as the basic food ingredient, is the third most important product after wheat and rice in the world. Potato, which is one-year cultivated plant,

also produces more products on a smaller scale than many products (FAO, 2008). With the development of the food industry, it is used as an important raw material in the production of many products such as starch, chips and ready-to-eat foods (Onaran et al., 2010). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) has announced the year of 2008 as "World Potato Year" with the slogan "Secret treasure" and many projects have been implemented to disseminate potato farming in underdeveloped countries (FAO, 2008; Çetiner, 2017). According to FAO data for the year 2014, 381.7 million tons of potatoes are produced in the world and China comes first with 95.5 million tons of potatoes, followed by India, Russia, Ukraine and the USA, respectively. Potatoes are seen as food security of rapidly growing populations in different parts of the world. Potato consumption varies according to countries' eating habits and socio-economic structures. For this reason, in recent years, potato has become an important product on which both production and consumption habits studies are conducted. Potato consumption

habits and analysis of quality of diet among adults and children (Gibson and Francis, 2015; Gibson and Kurilich, 2013; Cook et al., 2000; Abong et al., 2010; Ajmairand Akhtar, 2012; Rodriguez et al., 2012; Dukeshire et al., 2016; Teweldemedhin and Mulonda, 2016), potato products consumer preference and payment willingness (Jonathan and Huffman, 2017), are among the studies about potatoes. Leksrisompong et al., (2012) found that hedonic variables such as color, texture, taste price, etc. having significant influence in determining the consumer's preference for potato consumption. Ribeiro et al. (2016) listed the factors affecting consumer preferences (shape, color, texture, quality, etc.) on French potato varieties. Srivastava and Tiwari (2014) evaluated the consumer preference on Lay's potato chips and factors affecting brand preference of the consumers. In Turkey, there are studies on potato production, profitability and exports (Engindeniz and Karakus, 2008; Karsan and Gül, 2017) and consumer consumption behavior of potatoes (Karatas et al. 2017). However, there have not been enough studies about the consumption of potatoes and its products, which is an important food source in Turkey.

In recent years, fluctuations in prices of animal-derived products have forced consumers to buy plant-derived proteins. The objectives of this study is to determine the factors which are effective on consumer attitude and behaviors of potato purchasing by Analytical Hierarchy Process Method.

**MATERIAL AND METHOD**

The study was conducted in 2017 in the province and central districts of Erzurum. A face-to-face interview was conducted with households that consumed potatoes. The number of consumers to be surveyed was determined by using the "Proportional Sampling" method.

$$n = \frac{Np(1 - p)}{(N - 1)\sigma_{px}^2 + p(1 - p)}$$

In the formula; n: Sample volume, N: Population,  $\sigma^2p$ : Variance of the ratio, p: Ratio of the number of consumers consuming potatoes to the main mass. According to the number of samples (90% confidence interval and 5% deviation), 281 people were identified.

A Simple Pairwise Comparison Method (Torgeson, 1958) was developed based on the comparative basis of the individuals between the paired objectives, resulting in Numerical Size Estimation, Fuzzy Pairwise Comparison and Analytical Hierarchy Process. From these methods, the Analytical Hierarchy Process (AHP) has the ultimate aim at the top. There are criteria for the access to the object under this ultimate aim. Under these criteria, the decision tree, in which the alternatives / options exist, is created. The AHP model uses the AHP assessment scale (Equal preference: 1, even with low preference: 2, low preference: 3 ... absolute preference: 9) when choosing between the criteria, alternatives / options and alternatives / options according to the criterion. "Hasankale", "Ahlat" and "Nevsehir" varieties were presented as criteria for consumers to determine the tendency of consumers to consume potatoes and to determine the type of potatoes they wanted to consume. "Price," "Taste", "Habit", "Color" and "Taste" alternatives are offered to determine the weights of variables that affect consumers' consumption of potatoes under these criteria (Figure 1).

PAN 4 statistical package program was used in the analysis of the data obtained in the study by AHP method.

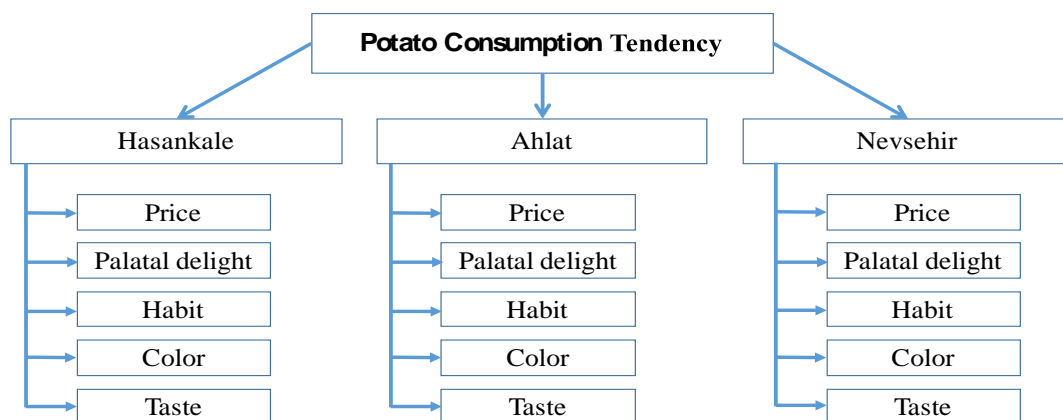


Figure 1. Factors affecting consumers' tendency to potato consumption.

## RESULTS AND DISCUSSION

The average age of consumers participating in the survey is 39.23 and the household size is 4.43. However, monthly average income of the consumers is 4171.35 TL, average food expenditures is 927.15 TL and the share of food expenditures in total income

is 22.23%. According to the results of the analysis, daily consumption of potato per capita was calculated as 78.40 g. (Table 1). Potato consumption per capita in the UK is 85-90 g / day (Gibson and Kurilich, 2013; Gibson and Francis, 2015) and 52.21 g/ day in the US (Lacy and Huffman, 2015).

Table 1. Descriptive statistics

	Min.	Max.	Mean	Std. Dev.
Age	19	76	39.23	10.69
Number of individuals in the family	1	11	4.43	1.50
Income (TL / month)	400	20000	4171.35	2411.00
Food expenditure (TL / month)	80	4000	927.15	570.74
Monthly potato consumption (kg / month)	1	40	10.42	6.26
Monthly potato spending (TL / month)	1	42	10.46	6.47
Potato consumption per person (gr / day)	5	333	78.40	46.28

It was observed that 54.8% of the respondents were male, and 84.3% were married (Table 2). The share of respondents have less than eight years of education was 56.9%. On the other hand, 19.9% of the consumer families had diabetes and 6.8% of them had obese individuals (Table 2). The rate of diabetic-patients in the world is 5.68%, while in Turkey it is 7.5% (Anonym, 2017a). Food such as rice and

potatoes are not preferred for diabetics because rice and potatoes contain a large number of glycemic index (Memis and Sanlier, 2009; Anonymous, 2017b). Consumers use potatoes as boiling, frying, baking or cooking; according to the result potatoes were consumed as, fried (47.0%), cooking (37.0%) and boiling 16.4%).

Table 2. Socio-demographic characteristics of consumers

		Frequency	%			Frequency	%
Gender	Female	127	45.2	Being diabetes in the family	No	225	80.1
	Male	154	54.8		Yes	56	19.9
Marital status	Single	44	15.7	Being obese in the family	No	262	93.2
	Married	237	84.3		Yes	19	6.8
Education (years)	≤8	160	56.9	The using methods of potato intensively	Frying	208	74.1
	≥9	121	43.1		Boiled	73	25.9

### Analysis of the potato varieties that the consumers want to consume by AHP method

Potatoes can be grown in all regions of Turkey. Potatoes are produced extensively in Central Anatolia, Black Sea, Aegean and North Eastern Anatolia regions. The average consumption of potatoes per capita is calculated as 54.4 kg / year in Turkey (Anonymous, 2017b). The weight of each of the options and criteria obtained with the help of the AHP method was calculated in accordance with the purpose of the study. According to the weight obtained from the AHP method, the options that are

effective in consumers' preference of the potato varieties are listed in Table 3 from large to small according to their weight. However, consumers are most interested in the taste while buying potatoes and then habits and colors. The price is the least important choice for the consumption of potatoes, by which a meal is often made and consumed easily every day. Nevertheless, the consumers give most importance to the taste rather than the price of the potatoes. The Friedman test is used to test whether there is a significant difference between distributions by comparing distributions of two or more related

variables. It was found that there is statistically significant difference between consumers' choices for potato consumption by the Friedman test ( $P < 0.01$ ).

The Friedman test has shown that consumers prefer at least one of the choices they take while purchasing potatoes to others.

Table 3. Weight of choices that are effective in consumers' preferences for potato variety

	Min	Mean	Max	Std. Dev.
Taste	0.094	0.295	0.536	0.100
Palatal Delight	0.073	0.275	0.569	0.102
Habit	0.020	0.154	0.489	0.094
Color	0.015	0.141	0.517	0.108
Price	0.020	0.135	0.493	0.103

\* Friedman test is statistically significant for  $p < 0.01$ .

According to the weight obtained from the AHP method, consumers' purchasing criteria for potatoes are listed in Table 4. When consumers buy potatoes in the research region, they place the "Hasankale" criterion in the first place; thereafter, "Ahlat" and "Nevsehir" come. The Friedman test, which was used

to determine whether at least one is preferred to another the criteria offered as a variety of potatoes they wanted to buy, was statistically significant ( $P < 0.01$ ). With this test it was determined that consumers preferred at least one of the potato variety criteria they wanted to buy.

Table 4. Consumers' weights of potato purchasing criteria

	Minimum	Mean	Maximum	Std. Deviation
Hasankale	0.052	0.614	0.818	0.228
Ahlat	0.052	0.199	0.818	0.176
Nevsehir	0.052	0.187	0.818	0.205

\* Friedman test is significant for  $p < 0.01$ .

All interviewed consumers gave most importance to taste of potato regardless of potato variety. The least attention is given to the price of potatoes produced in Hasankale while least importance is given the color of potatoes produced in

Ahlat and Nevsehir (Table 5). Consumers prefer the potatoes produced in the region where they live, which are suitable for their taste, regardless of the price.

Table 5. Weights of options according to consumer purchasing criteria of potatoes

	Price	Palatal Delight	Habit	Color	Taste
Hasankale	0.117	0.286	0.154	0.143	0.299
Ahlat	0.187	0.242	0.141	0.140	0.290
Nevsehir	0.194	0.244	0.136	0.132	0.293

## CONCLUSIONS

The Analytical Hierarchy Process method has been used in the study to determine the factors that affect the consumers' attitude and behaviors on purchasing potato, which is the most important protein source of the people in Erzurum. According to the results of the analysis, while the consumers in the research region are buying potatoes, the "Hasankale" type criterion is the first place and then "Ahlat" and "Nevsehir" are the criteria. Consumers pay more attention to the taste when purchasing potatoes, then palatal delight, habit, color and price

options come in order of priorities. People who consume potato, whose food is often made and consumed comfortably at every meal of the day, give most importance to the taste of the potatoes rather than price of the product while purchasing the delicious product.

In the study, per capita consumption of potatoes in Turkey, it seems to be far behind the European countries. In order to increase the consumption of potato, which is a source of protein throughout the country, production should be directed by giving importance to the factors that are effective in consumption of potatoes. Ahlat and Nevsehir

potatoes are not preferred because of the different taste in the study area.

Potato producers, sellers and other companies that are operating in the sector may be advised to carry out the production taking into consideration factors that affect the preference for buying potatoes. In this respect both producers will gain and consumers will get more benefits from the products.

## REFERENCES

- Abong, G.O., Okoth, M.W., Imungi, J.K., Kabira, J.N., 2010. Consumption patterns, diversity and characteristics of potato crisps in Nairobi, Kenya. *J. Appl. Biosciences*, 32: 1942-1955.
- Ahokas, M.A., Välimaa, L., Lötjönen, T., Kankaala, A., Taskila, S., Virtanen, E., 2014. Resource assessment for potato biorefinery: Side stream potential in Northern Ostrobothnia. *Agronomy Research*, 12, 695-704.
- Ajmair, M., Akhtar, N., 2012. Household consumption in Pakistan (A Case Study of District Bhimber, AJK). *European Journal of Scientific Research*, 75: 448-457.
- Anonymous, 2017a. Verilerle Türkiye ve Dünya'da diyabet <http://www.tdhd.org/pdf/VER%20BOLERLE%20D%C3%9CNYADA%20VE%20T%C3%9CRK%C4%B0YEDE%20D%C4%B0YABET.pdf>. (Accessed Date: 29 November 2017).
- Anonymous, 2017b. Glisemik indeks tablosu. <http://www.diyetz.com/glisemik-indeks-tablosu/> (Accessed Date: 27 October 2017).
- Arioğlu, H.H., 2002. Nisasta ve Seker Bitkileri Ders Kitabı. Genel Yayın No: 188, Ders Kitapları Yayın No:A-57. Adana, 234 s.
- Atkinson, F.S., Foster-Powell, K., Brand-Miller, J.C., 2008. International tables of glycemic index and glycemic load values. *Diabetes Care*, 31, 2281-2283.
- Cook, K.A., Toensmeyer, U.C., German, C.L., Bacon, J.R., 2000. An analysis of household consumption of fresh potatoes in Delaware. *Journal of Food Distribution Research*, March, 103-111.
- Çetiner, S., 2017. Patates dünyaya nasıl yayıldı?. *Tarla Sera Dergisi*, Ocak, 26-28.
- Dukeshire, S., MacPherson, M., Veitch, S., Wang-Pruski, G., 2016. Slicing, Dicing, Spicing, and Pricing: Factors Influencing Purchase and Consumption of Fresh Potatoes. *Journal of Food Products Marketing*, 22: 240-257.
- Engindeniz, S., Karakus, Ö., 2008. Türkiye'nin AB ülkelerine patates dış satımındaki gelişmeler. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 45: 65-75.
- FAO, 2008. Hidden Treasure. <http://www.fao.org/potato-2008/en/> (Accessed Date: 29 November 2017).
- Gibson, S., Kurilich, A.C., 2013. The nutritional value of potatoes and potato products in the UK diet. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, 38: 389-399. DOI: 10.1111/nbu.12057.
- Gibson, S., Francis, L., 2015. An analysis of potato consumption habits and diet quality among adults and children in the UK. *British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin*, 40: 177-186. DOI: 10.1111/nbu.12151.
- İkikat Tümer, E., Bulut, O.D., Seker, E., 2017. Tüketicilerin Maraş tarhanası tüketim davranışlarının belirlenmesi; Kahramanmaraş İli Örneği. *Atatürk Univ., Ziraat Fak. Derg.*, 48: 87-92.
- Jonathan, M., Huffman, W., 2017. Consumer demand for low-acrylamide-forming potato products: evidence from lab auctions. *American Journal of Potato Research*, 1-16.
- Karadas, K., Kumlay, A.M., Eyduran, E., Karadag GURSOY, E., 2017. Identification of potato purchasing behaviors and preferences of consumers by means of robust factor analysis. *scientific papers series management. Economic Engineering In Agriculture and Rural Development*, 17: 193-196.
- Karsan, A., Gül, M., 2017. Changes in potato production costs and profitability: the case of Niğde. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5: 530-535.
- Lacy, K., Huffman, W.E., 2015. Consumer demand for potato products and willingness-to-pay for low-acrylamide, sulfite-free fresh potatoes and dices: evidence from lab auctions. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 41: 116-137.
- Leksrisompong, P.P., Whitson, M.E., Truong, V.D., Drake, M.A., 2012. Sensory Attributes and Consumer Acceptance of Sweet Potato Cultivars with Varying Flesh Colors. *Journal of Sensory Studies*. 27: 59-69.
- Memis, E., Sanlier, N., 2009. Glisemik indeks ve sağlık ilişkisi. *Gazi Üniv. Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fak. Derg.*, 24: 17-27.
- Onaran H., Ünlünen, L.A., Doğan, A., 2010. Patates tarımı, sorunları ve çözüm yolları. T.C. Tarım ve Köyisleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Niğde Patates Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 91 s.
- Ribeiro, R.C., Pinheiro-Sant, H.M., Pádua, J.G., Chaves, J.B.P., 2016. Consumer behavior and the effects of the supply of French cultivars of potatoes. *Biosci. J. Uberlândia*, 32: 308-318.

- Rodriguez, E. M., Lupín, B., Lacaze, V., 2012. Factors Affecting the frequency of fresh potatoes' purchasing: An urban study case in Argentina. *Economia agro-alimentare*, 139-152.
- Srivasta, D.K., Tiwari, A.K., 2014. A study of consumer behavior with reference to Brand Lay's. *Pacific Business Review International*, 6: 95-101.
- Sahin, K., 2003. Ahlat İlçesinde patates üretimi ve sorunları üzerine bir araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniv. Tarım Bilimleri Derg.*, 13: 81-88.
- Teweldemedhin, M.Y., Mulonda, G.M., 2016. Factors influencing consumer preference for sweat potato in Namibia, Case Study from Windhoek. *British Journal of Economics, Management and Trade*, 14:1-9.
- Torgerson, W.S., 1958. *Theory and methods of scaling*. Oxford, England.



## Farklı Arazi Kullanımı Altındaki Podzolik Toprakların Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi\*

Miraç GÜLNAR<sup>1</sup> Kenan BARİK<sup>2\*\*</sup> 

<sup>1</sup>T.C. Ticaret Bakanlığı, Doğu Karadeniz Bölge Müdürlüğü, Trabzon, Türkiye

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Erzurum, Türkiye

(\*\*Sorumlu yazar e-mail: kbarik@atauni.edu.tr)

DOI: 10.17097/ataunizfd.480971

**Geliş Tarihi (Received Date): 09.11.2018**

**Kabul Tarihi (Accepted Date): 05.02.2019**

**ÖZ:** Bu çalışmanın amacı Doğu Karadeniz Bölgesinde yaygın olarak bulunan podzolik toprakların farklı kullanım koşulları altındaki durumlarını toprak kalite parametrelerine göre değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür. Rize ili sınırları içerisinde çay tarımı yapılan arazi, çayır ve orman örtüsüyle kaplı araziler çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Belirlenen her bir arazide toprak profili açılmış ve profil tanımlaması yapılmıştır. Alınan toprak örnekleri ile toprak kalitesini belirleyen parametrelere göre çeşitli kimyasal ve fiziksel analizler yapılmıştır. Araştırmada, alınan toprak örneklerinin tekstür, toprak reaksiyonu, kireç, organik madde, elektrik iletkenliği, katyon değişim kapasitesi, değişebilir katyon, azot, fosfor, mikroelement, tane yoğunluğu, agregat stabilitesi, hidrolik iletkenlik durumları değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda arazi kullanım şekline göre her üç şekilde kullanılan arazilerinde değerlendirilen 4 farklı yõteme göre kaliteli oldukları görülmüş olup; çayır ve orman örtüsüyle kaplı arazilerin toprak kalitesinin çay tarımı yapılan araziye göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak kalitesi, Toprak kalite indeksi, Podzolik topraklar

### Determination of Quality Parameters of Podzolic Soils Under Different Land Use

**ABSTRACT:** The aim of this study is to evaluate the status of podzolic soils commonly found in the Eastern Black Sea Region, under different land use conditions in terms of soil quality parameters. Cultivated area used for tea garden, meadow and forest lands were determined as the study area. The soil profiles for each determined lands were excavated and defined. The study was done with soil samples taken from each horizonsof profiles. Some chemical and physical analyses were carried out with these samples based on soil quality parameters. In this study, the texture, soil acidity, lime contend, organic material, electric conductivity, cation exchange capacity, exchangeable cation, nitrogen, phosphorus, microelement, particle density, aggregate stability, hydraulic conductivity of these soil samples were evaluated. As a result of these evaluations, it is found all land use types has high land quality. On the other hand, it was also determined that the soil quality of meadow and forest lands were higher than the tea cultivating lands.

**Keywords:** Soil, Soil quality, Soil quality index, Podzolic soils

\*Bu çalışma, Miraç Gülnar'ın Yüksek Lisans Tezi'nden üretilmiş ve Atatürk Üniversitesi BAP birimi (2012-406 nolu proje) tarafından desteklenmiştir.

### GİRİŞ

Son yıllarda toprak bilimindeki gelişmeler ile birlikte toprak kalitesi ilgi çeken bir konu haline gelmiştir. Toprak kalitesinin geliştirilmesi, korunması ve sürdürülebilirliği ile birlikte tarımsal üretiminde artışın sağlanmasının yanında; sulama, gübre ve pestisit gibi tarımsal girdi kullanımında azalmaya bağlı olarak çevre kalitesinin yükselmesine de yardımcı olmaktadır (Mohanty et al., 2007). Tarım arazilerinin sürdürülebilirliği toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin belirlenmesine, mevcut durumunun korunması için uygulanacak toprak-bitki yönetiminin seçimine bağlıdır. Toprakların verimliliği sonsuz olmadığı için toprağın mevcut durumu bilinmeli, belirlenen durumlara göre yöntemler seçilmelidir. Toprak özelliklerinin bozulması insanın doğrudan etkisi ile kontrol edilemez bir durum haline gelmektedir. Toprak özelliklerinin bozulması toprağın erozyona karşı

direncinin azalmasına, canlı çeşitliğinin azalmasına sonuç olarak da toprağın sürdürülebilirliği olumsuz yönde etkilemektedir. Toprak kalitesi doğal veya yönetilen ekosistem içerisindeki bir toprağın bitkisel ve hayvansal üretimi sürdürebilme, su ve hava kalitesini artırabilme ve insan sağlığı için uygun yaşam ortamını oluşturma fonksiyonlarının tamamını sağlayabilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (Karlen et al., 1997; Doran, 2002). Toprak kalitesi değerlendirmelerinde doğal ve dinamik toprak özelliklerinin yanı sıra toprak oluşum süreçleri ve toprakların etkileşimleri bütünsel olarak değerlendirmeye katılmalıdır (Karlen et al., 2003). Toprak kalitesi parametreleri kolayca ölçülebilir, toprak fonksiyonlarındaki değişiklikleri yansıtabilme, toprak yönetimi değişikliklerine duyarlı olabilmeli ve birçok kullanıcının bilgilere kolayca ulaşabilmelidir (Shukla et al., 2006). Toprak

kalitesi ya da toprak kalitesinin fonksiyonu pek çok faktörün karşılıklı etkileşimini sağlar. Sürdürülebilirlik toprak kalitesine bağlıdır. Herhangi bir toprağın kapasitesi, doğal veya yönetilen sınırlar çerçevesinde toprağın üretkenliğini sağlamak ve sürdürmek ya da; toprak ve su kalitesi ve insan sağlığı ve doğal çevreyi desteklemekle geliştirilir (Mohanty et al., 2007). Toprak kalitesi temel toprak fonksiyonlarını etkiler, bunlar suyun iletimi ve bitkilere çözünen madde hareketi ve bunların yeniden dağıtımı; besinlerin depolanması ve döngülenmesi; filtrelemek, tamponlamak, bloke etmek ve organik ve inorganik maddeleri toksinlerden ayrıştırmak; kök büyümesini sağlamak; erozyona dayanıklılığını sağlamaktır. Toprak kapasitesinin fonksiyonu ölçümlenmiş toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri tarafından yansıtılabilir bunlar ayrıca toprak kalite indeksi olarak bilinir (Shukla et al., 2006). Yaygın olarak kabul edilen toprak kalitesi tanımına göre toprak kalitesi, bitkiler ve hayvanlardaki ekosistemde işler ayrıca hava ve su kaynaklarının birleşimini oluşturur. Kompleks fonksiyonel durum olarak, toprak kalitesi direkt olarak ölçülemez, ama ölçülebilir toprak özellikleri tarafından toprak kalite indeksi özellikleri olarak adlandırılır. Bunun yanında, toprak kalitesi değerlendirmeleri toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Çünkü

ölçümlerin basit metodları yeterlidir. Son zamanlarda toprağın biyolojik ve biyokimyasal özelliklerinin tarımsal ekosistem stresinin veya toprak verimliğindeki değişikliklerin erken ve hassas göstergeleri olarak kullanılabilmesi iddia edilmiştir (Islam and Weil, 2000).

Bu çalışma Doğu Karadeniz Bölgesinde yaygın olarak bulunan podzolik toprakların farklı kullanım koşulları altındaki durumlarını toprak kalite parametrelerine göre değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür.

### MATERYAL VE METOT

Araştırma, Doğu Karadeniz Bölgesi' nin karakteristik özelliklerini yansıtan Rize ilinde üç farklı şekilde kullanılan (orman, çayır, çay) alanlarda profil açılmış, ve toprak örnekleme yapılmıştır (Şekil 1). Orman ve çayır arazileri Çamlıhemşin ilçesinde, çay tarımı yapılan arazi ise Ardeşen ilçesinde belirlenmiştir.

Rize'de yazları serin, kışları ılıman ve her mevsimi yağışlı bir iklim görülür. Yapılan rasat sonuçlarına göre Rize'nin yıllık sıcaklık ortalaması 14 °C civarındadır. Rize ili ülkemizin en çok yağış alan bölgesi olup uzun yıllar yağış ortalaması 2200 kg /m<sup>2</sup>'nin üzerindedir. En çok yağış sonbahar döneminde düşmekte olup en düşük yağış ise ilkbahar döneminde düşmektedir.



Kullanım Şekli	Koordinat	Rakım (m)
Orman	41° 00' 23.75" K; 40° 59' 20.55" D	430
Çayır	41° 00' 31.99" K; 40° 59' 20.84" D	420
Çay	41° 11' 34.60" K; 40° 59' 52.20" D	5

Şekil 1. Toprak örneklerinin alındığı yerler ve koordinatları

Çay, çayır, orman arazilerinde usulüne uygun olarak toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örnekler laboratuvara getirilerek öncelikle hava da kurutulmuş dövmüş sonra 2 mm' lik elekten elenerek analiz edilmiştir. Toprak örneklerinde tekstür (Gee and Bauder, 1986), pH (McLean, 1982), kireç (Nelson, 1982), organik madde (Nelson and Sommers, 1982), kation değişim kapasitesi (Rhoades, 1982), toplam azot (Kacar, 1966), fosfor (Aydın ve Sezen, 1995), agregat stabilitesi ve tane yoğunluğu (Demiralay, 1993), hidrolik iletkenlik (Klute and Dirksen, 1986), Fe, Mn ve Al (Sağlam, 1994) analizleri yapılmıştır.

### Toprak kalite indeks çalışmaları

Bu çalışmada toprak kalitesi değerlendirme yöntemlerinden "Parametrik Yöntemlerle Arazi Kalite İndeksi", "MEDALUS", "Kalite Skor Tablosu" ve "Orman toprak sağlığı değerlendirmeleri için Toprak Kalite İndeksi", olarak dört farklı yöntem kullanılmıştır.

### Parametrik yöntemlerle arazi kalite indeksi

Parametrik metodu ilk olarak Riquier et. al., 1972' de arazi değerlendirmesi için önermişlerdir. Parametrik yaklaşımda her bir arazi karakteristiğinin sınırlayıcı faktörlerine bağlı olarak değişen düzeylere göre arazi değerlendirmesi işlemidir. Arazi kalite indeksi değerlerinin hesaplanmasında tekstür, eğim,

toprak derinliği, taşlılık, çalılılık ve kayalılık durumu, tuzluluk, alakalılık ve pH ile diğer faktörlerin (yağış oranı, kök gelişmesini engelleyen sert katman, erezyon derecesi, drenaj, kireç, KDK ve Verimlilik) oranlarının toplanmasıyla hesaplanmaktadır.

$$AKİ = R_{max} \times \sqrt{\frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times \dots \times \frac{F}{100}}$$

$AKİ = \text{Arazi Kalite İndeksi}$

$R_{max} = \text{Ortalama maksimum oran}$

$A, B, \dots, F = \text{Her bir faktörün oransal değeri}$

### **MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use)**

Bu indeks; toprak kalitesi, iklim, bitki örtüsü ve arazi yönetimi gibi parametrelerden oluşmaktadır (Kosmas et al., 1999).

MEDALUS medotu ile Toprak Kalite İndeksi (TKİ) belirlenmesi, çeşitli toprak karakteristiklerine bağlı olarak;

$$TKİ_{ij} = [(faktör_{1ij}) (faktör_{2ij}) (faktör_{3ij}) \dots (faktör_{nij})]^{1/n}$$

### **Kalite skor tablosu**

Tarım topraklarının kalitesini belirlemede, Doran and Parkin (1994) tarafından, gıda ve tarımsal ürün verimi, yer altı suyu kalitesi, yüzey suyu kalitesi, toprak kayıp limitleri, hava ve ürün kalite değerleri olmak üzere toplam 6 kalite kriterinin ölçü alınabileceği önerilmiştir. Arazi kalitesi belirlenecek alanın çeşitli yerlerinden alınan toprak örneklerinin analizleri sonucunda veri seti hazırlanmıştır.

### **Orman toprak sağlığı değerlendirmeleri için toprak kalite indeksi**

Orman Toprak Sağlığı Değerlendirmeleri için ilgili özel sorunlar ele alınarak, toprakların kimyasal ve fiziksel birtakım özelliklerini ölçülmesine dayalı TKİ aşağıdaki formülle belirlenmiştir (Amacher et al., 2007).

$$TKİ = \frac{\sum i}{Max.i} \times 100$$

TKİ= Toprak Kalite İndeksi

$\sum i$ =Ölçülen toprak parametrelerinin İndeks değerleri toplamı

Max.i=Maksimum İndeks değerleri toplamı

### **BULGULAR VE TARTIŞMA**

Örnekleme noktalarında açılan profillerin belirlenen horizonlarından alınan toprakların fiziksel ve kimyasal analiz bulguları Çizelge 1'de verilmiştir. Analizi yapılan toprak örneklerinin geneli kumlu tın

ve killi tın sınıflarına ait olduğu belirlenmiştir. Çay tarımı yapılan arazide kil miktarının orman ve çayır arazisine göre yüksek olduğu görülmektedir. Her üç örnekleme noktasında da profil derinliğine bağlı olarak kil içeriğinin arttığı görülmektedir. Bu durum yağışın bol olduğu bölgelerde kilin yıkanarak alt horizonlarda birikebildiğini göstermektedir. Toprak örneklerinin pH değerleri tüm toprak örneklerinin asit karakterli olduğu belirlenmiştir. Çay tarımı yapılan alanda toprakların aşırı derecede asit sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Çay tarımı yapılan alanda pH değerlerinin horizonlar arasında ciddi bir değişme olmayıp, en yüksek pH değeri A horizonunda tespit edilmiştir. Çay tarımı yapılan alanda pH'nın diğer arazi kullanım şekillerine göre düşük olmasında gübrelemenin önemli ölçüde etkili olduğu düşünülmektedir (Barik vd., 2013). Çayır arazisinin toprak reaksiyonu verilerini incelediğimizde hafif asit karakterli olduğu görülmektedir (Özyazıcı vd., 2014). Çayır alanında da pH değerleri horizonlar arasında değişmekte olup, en düşük değer A1 horizonunda, en yüksek değer ise B1 horizonunda bulunmuştur. Orman arazisinden alınan toprak örneklerinin pH değerlerine bakıldığında orta derece asit olduğu belirlenmiştir. Orman arazisinde de horizonlar arasında pH değerleri değişmektedir. Organik horizon hariç alt horizonlara inildikçe pH değerleri artmakta olup, bu duruma bağlı olarak da asitleşme derecesi azalmaktadır. Toprak reaksiyonu, makro ve mikro besin elementlerinin yarayışlılığını etkilemektedir. Asit topraklarda değişebilir hidrojen, alüminyum ve mangan bitkilere zehir etkisi yapacak seviyeye kadar artabilir (Dalglish, 2006). Rize ilinin son 52 yıllık, aylık yağış ortalamasının 186 kg/m<sup>2</sup> olmasından dolayı bazik kanyonların yıkanması sonucunda bu bölgede bulunan topraklar asit karakterli yapı göstermektedir. Doğu Karadeniz bölgesinde çay bahçelerinin tesis edildiği yıllarda topraklar pH yönünden en uygun koşulları sunarken, yıllar geçtikçe bu değerler değişmiştir. Bu hızlı değişimin en önemli nedenlerinden biri, yörede tek taraflı ve yüksek dozda kullanılan amonyum sülfat gübresi oluşturmuştur (Kacar, 1984; Müftüoğlu ve Sarımeşmet, 1993). Uzun zaman fosforik asit ve amonyum sülfat kullanımının toprak asitliğini artırdığı bilinmektedir. Sürekli kullanılan amonyum sülfat gübresinin pH değerlerinde düşmeye neden olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir (Sivasubramaniam and Talibudeen, 1972; Karim et al., 1981; Wickremasinghe et al., 1981).

Çizelge 1. Toprak örneklerinin analiz sonuçları

Örnek	Horizon	Derinlik (cm)	% Kil	% Silt	% Kum	Tane Yoğ. (gr/cm <sup>3</sup> )	Htd. İli. (cm/sa)	A.S (%)	O.M (%)	Kireç (%)	pH (1:2,5)	Al (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Azot (%)	Fosfor (ppm)	KDK (me/100 gr)
Çay	A	0-19	25	28	48	1,93	57,78	90,80	7,28	0,07	4,43	46,91	60,15	6,132	0,742	316,71	31,19
Çay	AB	19-32	33	30	38	2,17	53,86	82,88	7,09	0,09	4,23	26,34	38,62	3,585	0,28	168,03	31,51
Çay	Bw	32-53	32	25	42	2,39	34,52	71,53	2,12	0,06	4,23	11,68	16,38	3,561	0,14	16,51	25,88
Çay	C	53+	37	22	42	2,42	38,92	67,08	1,38	0,05	4,13	1,774	40,64	7,274	0,119	14,85	24,17
Çayır	A1	0-48	18	28	55	2,53	60,43	92,02	4,69	0,05	5,60	15,38	17,95	5,644	0,14	63,26	25,99
Çayır	A2	48-61	18	27	55	2,56	32,81	84,67	2,73	0,06	6,07	4,215	35,38	6,849	0,091	56,62	22,57
Çayır	B1	61-72	9	21	69	2,77	94,98	87,33	1,76	0,05	6,43	4,685	25,45	3,841	0,035	61,10	18,98
Çayır	Bt	72-117	26	26	48	2,61	94,61	93,99	3,16	0,07	6,20	3,131	42,31	3,941	0,14	48,42	29,06
Çayır	C	117	12	16	72	2,62	126,97	90,56	1,48	0,00	6,30	7,549	39,95	3,102	0,084	105,98	17,21
Orman	O	0-9	13	22	65	2,23	489,49	95,98	8,21	0,00	5,33	9,814	32,45	6,75	0,497	62,49	27,67
Orman	A	9-47	17	30	54	2,37	375,14	94,05	7,16	0,00	5,10	44,07	66,57	9,502	0,259	26,33	36,39
Orman	AB	47-66	21	27	52	2,62	412,43	92,63	4,37	0,00	5,43	3,328	40,46	4,624	0,119	14,23	26,03
Orman	Bw	66-82	23	23	55	2,63	29,42	83,51	0,49	0,00	5,73	2,344	28,99	5,306	0,035	16,50	23,02
Orman	C	82+	25	21	54	2,63	44,30	69,62	0,13	0,00	6,13	0,408	4,055	0,014	0,035	17,33	25,29

Örnekleme yapılan tüm alanlarda kireç içeriği çok düşük olarak belirlenmiştir. Bu da yıllık yağışın 2000 mm'nin üzerinde olması nedeni ile topraktaki kireci yıkayarak uzaklaştırdığını göstermektedir. Çay tarımı yapılan arazide kireç miktarlarının horizonlar arasında ciddi bir değişim olmadığı görülmektedir. Çayır araziden alınan örneklerin kireç içerikleri çay tarımı yapılan araziden düşük, orman arazisinden yüksek bulunmuştur. Orman arazisinden alınan örneklerimizin sonuçlarında hiç kireç bulunmamıştır. Kirecin yıkanması bitki besin elementi noksanlığı yanısıra pH'nın da düşmesine neden olması tarımsal üretimi olumsuz olarak etkileyecektir (Barik vd., 2013). Çay ve Çayır arazisine göre orman arazisi insan faaliyetinden çok uzak olmasından (kireçleme, gübreleme vb.) profillerde bulunan kirecin yıllarca yıkanması sonucunda horizonlarda kireç bulunamamıştır. Bu durum yıkanmanın etkin olduğu podzolik toprakların tipik bir göstergesidir.

Toprak örneklerinin organik madde miktarları tüm örnekleme noktalarının solum tabakasında yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm toprak örneklerinde derinlikle birlikte OM seviyesinde azalmaktadır. Bitkisel atıkların en fazla toprak yüzeyine düşmesiyle yağışın bol, sıcaklığın serin olması toprakta OM birikimine neden olmaktadır (Boyle et al., 1989; Arshad and Coen, 1992). Her türlü bitkisel ve hayvansal atık, toprağa ulaştığında biyolojik ve kimyasal tepkimelerle ayrışmaya, yeni ürünler oluşturmaya başlar. Organik madde mikroorganizmaların temel besini olmasının ve bitkilere besin kaynağı görevi yapmasının yanı sıra, toprakta fiziksel ve kimyasal olayların yürütmesinde de etkilidir. İyi havalanma, bol su tutma, su ve hava iletkenliği, erozyona karşı direnç, toprak yapısının gelişmesi ve işlemenin kolaylaşması, besin maddelerinin bitkilere hazır durumda tutulması, zehirlere ve asitlik-alkaliliğe karşı tamponluk gibi görevlerde organik maddenin payı büyüktür (Chenu et al., 2000). Organik madde kapsamı yüksek olan toprakların kolay işlendiği, daha fazla su tutup daha uzun süre nemli kaldığı, verimli olduğu, erozyona karşı direndiği gibi özellikler, çağlardan beri bilinmektedir (Ünver vd., 2013).

Toprak örneklerinin KDK miktarlarının tüm arazilerde yüksek olduğu belirlenmiştir. Çay ve çayır alanlarında KDK değerleri genellikle alt horizonlara inildikçe azalmaktadır. Bu durum alt horizonlarda organik maddenin azalması ile açıklanabilir.

Toprak örneklerinin çay ve orman arazilerinde N miktarları alt katmanlara inildikçe azalmaktadır.

Çay arazisinin yüksek miktarda N barındırmasının nedeninin gübrelemeden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Topraklarının Al durumları üç örnekleme noktasının A horizonunda en yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Çay ve orman arazilerinde genellikle alt horizonlara inildikçe Al miktarları azalmaktadır. Yalnız orman arazisinin yüzey horizonu(organik horizonu)'nun Al seviyesi A horizonuna göre düşük bulunmuştur. Çayır arazisinde Al seviyeleri horizonlar arasında değişmektedir. Yüzey toprakları asit reaksiyon göstermesinden dolayı Al seviyelerinin yüksek çıkması bu duruma bağlanabilir. Alüminyum üzerine yapılan bazı araştırmalar neticesinde genellikle 50 ppm üzeri değerlerde bitkiler üzerinde ciddi toksisite belirtileri ortaya çıkmaktadır (Alfredsson et al., 1998). pH'sının düşmesiyle toprakların Al içerikleri yükselmekte tarımsal ürünlere zehir etkisi yapacak boyutlara ulaşabilmektedir. Bu durum birçok araştırmacı tarafından da ifade edilmiştir (Chen et al., 1973; Koffa and Mori, 1987; Alfredsson et al., 1998).

Tüm örnekleme noktalarında hidrolik iletkenlik değerleri yüksek çıkmış olup "çok hızlı" geçirgenlik sınıfında yer almaktadırlar. En yüksek hidrolik iletkenlik değeri Orman arazisinin organik horizonunda görülmektedir. Çay tarımı yapılan alan ile orman örtüsü altındaki toprakların hidrolik iletkenlik değeri derinlikle birlikte azalırken çayır örtüsü altındaki toprakta derinlikle birlikte artış olduğu görülmüştür. Orman arazisinde horizonlar arasında yüksek bir fark olmasının nedeni B ve C horizonlarındaki kil yüzdesinin fazla olması ve AS değerlerinin üst horizonlara göre düşük olmasından kaynaklanabilir. Çayır örtüsü altındaki toprakta hidrolik iletkenliğin yüksek çıkması yüksek agregat tsabilitesi ile bağdaştırılabilir. Hidrolik iletkenlik toprağın geçirgenliğinin bir göstergesi olduğundan dolayı tekstür sınıfı ve AS ile doğru orantılı çıkması yapılan çalışmanın uygunluğunu göstermektedir. Toprakta kum miktarı ve AS oranı arttıkça hidrolik iletkenlik artmakta ve buna bağlı toprağın geçirgenliği artmaktadır (Dumanski and Pieri, 2000).

#### **Parametrik yöntemlere göre arazilerin kalite durumları**

Parametrik yöntemle toprakların AKİ (Arazi Kalite İndeksi) değerleri hesaplanarak Çizelge 2'de belirtilmiştir.

Çizelge 2. Parametrik yöntemle göre arazilerin kalite durumları

Arazi	% AKİ	Uygunluk Sınıfı	Durumu
Çay	65,48	S2	İyi
Çayır	71,13	S2	İyi
Orman	64,13	S2	İyi

Bu hesaplamada kullandığımız parametreler toprağın tekstürü, eğim durumu, solum derinliği,

taşlılık durumu, tuzluluk, alkalilik, toprağın reaksiyonu, yıllık yağış, sınırlayıcı katman, drenaj,

kireç, KDK, verimlilik durumları kullanılmıştır. Parametrik yöntemle göre toprakların S2 uygunluk sınıfında olduğu ve kalite durumlarının ise iyi oldukları belirlenmiştir.

#### **MEDALUS'a göre arazilerin kalite durumları**

MEDALUS projesinde kullanılan hesaplama modeliyle araştırma alanında belirlenen sonuçlara göre toprakların Toprak Kalite İndeksi (TKİ) değerleri hesaplanarak Çizelge 3'te belirtilmiştir.

Çizelge 3. MEDALUS yönteme göre arazilerin kalite durumları

Arazi	TKİ	Durumu
Çay	1,22	Orta Kalite
Çayır	1,22	Orta Kalite
Orman	1,26	Orta Kalite

Bu hesaplamada; tekstür, taşlılık durumu, drenaj, eğim ve ana materyal parametreleri kullanılarak kalite durumları belirlenmiştir. Bu hesaplama metoduna göre her üç kullanım durumunda da toprakların Orta kalitede olduğu belirlenmiştir.

#### **Kalite skor tablosuna göre arazilerin kalite durumları**

KST'na göre toprakların Kalite Skor Değeri (KSD)'leri Çizelge 4'te belirlenmiştir.

Çizelge 4. Kalite Skor Tablosu yönteme göre arazilerin kalite durumları

Arazi	KSD	Durumu
Çay	2,8	Kaliteli
Çayır	3,4	Kaliteli
Orman	3,4	Kaliteli

KST'de kullanılan parametreler organik madde, pH, renk, N, P, K durumu, Toprak verimliliği, taban suyu, infiltrasyon, drenaj, toprak derinliğidir. Bu hesaplama metoduna göre topraklarımız kaliteli oldukları belirlenmiştir.

#### **Orman toprak sağlığı değerlendirmelerine göre arazilerin kalite durumları**

Orman toprak sağlığı değerlendirmeleri için hazırlanan TKİ'ye göre bulunan değerler Çizelge 5'te belirtilmiştir.

Çizelge 5. Orman toprak sağlığı değerlendirmeleri yöntemine göre arazilerin kalite durumları

Arazi	% TKİ	Durumu
Çay	72,2	İyi
Çayır	77,7	İyi
Orman	83,3	Çok İyi

Orman toprak sağlığı değerlendirmeleri için kullanılan hesaplama modeliyle, araştırma alanımızda belirlenen sonuçlara göre toprakların Toprak Kalite İndeksi (TKİ) değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamada kullanılan parametreler; taşlılık durumu, organik madde, N, değişebilir Na, pH ve mikroelement miktarlarıdır. Bu metoda göre Çay ve Çayır alanlarının toprak kalite durumları iyi, orman arazisinin kalite durumu ise çok iyi olduğu belirlenmiştir.

#### **SONUÇ**

Bu çalışmada ülkemizin kuzeyinde yer alan Doğu Karadeniz bölgesinde yaygın olarak bulunan podzolik topraklarda farklı kullanım koşulları altında toprak kalite durumlarını belirlenmiştir.

Organik madde; toprağın birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini doğrudan veya dolaylı olarak olumlu etki etmektedir. Bu nedenle toprak örneklerinin O.M miktarı her üç örnekleme noktasında da toprak kalitesini olumlu yönde artırmıştır.

Örnekleme bölgesi çok yağış alan bir bölgedir. Yağışların etkisiyle birçok element topraktan yıkanarak uzaklaşmakta toprakta Al katyonlarının artmasına neden olduğundan topraklar asitleşmektedir. Bu nedenle bu yöre toprakları için pH önemli bir kalite parametrelerindedir. Aynı zamanda, Al miktarındaki artış bitkilere toksik etki yapabilmektedir. Bu nedenle toprakların Al miktarı toprak kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir.

Bölge topraklarının aldığı yıllık yağış miktarının yüksek olmasına rağmen, sahip oldukları KDK değerinin yüksek olması toprakta bulunan elementleri tutulabilme kapasitesini arttırmaktadır. KDK kapasitesinin yüksek olması toprak kalitesini de olumlu yönde etkilemiştir.

Hidrolik iletkenlik, toprağın suyu iletme yeteneğinin bir ölçüsü olduğundan ve toprakta strüktür gelişimini dolayısı ile stabiliteyi olumlu yönde etkilerinden toprakların kalitesini geliştirmiştir.

Topraklardaki agregatlaşma, toprakların su tutma ve havalanma kapasitesi, suyun ve havanın toprak içersindeki hareketi, kök gelişimi ve dağılımı, mikrobiyal toplulukların aktivitesi gibi birçok toprak özelliğini etkilemektedir. Agregat stabilitesinin yüksek çıkması toprak kalitesini olumlu yönde etkilemiştir.

Yöre toprakları aşırı yağış olduğundan toprakta bulunan kireç yıkanarak topraktan uzaklaşmaktadır. Toprakların kireç miktarı çay tarımı yapılan alanda ve çayır bitki örtüsü ile kaplı alanda çok düşük iken orman örtüsü ile kaplı alanda hiç kireç bulunamamıştır. Kireç azlığı toprak pH'sını düşürmüş toprakların kalitesini olumsuz yönde etkilemiştir.

Topraklar kullanılan metoda göre toprak kalitesi bakımından farklılıklar göstermiştir. Bu durum her bir metodun kullanım amacının birbiri ile aynı olmadığını göstermektedir. Değerlendirmede amaca uygun metodun seçilip kullanılması toprak yönetim uygulamaları bakımından önem arz etmektedir.

Yapılan analizleri arazi kullanım durumuna göre birlikte ve kullanılan toprak kalitesi yöntemlerinden bağımsız olarak değerlendirdiğimizde ise doğal örtü olan orman arazileri için bir problemin bulunmadığı çayır olarak kullanılan arazilerde zaman zaman kireçlemenin yapılmasının toprağın verim ve üretkenliğini olumlu olarak etkileyeceğini, ifade edebiliriz. Fakat, çay tarımı yapılan alanda ise yapılan yanlış tarımsal uygulamaların toprağın verimini olumsuz yönde etkilediği söylenebilir. Bu durum toprakların önlem alınmadığı takdirde ilerleyen zaman içerisinde verim kabiliyetinin önemli ölçüde düşmesine neden olacağını göstermektedir.

#### KAYNAKLAR

- Alfredsson, H., Condron, L.M., Clarholm, M. and Davis, M.R., 1998. Changes in soil acidity and organic matter following the establishment of conifers on former grassland in New Zealand. *Forest Ecology and Management*.
- Amacher, M.C., O'Neill, K.P., Perry, C.H., 2007. Soil Vital Signs: A New Soil Quality Index (SQI) for Assessing Forest Soil Health, United States Department of Agriculture, USA
- Arshad, M.A., Coen, G.M., 1992. Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. *Am J Alternative Agric.*, 7: 25-31.
- Aydın A., Sezen Y., 1995. Toprak Kimyası Laboratuvar Kitabı, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Yayın No: 174. Erzurum.
- Barik K., Aydın A., Aydın C.K., 2013. Leaching of different liming materials from acid soil and determination of liming period. *Journal of Food. Agriculture and Environment*, 11 (3-4): 863-866.
- Boyle, M., Frankberger, J., Stolzy, L.H., 1989. The Influence of Organic Matter on Soil Aggregation and Water Infiltration. *J. Prod. Agric.*, 290-299.
- Chen, Y.S.R., Butier, I.N., Stumm, W., 1973. Adsorption of Phosphate on Alumina and Kaolinite from Dilute Aqueous Solutions. *J. Colloid Interface Sci.*, 43: 421-436.
- Chenu, C., Y.L Bissonais, Arrouays, D., 2000. Organic Matter Influence on Clay Wettability and Soil Aggregate Stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 1479-1486.
- Dalgliesh, N., 2006. Measure soil water for better farming decisions. *Farming Ahead* No:168
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi. Yayınları No: 143. Erzurum, 90-95.
- Dumanski, J., Pieri, C., 2000. Land quality indicators: research plan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 81: 93-102.
- Doran, J.W., Parkin, T.B., 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication No. 35, Madison, Wisconsin, USA.
- Doran, J.W., 2002. Soil Health and Global Sustainability: Translating Science into Practice. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 88: 119-127.
- Gee, G.W., Bauder J.W., 1986. Particle-Size Analysis. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods* Second Edition. *Agronomy*, No: 9, 2. Edition, pp. 383-441.
- Islam, K.R., Weil R.R., 2000, Soil quality indicator properties-in mid-Atlantic soils as influenced by conservation management. *Journal of Soil and Water Conservation*, 55 (1): 69-78.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E., 1997. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61: 4-10.
- Karlen, D.L., Ditzler, C.A., Andrews, S.S., 2003. Soil quality: why and how? *Geoderma*, 114: 145-156.
- Kacar, B., 1966. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. I. Genel Bilgiler. Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayın No: 279, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
- Kacar, B., 1984. Çayın gübrelenmesi, Çay İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Çay-Kur yayınları No: 4, Ankara.
- Karim, Z., Rahman A., Rahman S., 1981. Mineralogy of acidic tea soils and sorption of phosphate. *Tea Quarterly*, 50 (4).
- Klute, A., Dirksen, C., 1986. Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Edition. *Agronomy* No: 9. 687-734, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.
- Koffa, S.N., Mori, T., 1987. Effects of pH and aluminium toxicity on the growth of four strains of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., *Leucaena Research Reports*, 8: 58-62.
- Kosmas, C., Kirkby M., Geeson N. 1999. The Medalus Project Mediterranean Desertification And Land Use, European Communities.
- Mc Lean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. *Methods of Soil Analysis Part2*.

- Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2. Edition p: 199-224.
- Mohanty, M., Painuli, D.K., Misra, A.K., Ghosh, P.K., 2007. Soil quality effects of tillage and residue under rice-wheat cropping on a Vertisol in India. *Soil & Tillage Research*, 92: 243-250.
- Müftüoğlu, M., Sarımeimet, M., 1993. Doğu Karadeniz Bölgesi' nde Çay Tarımı Yapılan Toprakların Asitlik Durumu, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 30 (3), İzmir.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E. 1982. Organic Matter. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2. Edition pp. 574-579.*
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 181-197, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.*
- Rhoades, J.D., 1982. Soluble Salts. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 167-179, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.*
- Riquier, J., 1972. A mathematical model for calculation of agricultural productivity in terms of parameters of soil and climate. Paper AGL: 14.Sept. p: 9. FAO.
- Özyazıcı, M.A., Sağlam, M., Dengiz, O., Erkoçak, A., 2014. Çay Tarımı Yapılan Topraklara Yönelik Faktör Analizi ve Jeostatistik Uygulamaları: Rize İli Örneği. *Toprak Su Dergisi*, 3 (1): 12-23.
- Sağlam, T., 1994. *Toprak Kimyası. Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No:190, Ders Kitabı No:21, Tekirdağ.*
- Shukla, M.K., Lal, R., Ebinger M., 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil & Tillage Research* 87: 194-204.
- Sivasubramaniam, S., Talibudeen, O., 1972. Effect of aluminium on growth of tea and uptake of potassium and phosphorus. *The Tea Quarterly*, 43: 4-13.
- Ülgen, N., Yurtsever, N., 1984. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Tarım ve Orman Köyişleri Bakanlığı, Toprak Su Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı, 47-48, Ankara.
- Ünver İ., Çokuysal, B., Anaç, D., Kılıç, C., Eryüce, N., Kılıç, Ö., Esetlili, B., 2013. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme. Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, 231, Eskişehir.*
- Wickremasinghe, K.N., Sivasubramaniam, S., Nalliah, P., 1981. Urea Hydrolysis in Some Tea Soils. *Plant and Soil*, 62 (3): 473-477.



## Erzurum İli Temel Coğrafi Özellikleri ve Potansiyel İşlemeli Tarım Alanı Varlığı

Orhan DENGİZ<sup>1</sup> 

İnci DEMİRAG TURAN<sup>2\*</sup> 

Barış ÖZKAN<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun, Türkiye

<sup>2</sup>Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Giresun, Türkiye

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Samsun, Türkiye

(\*Sorumlu yazar e-mail: dmrinci@gmail.com)

DOI: 10.17097/ataunizfd.485163

**Geliş Tarihi (Received Date): 19.11.2018**

**Kabul Tarihi (Accepted Date): 05.02.2019**

**ÖZ:** Bu çalışmanın temel amacı, güncel veriler kullanarak Erzurum ilinin temel coğrafi özelliklerinin belirlenmesi ile, analitik hiyerarşik süreç AHP-Fuzzy yaklaşımı ve CBS ortamında bindirme analiz yöntemleri ile işlemeli tarım faaliyetlerine uygun potansiyel tarım alanlarının belirlenmesini içermektedir. Yaklaşık 25.000 km<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahip Erzurum iline ait işlemeli tarıma uygun potansiyel sahaların belirlenmesine yönelik olarak eğim, derinlik, erozyon, ana materyal olmak üzere dört adet arazi özelliği ve organik madde, hacim ağırlığı, bünye, pH ve kireç olmak üzere beş adet toprak özelliği toplamda 9 adet kriter kullanılmıştır. Yükselti ve eğim özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 10 m piksel çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (SYM), sayısal jeoloji ve toprak haritaları, CORINE arazi kullanım arazi örtüsü, uzun yıllara ait meteorolojik veriler ile alandan alınan 329 adet toprak örnekleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, toplam il sınırına ait alanın %19.64'ü işlemeli tarıma S1 ve S2 düzeylerinde yani çok uygun ve uygun olarak belirlenirken, %49.45'i ise işlemeli tarımsal faaliyetlere uygun olmadığı (N) belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fuzzy-AHP, Potansiyel işlemeli tarım alanları, Erzurum

### Basic Geographical Properties and Determination of Potential Arable Lands of Erzurum Province

**ABSTRACT:** The main aim of the current study was to determine basic geographic properties and potential arable lands of Erzurum province using the AHP-Fuzzy approach and GIS overlaying analysis by taking into consideration of current data. In order to detect potential arable lands of Erzurum province which covers about 25 000 km<sup>2</sup>, 9 criteria were used that four of them are slope, depth, erosion and parent material for land properties while, organic matter, bulk density, soil erosion, pH, and calcium carbonate content were concerned as soil features. In this study, to generate slope and elevation, digital elevation model (DEM) which has 10 m pixel size was used. In addition, land use land cover, digital geology and soil maps, long term meteorological data and 329 soil samples were used. According to obtained results, it was found that 19.64% of the total area is highly suitable and suitable (S1 and S2) whereas, 49.45% of the it is not suitable (N) for cultivation in the study area

**Keywords:** Fuzzy-AHP, Potential arable lands, Erzurum

### GİRİŞ

Ülkemiz 'deki tarımsal arazi kullanımında yaşanan değişim incelendiğinde, özellikle Cumhuriyetin kuruluşundan sonra artan nüfusa paralel olarak tarıma açılan arazi miktarında yıllar itibarıyla önemli artış gerçekleştiği görülmektedir. 1928 yılında yaklaşık 6.6 milyon hektar alanda tarım yapılmakta iken, bu rakam 1950 yılında 25.3 milyon hektara, 1980'li yılların sonunda yaklaşık 28 milyon hektar seviyelerine ulaşmıştır. Fakat tarım arazilerinin büyüklük olarak son noktasına geldiği bu tarihten sonra azalmalar meydana gelmektedir. Bu durum özellikle günümüzde dahil olmak üzere tarım arazilerinin tarım dışı kullanımı hala sürmektedir. Türkiye'de son yılların verilerine göre toplam 78 milyon hektar yüzölçümünün yaklaşık % 31'ine tekabül eden yaklaşık 24 milyon ha'lık kısmı tarım arazisi olarak değerlendirilmektedir (TÜİK, 2018).

Ülkemizde toprak ve arazilerimizin kullanımında önemli yanlışlıklar yapılmakta ve bunun sonucunda toprak ve arazi kaynaklarımızda geriye dönüşümü mümkün olamayacak şekilde kaybedilmektedir. Bu olumsuzlukların en önemli

nedenlerinden birisi, toprakların binlerce yıldır buldukları ekolojik koşullar altında kazanmış oldukları karakteristiklerini dikkate alan planlama çalışmalarının olmayışı veya güncel olmayışıdır. Bu nedenle, günümüzde arazi kullanımına ilişkin kararların, iklim, bitki örtüsü, toprak ve diğer karakteristiklerin yorumlanarak en uygun kullanımların saptanması ve farklı araziler arasındaki kıyaslamalar yaparak doğru kullanımların belirlenmesi amacıyla yapılan arazi değerlendirme ve arazi kullanım planlaması çalışmaları sonuçlarına göre alınması artık zorunlu hale gelmiştir. Ayrıca, arazi kullanım haritaları, bir bölgede mevcut durumu gösteren önemli veri kaynaklarından birisidir. Özellikle yanlış kullanımların belirlenmesinde ve zamanla arazi kullanımında meydana gelen değişikliklerin izlenmesinde, arazi kullanım haritalarına öncelikle ihtiyaç duyulmaktadır (FAO, 1989).

Türkiye sahip olduğu iklim rejimi özellikleri ve aktif topoğrafik yapısıyla Dünyanın arazi bozulumu/çölleşme riski taşıyan ülkeleri arasında yer

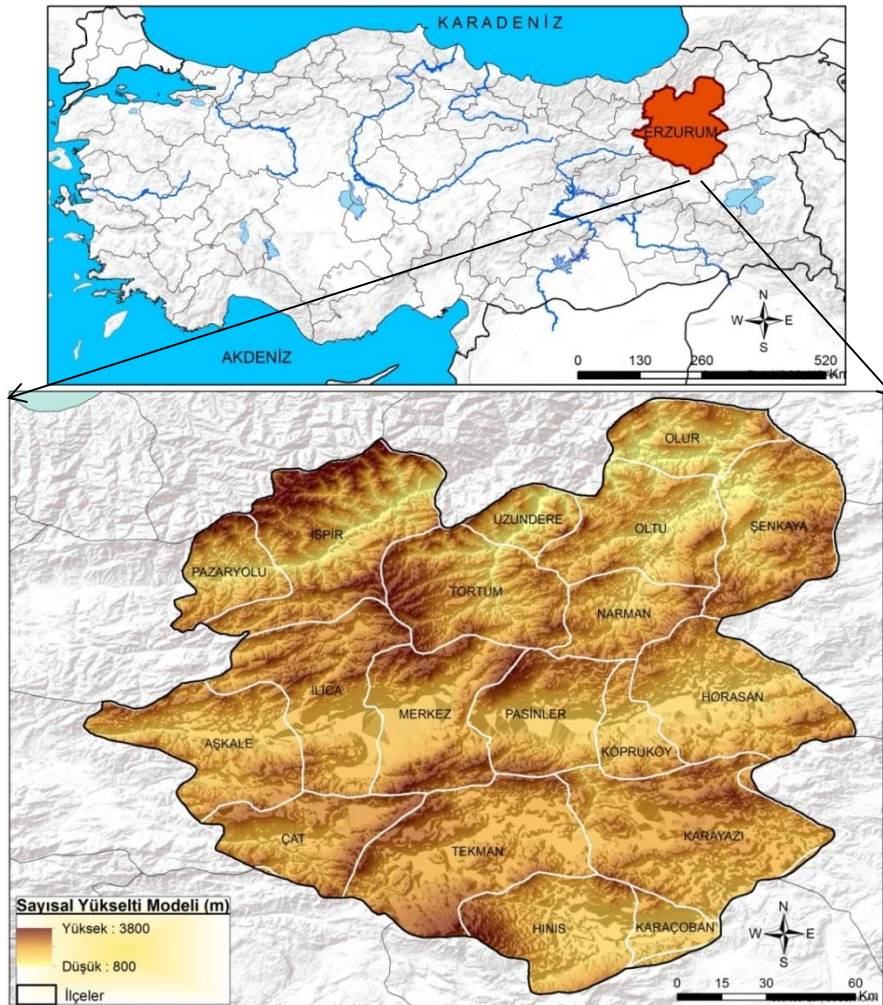
almaktadır. Erozyon başta olmak üzere insan kaynaklı arazi bozulumu/çölleşme bakımından da doğal ve kültürel kaynaklarımız ciddi tehditler altındadır. Erzurum Ovası'nda yer alan tarım topraklarının son 30 yıllık dönemdeki amaç dışı kullanım boyutunu ortaya koyabilmek amacıyla yapılan çalışmada; Erzurum Ovası'nda toplam 27150 da tarım arazisinin tarımsal faaliyetler dışında kullanılmakta olduğu, bu arazilerin 17667 dekarının I. sınıf, 5422 dekarının II. sınıf ve 4061 dekarının ise III. sınıf arazi niteliğinde olduğu belirlenmiş ve tarımsal amaç dışı kullanılan arazilerden meydana gelen yıllık tarımsal gelir kaybının yaklaşık 2,5 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir (Özbek ve Öztaş, 2004). Yine, Deniz ve Sarıoğlu (2011) Samsun ilinin potansiyel tarım arazilerinin dağılımlarının belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışma sonucuna göre, İlin % 72.4'lük gibi çok büyük kısmının düşük potansiyel tarım alanlarını oluştururken, toplam alanın sadece %14.2'lik gibi küçük bir kısmı tarımsal potansiyeli yüksek alanları oluşturduğunu belirlemişlerdir.

Bu çalışma ile güncel veriler kullanarak Erzurum ilinin temel coğrafi özelliklerinin belirlenmesi ve AHP-Fuzzy ve CBS ortamında bindirme analiz yöntemi ile işlemeli tarım faaliyetlerine uygun potansiyel sahaların belirlenmesini içermektedir. Ayrıca 1980'li yıllarda yapılmış Erzurum il arazi varlığı kapsamında yer alan arazi yetenek sınıflaması kapsamında işlemeli tarıma uygun alanlar ile karşılaştırılmanın yapılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Araştırma alanı coğrafi özellikleri

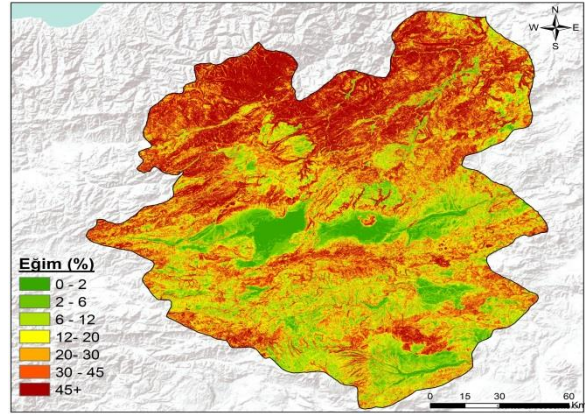
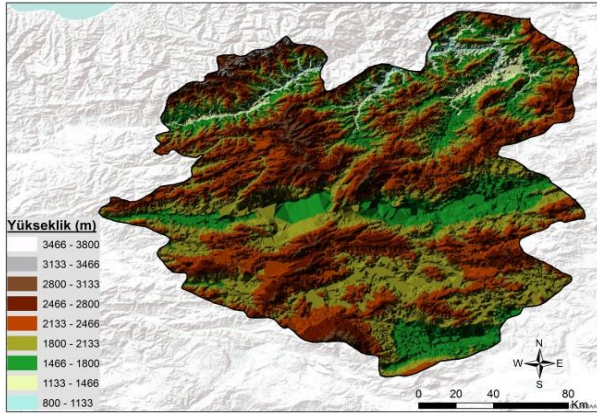
Erzurum ili  $40^{\circ} 14' 15''$  ve  $42^{\circ} 33' 35''$  doğu boylamları ile  $40^{\circ} 54' 57''$  ve  $39^{\circ} 06' 10''$  kuzey enlemleri arasında ve yaklaşık  $25.000 \text{ km}^2$  yüz ölçümüne sahiptir (Şekil 1). Erzurum ilinin 19 ilçesi (Aşkale, Ilıca, Merkez, Köprüköy, Pazaryolu, Uzundere, Çat, Hınıs, Horasan, İspir, Karacöban, Karayazı, Narman, Oltu, Olur, Pasinler, Şenkaya, Tekman, Tortum) bulunmaktadır.



Şekil 1. Erzurum ili ve ilçelerine ait lokasyon haritası.

İl deniz seviyesinden yaklaşık 800 m ile 3800 m arasında olup, yeryüzü şekilleri bakımından %63.7 dağlar (Rize Dağları, Kuzey Anadolu Dağları, Karasu-Aras Dağları), %4 ovalar (Erzurum Ovası, Pasinler Ovası, Hınıs Ovası), %12.2 yaylalar, %20

platolardan oluşmaktadır. Toplam İlin yaklaşık %26.5 (656782.6 ha) alanı eğimi işlemeli tarım sınırı olan %12'nin altında olan alanları oluşturmaktadır (Şekil 2).



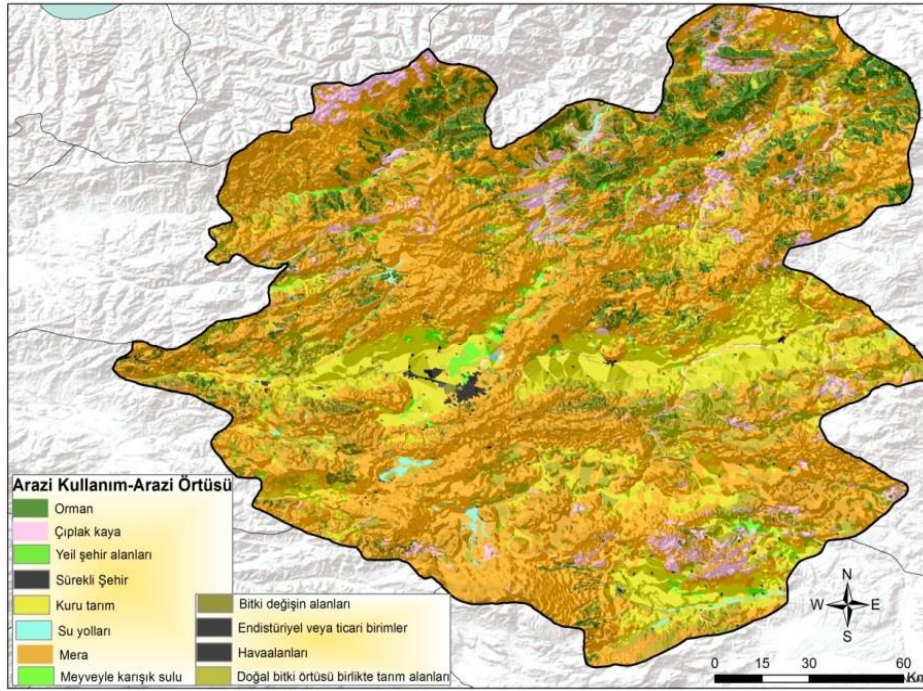
Şekil 2. Erzurum İli yükselti ve eğim haritaları

İlin CORINE-2012 arazi kullanım arazi örtüsü sınıflaması Çizelge 1 ve Şekil 3 de verilmiştir. Çizelge 1'e göre yaklaşık %56'sını mera alanlarını

oluştururken bunu yaklaşık %11 ile kuru tarım alanları oluşturmaktadır.

Çizelge 1. Erzurum ili CORINE-2012 arazi kullanım arazi örtüsü sınıflaması

Arazi kullanım Arazi örtüsü	ha	%
Orman	125130,4	5,03
Çıplak Kayalık	125009,7	5,03
Sürekli şehir	9187,83	0,37
Kuru Tarım	379685,9	15,27
Su Yolu ve bataklık	16163,55	0,65
Meyveyle karışık sulu	35076,24	1,41
Mera	1390540	55,91
Bitki değişin alanları	133197,2	5,36
Doğal bitki örtüsü birlikte tarım alanları	269103,1	10,82
Endüstriyel/ticari birimler ve havaalanı	3954,42	0,16
Toplam	2487048	100,00



Şekil 3. Erzurum ili CORINE-2012 arazi kullanım arazi örtüsü sınıflaması

İlin büyük toprak grubu ve jeolojik materyal dağılımı ise Çizelge 2- 3 ve Şekil 4'de verilmiştir. Çizelge 2'ye göre yaklaşık %38'ini bazaltik topraklar oluştururken bunu yaklaşık %32 ile kestanereği topraklar oluşturmaktadır. Jeolojik materyal olarak alanın %25,6'sı kırıntılı sedimenter kayaların (kil

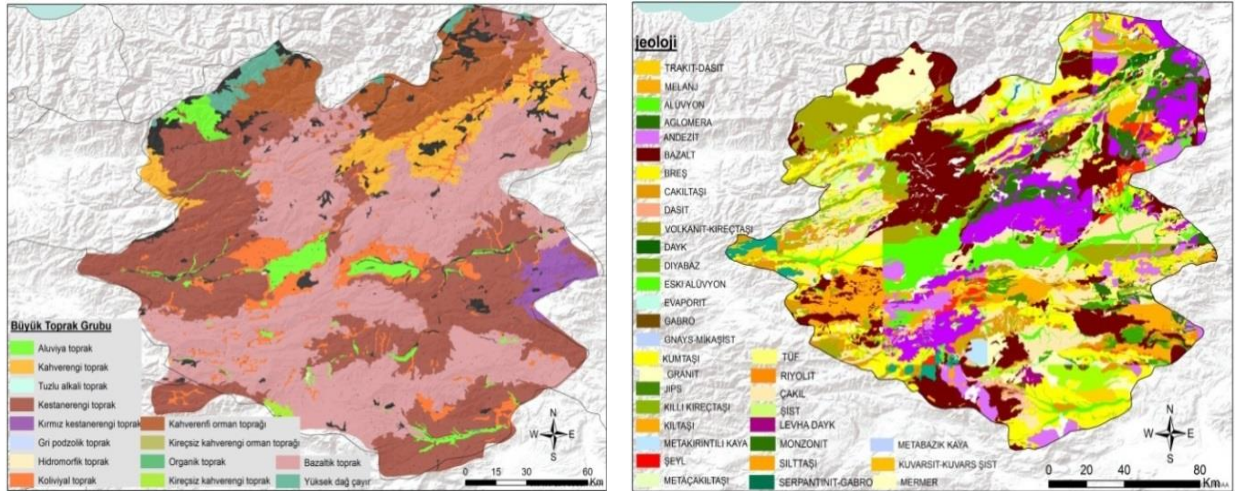
taşı, kum taşı, silt taşı çakıl taşı, çamur taşı) oluşturduğu materyallerce dağılım gösterirken, bazik-ultrabazik magmatik kayalardan bazalt, gabro, serpantin ve peridotit materyalleri ise alanın %19,3'ünde dağılım göstermektedir.

Çizelge 2. Erzurum İlinde dağılım gösteren büyük toprak gruplarının (BTG'lerin) alansal ve oransal dağılımları

Büyük Toprak Grubu	ha	%
Bazaltik Toprak	944696,2	37,98
Kestanereği toprak	796746,6	32,04
Koluviyal toprak	140986,6	5,67
Kahverengi Topraklar	132606,2	5,33
Kahverengi Orman Toprakları	184305,4	7,41
Alüvyal Topraklar	77949,3	3,13
Kireçsiz Kahverengi Topraklar	7456,02	0,30
Yüksek Dağ Çayır Topraklar	35246,64	1,42
Kırmızımsı Kestanereği Topraklar	42394,56	1,70
Kireçsiz Kahverengi Orman Topraklar	8133,84	0,33
Hidromorfik Topraklar	431,34	0,02
Organik Topraklar	369,72	0,01
Tuzlu-Alkali ve Tuzlu-Alkali Karışığı Toprakları	369,72	0,01
Gri Kahverengi Podzolik Topraklar	246,48	0,01
Diğer	115106,2	4,63
Toplam	2487045	100,00

Çizelge 3. Erzurum İlinde dağılım gösteren jeolojik materyaller

Jeoloji Materyal	ha	%	Jeoloji Materyal	ha	%
Aglomera	93275,3	3,7	Kiltaşı	21840,1	0,9
Alüvyon	196456,6	7,9	Kireçtaşı	97014,9	3,9
Andezit	333979,6	13,4	Kumtaşı	342330,6	13,8
Bazalt	417217,8	16,8	Melanj	81048,6	3,3
Breş	3171,1	0,1	Mermer	19327,7	0,8
Çakıldaşı	258335,1	10,4	Ofiyolit	28647,1	1,2
Çamurtaşı	11047,7	0,4	Peridotit	46206	1,9
Çört	50043,1	2,0	Proklastik	108412	4,4
Dasit	3811,5	0,2	Serpantin	3691,7	0,1
Dayk	8395,1	0,3	Siltaşı	3336,7	0,1
Diabaz	649,3	0,0	Şist	27118,5	1,1
Evporit	924,9	0,0	Şely	384,4	0,0
Gabro	11772,5	0,5	Traverten	9172,1	0,4
Granit	78933,2	3,2	Tüf	17157,5	0,7
Jips	5350,5	0,2	Volkanit	157557,1	6,3
Yamaç Moloz	45884,8	1,8	Olistostrom	4942,6	0,2



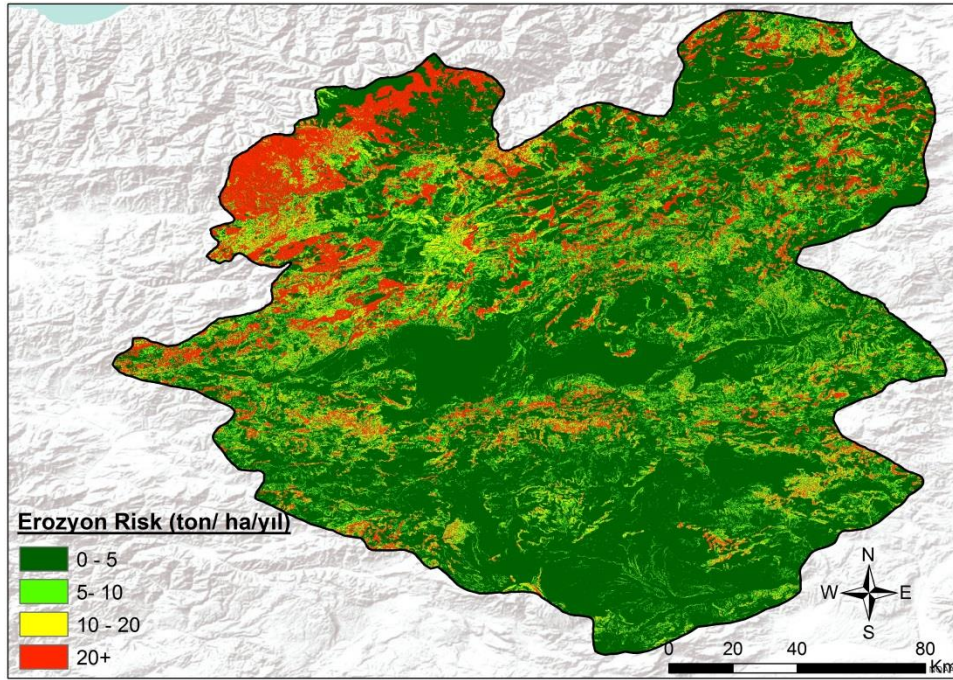
Şekil 4. Erzurum İlinde dağılım gösteren büyük toprak grupları ve jeoloji haritası

Erozyonun konumsal olarak miktarının tahmin edilmesinde RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) modeli kullanılmıştır. RUSLE modeli su erozyonu ton/ha/yıl olarak toprak kaybı potansiyelini, iklim, toprak, topografya ve arazi kullanım ve örtüsünün ölçülebilir ve hesaplanabilir parametrelerinden niceliksel olarak (ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup>)

değerlendirmektedir (Wischmeier and Smith 1978, Renard et al., 1997). Buna göre Erzurum ilinin ton ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> olarak toprak kaybına ait sınıflar ve haritası Çizelge 4 ve Şekil 5'de verilmiştir. İlin %20,9'da şiddetli ve çok şiddetli erozyon tehlikesi bulunurken, %67,6'sında ise hafif veya çok az erozyon riski taşıdığı görülmektedir.

Çizelge 4. Erzurum ili RUSLE modeline göre toprak erozyon kaybı sınıfları

Sınıf (ton/ha/yıl)	Tanımlama	ha	%
1: 0-5	Hafif veya hiç yok	1681338	67,6
2: 5-10	Orta	286499,5	11,5
3: 10-20	Şiddetli	216727,6	8,7
4: 20 +	Çok Şiddetli	302476,9	12,2
Toplam		2487042	100,0



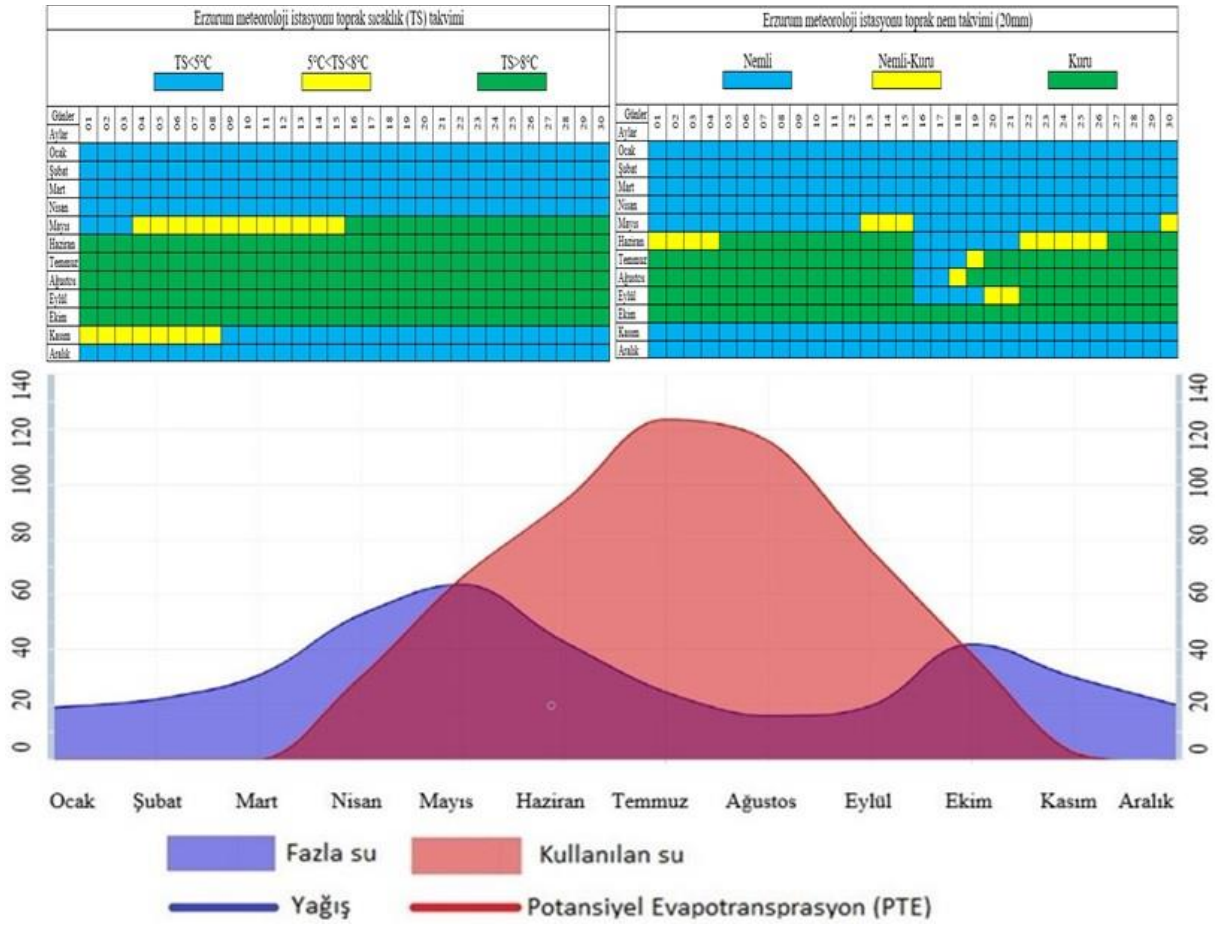
Şekil 5. Erzurum ili RUSLE modeline göre toprak erozyon kaybı haritası

İlin uzun yıllar meteorolojik verisine göre (1929-2017) en soğuk ay ortalaması,  $-8.6^{\circ}\text{C}$ , en sıcak ay ortalaması  $19.6^{\circ}\text{C}$ , en düşük sıcaklık  $-35^{\circ}\text{C}$  ve en yüksek sıcaklık ise,  $35^{\circ}\text{C}$  olarak ölçülmüştür. Yıllık yağış tutarı 453 mm kadardır. En az yağış kış devresinde düşer. Bu devrenin yağışları kar biçiminde olup, kar yağışlı gün sayısı 50 ve kar örtüsünün yerde kalış süresi ise 114 gün kadardır. En yağışlı devre ilkbahar ve yaz mevsimleridir. Yıllık nispi nem ortalaması %63 civarında olup en düşük nem oranı %46 ile Ağustos ayıdır. Erzurum'un hakim rüzgar yönü güneybatı ve güney doğudur.

Erzurum iline ait uzun yıllar meteorolojik verilere sahip olan yedi ilçenin Newhall modeline (Newhall and Berdanier, 1994; Van Wambeke, 2000) göre ilin 20 cm ve 100 cm toprak derinliklerinde toprak nem ve sıcaklık rejimleri Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelge 5'e göre sıcaklık rejimi Erzurum'da Mesic olarak belirlenmiştir. Nem rejimleri ise toprağın sığ olduğu 20 cm derinlikte Typic Aridic olarak sınıflandırılırken, derin olan (100 cm derinlik) durumlarda Hınıs, Horasan ve İspir Dry Xeric diğer İlçeler (Merkez, Oltu, Olur ve Pasinler) ise Typic Xeric olarak sınıflandırılmıştır.

Çizelge 5. Erzurum Merkez ve İlçelere ait Newhall modeline göre nem ve sıcaklık rejimleri

İstasyon Adı	Sıcaklık Rejimi	Nem Rejimi (20 cm toprak)		Nem Rejimi (100 cm toprak)	
		Grup	Alt Grup	Grubu	Alt Grup
Merkez	Mesic	Aridic	Typic Aridic	Xeric	Typic Xeric
Hınıs	Mesic	Aridic	Typic Aridic	Xeric	Dry Xeric
Horasan	Mesic	Aridic	Typic Aridic	Xeric	Dry Xeric
İspir	Mesic	Aridic	Typic Aridic	Xeric	Dry Xeric
Oltu	Mesic	Aridic	Typic Aridic	Xeric	Typic Xeric
Olur	Mesic	Aridic	Typic Aridic	Xeric	Typic Xeric
Pasinler	Mesic	Aridic	Typic Aridic	Xeric	Typic Xeric

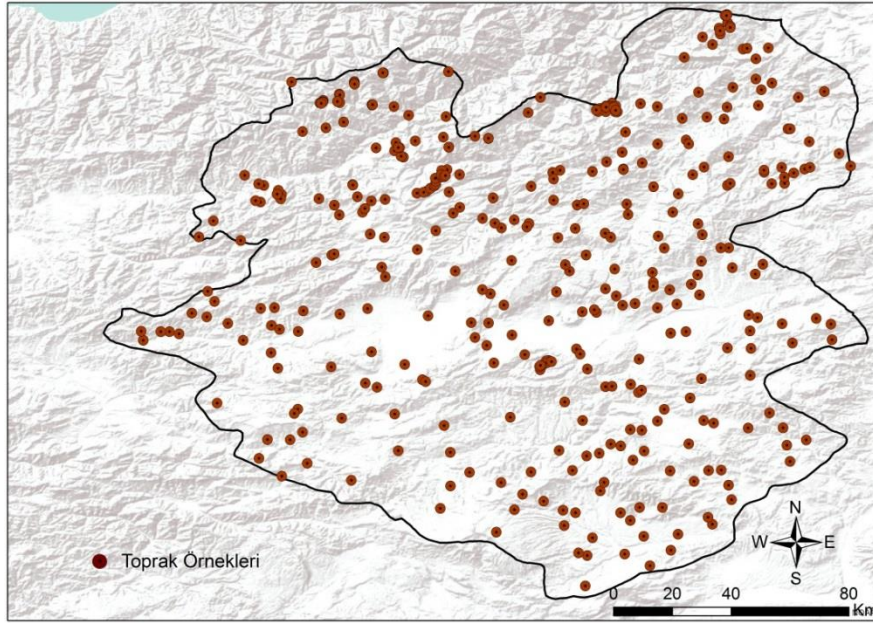


Şekil 6. Erzurum İli merkez ilçesine ait Newhall modeline nem ve sıcaklık takvimi ile toprak su bilanço diyagramı

#### Toprak örneklemeleri ve enterpolasyon işlemleri

Çalışma alanından 0-30cm derinlikten 329 adet koordinatlı toprak örnekleme yapılmıştır (Şekil 7). Alınan toprak örnekleri farklı enterpolasyon

modelleri kullanılması suretiyle en uygun model belirlenerek alanın toprak parametrelerine (kil, silt, kum, pH, HA, kireç ve organik madde) ait dağılım haritası üretilmiştir.



Şekil 7. Çalışma alanına ait toprak örnekleme

Enterpolasyon teknikleri çalışılan özelliklerin değerlerini mesafeye bağlı değişkenliklerinin ifade edilmesinde ve haritalanmasında kullanılır (Goovaerts, 1998; Mulla and McBratney, 2000). Haritalama öncesi verilerin normal dağılım göstermeyenleri özelliklere uygun dönüşümler yapılmıştır. Toprak parametrelerinin değerinin alansal dağılımının belirlenmesinde en çok kullanılan enterpolasyon yöntemlerinden IDW, RBF (Spline) deterministik yöntemler ile stokastik yöntemlerden de (temelde Kriging olarak da bilinmektedir) doğal (ordinary), evrensel (universal), basit (simple) kriging yöntemleri kullanılmıştır. Yöntemlerin karşılaştırılmalarında ölçülen değerler ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişkiyi sorgulayabilmek, ölçülen değerlere en yakın sonucu veren başka bir ifade ile yöntemler arasından en uygun olanının seçebilmek için literatürde farklı karşılaştırma yöntemlerinin dikkate alındığı görülmektedir (Taşan ve Demir, 2017; Arslan vd., 2012). Genel anlamda en yaygın kullanılan yöntemler; karekök ortalama hata (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE), yöntemlerdir. Bu çalışma için RMSE seçilerek, enterpolasyonda kullanılan on beş yöntem (Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW); 1,2,3, Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF); Thin Plate Spline, Completely Regularized Spline, Spline With Tension, Kriging; Doğal (Ordinary), Basit (Simple), Evrensel (Üniversal) karşılaştırılacaktır. En düşük karekök ortalama hata değerini veren yöntem, en uygun

yöntem olarak değerlendirilecektir. Karekök ortalama hatanın hesaplanmasında Eşitlik 1 kullanılmıştır.

$$\text{Eşitlikte; } \text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum(z_i - z_i)^2}{n}} \quad (1)$$

RMSE: karekök ortalama hata  $Z_i$ : tahmin edilen değer,  $Z_i$ : ölçülen değer ve n örnek sayısını ifade etmektedir.

Her bir toprak örnekleme yapılan noktadaki toprak özelliklerinin en büyük, en küçük, standart sapma, varyasyon katsayısı, ortalama, çarpıklık ve basıklık değerleri şeklindeki ait tanımlayıcı parametreler SPSS programı yardımı ile hesaplanmıştır.

#### Değerlendirme kriterleri

Erzurum ilinin potansiyel işlemeli tarıma uygun alanların belirlenmesine yönelik olarak çalışmada eğim, derinlik, erozyon, ana materyal olmak üzere dört adet arazi özelliği ve O.M, H.A, bünye, pH ve kireç olmak üzere beş adet toprak özelliği toplamda 9 adet kriter kullanılmıştır. Ayrıca her bir kriter için sınıflar oluşturulmuş ve bu sınıfların her bir için işlemeli tarımsal faaliyetlere uygunluk sınıfları için 1 ile 4 arasında ağırlık değerleri verilmiştir. Kriter sınıfları potansiyel işlemeli tarım yapılabilmesine optimum uygunluk seviyesindeyse 1, düşük uygunluk seviyesinde ise 4 değerini almaktadır. Bu iki değer arası ise sınıflandırıcı faktör ve derecesine göre değerlendirilmiştir (Çizelge 6).



Çizelge 6. Potansiyel ekim alanlarının değerlendirilmesinde kullanılan kriterler, kriter sınıfları ve sınıf değerleri

Değerlendirme kriterleri									
Ana materyal		Erozyon (ton/ha/yıl)		Derinlik (cm)		Eğim (%)			
Sınıf	Değer	Sınıf	Değer	Sınıf	Değer	Sınıf	Değer		
Genç aluviyon birikinti	1	0-5	1	0-20	1	0-2	1		
Bazik-ultrabazikmağmatik ve püskürükler, melanj, ofiyolitik ve serpantin, şeyl, vb. şist, fillit gibi başkalaşmış kayalar, kil taşı, marn	2	5-10	2	20-50	2	2-6	2		
Silt taşı, çamur taşı, konglomera, traverten, kireç taşı, dolomit, mermer	3	10-20	3	50-90	3	6-12	3		
Asit magmatikler, çört, gnays, kumullar, volkanik küller, tuf, aglomera, breş, evaporitler, çakıl taşı kum taşı	4	> 20	4	> 90	4	> 12	4		
Değerlendirme kriterleri									
O.M. (%)		HA		Bünye		pH		Kireç (%)	
Sınıf	Değer	Sınıf	Değer	Sınıf	Değer	Sınıf	Değer	Sınıf	Değer
> 3	1	1-1.2	1	Orta (L, Si, SiL, fSL)	1	6.5-7.5	1	0-5	1
3-2	2	1.2-1.4	2	Ortaİnce (C<%45, CL, SiL, SCL)	2	5.5-6.5	2	5-10	2
2-1	3	1.4-1.55	3	Çokİnce (fC>%45, SiCL, SC)	3	7.5-8.5	3	10-20	3
0-1	4	>1.55	4	Kaba (S, SL, LS)	4	<5.5->8.5	4	> 20	4

### Fuzzy-AHP yaklaşımı

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen literatürde sıklıkla kullanılan çok amaçlı karar verme yöntemlerinden birisidir. AHP karar almada, grup veya bireyin önceliklerini de dikkate alan, nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendiren matematiksel bir yöntemdir (Saaty, 1980). AHP yöntemi, gerçek hayatta birçok karar verme probleminin çözümünde etkin bir biçimde kullanılmasına rağmen, ikili karşılaştırmalar yaparken kesin sayılar kullanmasından dolayı eleştirilmektedir (Dağdeviren, 2007). Ayrıca belirsizlik ve kararsızlık durumlarını ele almada yetersiz olması (Deng, 1999) ve uzman kişinin bilgilerinin ele alsa da, insani düşünme tarzını yansıtamaması (Kahraman vd., 2003) nedenlerinden dolayı da eleştirilmektedir. Yöntemin karar verme konusundaki bu eksikliklerinin önüne geçmek amacıyla yöntem bulanık mantık ile entegre edilerek Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemi ortaya konmuştur. Literatürde çeşitli yazarlar tarafından ortaya konulan farklı BAHP yöntemleri bulunmaktadır. Bulanık AHP'ye ilişkin ilk çalışma üçgen bulanık sayılar kullanılarak, bulanık oranları kıyaslayan Van Laarhoven and Pedrycz (1983) tarafından yapılmıştır. Daha sonra Buckley (1985), yamuk bulanık sayıları kullanarak bir model geliştirmiştir. Chang (1996), BAHP'nin ikili karşılaştırma ölçeği için üçgen bulanık sayıları ve ikili karşılaştırmaların yapay mertbe değerleri için mertbe analizi yöntemini kullanarak BAHP'nin ele alınmasında yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur.

Bulanık küme kavramı, ilk kez Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında "Bulanık Kümeler" adlı makalenin yayınlanması ile ortaya atılmıştır. Bulanık küme, devamlı üyelik derecesine sahip nesnel kümesidir. Bulanık küme, her nesneyi 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip üyelik fonksiyonu ile nitelendirmektedir (Zadeh, 1965).

Bu çalışmada potansiyel işlemeli tarım sahalarının uygunluklarının sıralanmasında kullanılacak kriterlerin göreceli önem seviyelerinin belirlenmesinde karşılaşılabilecek sözel belirsizliğin daha iyi ifade edilmesi amacı ile Chang (1996) tarafından ortaya konulan mertbe analizi yöntemi kullanılmıştır. Chang (1996), yaptığı çalışmada BAHP'de ikili karşılaştırması alaları için üçgen bulanık sayıları kullanmıştır.

Bir üçgen bulanık sayı ( $l | m, m | u$ ) veya ( $l, m, u$ ) şeklinde gösterilir (Kahraman, 2004). Bir bulanık olay için  $l, m$  ve  $u$  parametreleri, sırasıyla mümkün en küçük değeri, en çok beklenen değeri ve mümkün en büyük değeri temsil eder. Her üçgen bulanık sayının lineer gösterimleri sol ve sağ taraf şeklinde Eşitlik (2)'deki üyelik fonksiyonu ile tanımlanabilir (Kahraman, 2004):

$$\mu(x|\tilde{M}) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ (x-l)/(m-l), & l \leq x \leq m, \\ (u-x)/(u-m), & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u. \end{cases} \quad (2)$$

BAHP hesaplamalarında üçgen bulanık sayılar için temel aritmetik işlemlerine gerek duyulmaktadır. Aşağıda  $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ve  $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$  bulanık üçgen sayıları için temel aritmetik işlemler verilmiştir:

- Toplama :  $(l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$
- Çarpma :  $(l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$
- Bölme :  $(l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2)$
- Negatif :  $(-l_1, -m_1, -u_1)$
- Tersi :  $(1 / u_1, 1 / m_1, 1 / l_1)$

Bu tanımlama ve bilgilerden sonra BAHP algoritması aşağıdaki gibi verilebilir.

Bu yöntemde, her bir ölçüt alınır ve her bir amaç için merteye analiz yapılır.  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  bir ölçüt kümesi ve  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  bir amaç kümesi olsun. Böylece her bir ölçüt için  $m$  tane merteye analiz değeri elde edilir. Bunlar  $M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m$   $i = 1, 2, \dots, n$  şeklinde gösterilir.

Burada belirtilen tüm  $M_{g_i}^1$  parametreleri  $l, m$  ve  $u$  olan üçgen sel bulanık sayıları göstermektedir. Chang'ın merteye analizi yaklaşımının aşamaları aşağıda verilmiştir (Chang, 1996):

**Aşama 1:** Ölçüt  $i$ 'ye göre bulanık sentetik merteye değeri Eşitlik (3)' de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (3)$$

Eşitlik (1)' de yer alan  $\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$  ifadesini elde etmek için, Eşitlik (4)' deki bulanık işlemin yapılması gerekmektedir

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (4)$$

$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1}$  ifadesini elde etmek için ise  $M_{g_i}^j$   $j = \{1, 2, \dots, m\}$  değerleri üzerinde bulanık toplama işlemi yapmak ve Eşitlik (5)' de verilen denklemden tersini hesaplamak gerekir. Ters alınan vektör Eşitlik (6)' de görülmektedir.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (5)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (6)$$

**Adım 2.**  $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ifadesinin olasılık derecesi  $V = (M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(x)]$  şeklinde tanımlanır. Bu eşitliği açarsak;

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_2 \cap M_1) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1, \\ 0 & l_1 \geq u_2, \\ \frac{(l_1 - u_2)}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer} \end{cases} \quad (7)$$

elde edilir. Eşitlik (7)' da verilen  $d, \mu_{M_1}$  ve  $\mu_{M_2}$  arasındaki en yüksek kesişim noktasının ordinatıdır.  $M_1$  ve  $M_2$ ' yi kıyaslayabilmek için  $V(M_2 \geq M_1)$  ve  $V(M_1 \geq M_2)$  değerlerinin her ikisine de ihtiyaç duyulur.

**Adım 3.** Konveks bir sayının  $k$  tane konveks bulanık sayıdan  $M_i$   $i = \{1, 2, \dots, k\}$  büyük olmasının olasılık derecesi Eşitlik (8)'deki gibi tanımlanabilir.

$$V(M \geq M_1, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_1) \quad (8)$$

Burada  $i = \{1, 2, \dots, k\}$ ;  $k \neq i$  için  $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$  olduğu düşünülürse ağırlık vektörü Eşitlik (9)' deki şekilde elde edilir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_1), \dots, d'(A_n))^T \quad i = \{1, 2, \dots, n\} \quad (9)$$

**Adım 4.** Ağırlık vektörleri Eşitlik (10)'daki şekilde normalize edilir.

$$W' = \left( d(A_1), d(A_1), \dots, d(A_n) \right)^T \quad i = \{1, 2, \dots, n\} \quad (10)$$

Burada,  $W$  ağırlık vektörü bulanık bir sayı değildir. Elde edilen bu ağırlıklar hiyerarşik olarak sentezlenerek nihai alternatif ağırlıklar bulunmalıdır.

Bu çalışmada, Bulanık AHP modelindeki ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması için Çizelge 7' de yer alan ölçek kullanılmıştır.

Çizelge 7. Üçgen bulanık dönüşüm ölçeği

Rakamsal değer	Dilsel ifade	Üçgen bulanık sayı	Karşılık üçgen bulanık sayı
1	Eşit	(1,1,1)	(1,1,1)
2	Zayıf üstünlük	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
3	Fena değil	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
4	Tercih edilir	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
5	İyi	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
6	Oldukça iyi	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
7	Çok iyi	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
8	Mutlak	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
9	Mükemmel	(8,9,10)	(1/10,1/9,1/8)

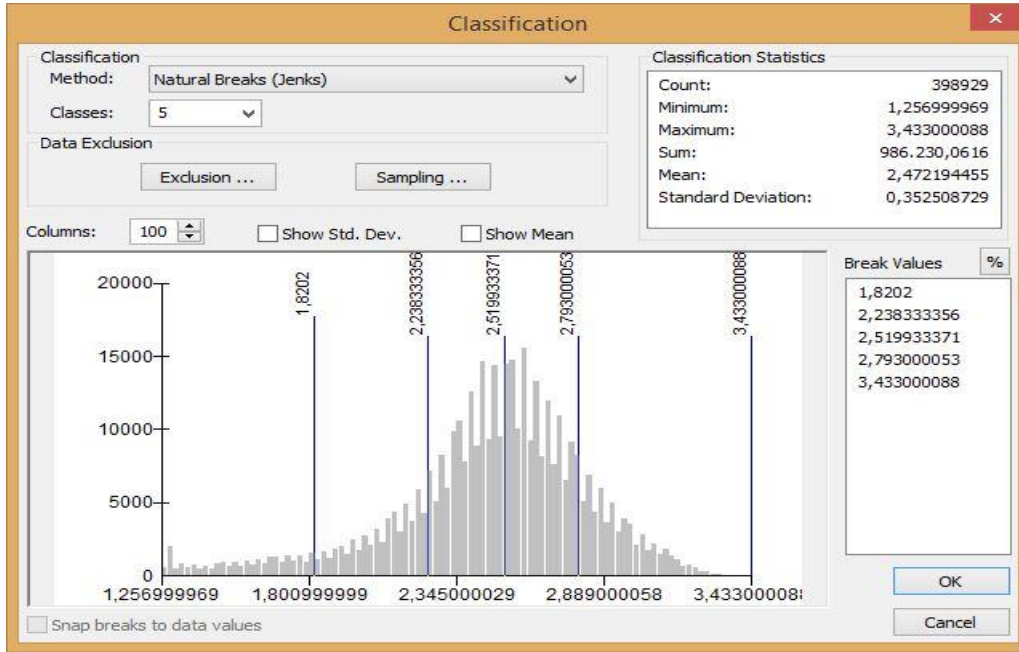
### Potansiyel tarım alanlarının belirlemesi

Kriterlerin göreceli önem seviyeleri belirlendikten sonra işlemeli potansiyel işlemeli tarım alanlarının belirlenmesinde Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon (weighted linear combination - WLC) yöntemi kullanılmıştır. WLC, basit toplam ağırlıklandırma (simple additive weighting - SAW), ağırlıklı toplama, ağırlıklı doğrusal ortalama ve ağırlıklı bindirme olarak da bilinmektedir (Malczewski and Rinner, 2015). WLC yöntemi potansiyel bir bölgenin uygunluk değerini, Eşitlik (11)'de yer alan formülü kullanılarak hesaplar. Eşitlik (11)'de  $S_i$ ,  $i$  bölgesinin uygunluk değerini;  $w_k$ ,  $k$  kriterinin göreceli önem seviyesini,  $a_{ik}$  bölgesinin  $k$  kriteri altındaki standart değerini ve  $l$  toplam kriter sayısını temsil etmektedir (Elalfy et al., 2010).

$$S_i = \sum_{k=1}^l w_k a_{ik} \quad (11)$$

Değerlerin sıklık dağılımı ve istatistik bilgiler göz önünde bulundurularak yapılan çalışmalar sonrasında, doğal kırınım (Natural Breaks Jenks) yöntemi ile 5 sınıfa gösterilmesi uygun değerlendirilmiştir. Bu yöntem, verilerin eşit dağılmadığı, değerler arası büyük farklılıkların olduğu ve sınıflar arası farklılıkların belirgin olarak sunulma ihtiyacı olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Doğal kırınım (Jenks) yöntemi ile yapılan sınıflandırma sonuçları gösterilmiştir (Şekil 8).

Potansiyel işlemeli tarım alanlarına ait uygunluk sınıfları ve bu sınıflara ait indeks değerleri ise Çizelge 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Doğal kırınım (Natural Breaks Jenks) yöntemi ile 5 sınıfa ait indeks değerlerin gösterilmesi

Çizelge 8. Potansiyel işlemeli tarım alanlarına ait uygunluk sınıfları ve indeks değerleri

Sınıf	Tanımlama	İndeks Değeri
S1	Çok uygun	1,25-1,82
S2	Uygun	1,82-2,23
S3	Az uygun	2,23-2,51
N1	Şimdilik uygun değil	2,51-2,79
N2	Hiçbir zaman uygun değil	2,79-3,43

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### Toprakların tanımsal istatistikleri ve enterplasyon modeller

Çalışma alanından alınan 329 toprak örneğinde 7 farklı özellikleri incelenmiş ve bu özelliklerin

tanımlayıcı istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır (Çizelge 9). Normal dağılım simetrik bir dağılımdır. Normal dağılımda simetrilğin bozulma derecesine çarpıklık (skewness) denir. Dağılım sağa uzun kuyruklu ise sağa (pozitif) çarpık, sola uzun kuyruklu

ise sola (negatif) çarpık olarak adlandırılır. Normal dağılım eğrisinin sivrilik veya yuvarlaklık derecesine basıklık (kurtosis) denir (Yıldız vd., 1998). Çizelge 9 incelendiğinde çarpıklık katsayıları HA, kil, kum ve silt normal dağılım sergilerken diğer özellikler ise normal dağılımdan uzaktır. Normal dağılımdan uzak pH negatif (sola) çarpıklığa sahipken kireç ve organik madde ise pozitif (sağa) çarpıktır. Wilding

(1985), toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısını, aldığı değerlere göre düşük (<%15), orta (% 15-35) ve yüksek (>%35) olarak sınıflandırmaktadır (Mallants et al., 1996). Buna göre çalışma alanında kireç, kil, kum ve silt yüksek değişkenliğe sahip, pH, HA ve OM toprak özellikleri ise düşük değişkenliktedir.

Çizelge 9. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri.

Parametre	Ort.	S.S	D.K*	Varyans	EDD	EYD	Çarpıklık**	Basıklık
Kireç	10,28	11,55	55,96	133,57	0,08	55,96	1,26	0,92
pH	7,18	0,68	4,01	0,47	4,95	8,96	-0,67	0,72
HA	1,35	0,15	1,37	0,02	0,94	2,31	0,52	4,07
OM	2,85	1,97	11,76	3,90	0,18	11,94	1,24	2,10
Kil	31,72	13,89	68,36	192,99	1,08	69,44	0,34	-0,38
Kum	38,93	16,77	93,41	281,27	5,87	99,28	0,27	-0,34
Silt	29,34	9,35	64,59	87,43	0,36	64,95	0,37	0,49

H.A: Hacim Ağırlığı, O.M: Organik Madde, Ort.: Ortalama, S.S: Standart Sapma, D.K: Değişkenlik katsayısı, EDD: En Düşük Değer, EYD: En Yüksek Değer

\*Değişkenlik Katsayısı: < 15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik

\*\*Çarpıklık: < |  $\mp 0,5$  | = Normal Dağılım, 0,5- 1,0 = Veri setine karakter dönüşümü uygulanır.  $\text{ÇK} > 1,0 \rightarrow$  Logaritma dönüşümü uygulanır.

Ayrıca ele alınan toprak parametrelerinin dağılım haritalarını oluşturmak amacıyla 15 adet enterplasyon modellerinin en düşük RMSE değerleri Çizelge 10'da verilmiştir. Buna göre OM ve HA

Basit Kriging'in Gaussian modeli uygun olarak belirlenirken pH ve bünye için Doğal Kriging'in Üssel modeli uygun olarak belirlenmiştir. Kireç için ise yine Basit Kriging'in Küresel modelinin uygun olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 10. Toprak parametrelerine ait uygulanan enterplasyon modelleri ve RMSE değerleri

Enterpolasyon Modeller	Semivariogram modeller		Toprak Parametreleri				
			OM	H.A	pH	Kireç	Bünye
Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW)	IDW-1		2,003	0,160	0,615	11,345	13,100
	IDW-2		2,153	0,171	0,628	11,741	14,051
	IDW-3		2,292	0,183	0,651	12,273	14,984
Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF)	TPS		2,826	0,228	0,903	16,952	17,837
	CRS		1,987	0,158	0,613	11,240	12,873
	SWT		1,985	0,158	0,615	11,124	12,857
Kriging	Doğal	Gaussian	1,979	0,164	0,627	0,015	12,804
		Üssel	1,973	0,164	<b>0,611</b>	0,012	<b>12,798</b>
		Küresel	1,977	0,165	0,617	0,010	12,799
	Basit	Gaussian	<b>1,930</b>	<b>0,155</b>	0,626	0,008	13,987
		Üssel	1,935	0,156	0,622	0,032	14,029
		Küresel	1,931	0,156	0,621	<b>0,019</b>	13,807
	Evrensel	Gaussian	1,979	0,164	0,627	0,015	12,804
		Üssel	1,973	0,164	0,612	0,012	12,798
		Küresel	1,977	0,165	0,617	0,010	12,799

TPS: ThinPlateSpline, CRS: CompletelyRegularizedSpline, SWT: SplineWithTension

#### FAHP ile kriter ağırlıklarının belirlenmesi

Bu çalışmada potansiyel işlemeli tarım alanlarının belirlenmesinde kullanılan kriterlerin göreceli ağırlıklarının belirlenmesinde FAHP yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan 9 adet kriter arasında hiyerarşik bir ilişki söz konusu değildir. Karar

vericilerin yaptıkları ikili karşılaştırmalar Çizelge 6'da yer alan ikili karşılaştırma ölçeği kullanılarak yapılmıştır. Karar vericilerin değerlendirmesi sonucu oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 11'de yer almaktadır.

Çizelge 11. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Ana materyal	Erozyon	Derinlik	Eğim	O.M	HA	Bünye	pH	Kireç
Ana materyal	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)	(1,2,3)
Erozyon	(2,3,4)	(1,1,1)	(1,2,3)	(1/4,1/3,1/2)	(2,3,4)	(2,3,4)	(1,2,3)	(3,4,5)	(2,3,4)
Derinlik	(2,3,4)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)	(2,3,4)	(1,2,3)	(1,2,3)	(1,1,1)	(1,2,3)
Eğim	(2,3,4)	(2,3,4)	(2,3,4)	(1,1,1)	(4,5,6)	(2,3,4)	(1,2,3)	(3,4,5)	(3,4,5)
O.M	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(2,3,4)	(1/3,1/2,1)	(1,2,3)	(1/5,1/4,1/3)
HA	(1,2,3)	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)	(1,2,3)	(1,2,3)
Bünye	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(1,2,3)	(2,3,4)	(1,1,1)	(1,2,3)	(1,2,3)
pH	(1,2,3)	(1/5,1/4,1/3)	(1,1,1)	(1/5,1/4,1/3)	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(1,2,3)
Kireç	(1/3,1/2,1)	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1/5,1/4,1/3)	(3,4,5)	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)

İkili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra FAHP işlem adımları (Eşitlik 1-9) izlenerek Çizelge 12’de yer alan kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Çizelge 12’de görüldüğü gibi 0.274 ağırlık değeri ile eğim kriteri en yüksek ağırlığa sahip iken bunu erozyon ve derinlik kriterleri izlemektedir. En düşük ağırlık değeri ise 0.024 ile ana materyal kriteri olmuştur.

Çizelge 12. Potansiyel işlemeli tarım alanlarının değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerin ağırlıkları

Kriter	Ağırlık Değerleri
Ana materyal	0.024
Erozyon	0.221
Derinlik	0.151
Eğim	0.274
O.M	0.081
H.A	0.056
Bünye	0.120
pH	0.035
Kireç	0.038

CBS teknolojisi, sorgulama ve istatistiksel analizler vb. veri tabanı prosedürlerini görselleştirmekte ve bunları haritaların sağladığı coğrafi analizlerle birleştirmektedir. CBS’de vektör ve raster olmak üzere iki tür veri yapısı vardır. Vektör verilere kıyasla, raster verileri en uygun yer analizleri gibi belirli mekânsal analizleri gerçekleştirmek için daha uygun bir yol sunar. Bu nedenle, bu çalışmadaki katmanlarda vektör veriler (jeoloji, derinlik vb) raster verilere dönüştürülmüştür.

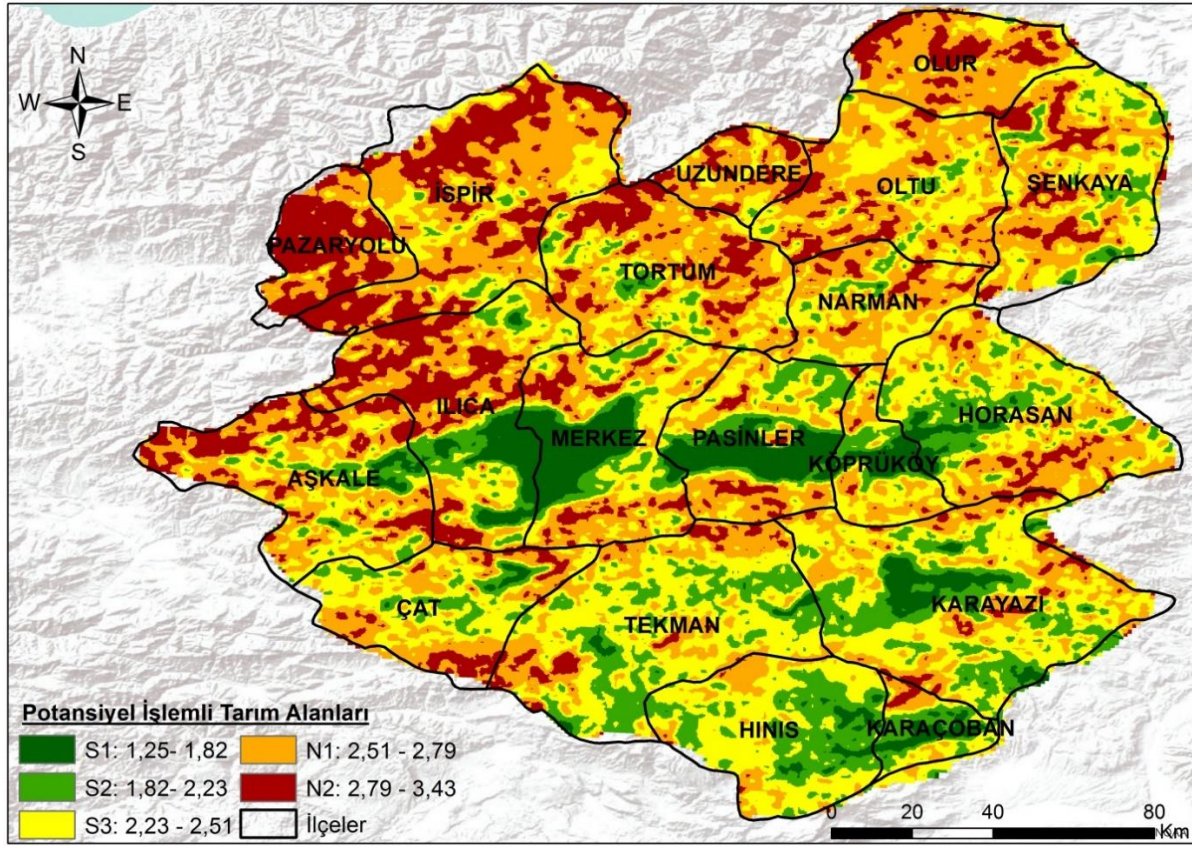
Kriter katmanların raster veri türüne dönüştürülmesinden ve FAHP ile kriter ağırlıklarının belirlenmesinden sonra tüm katmanlar WLC yöntemi kullanılarak birleştirilmiştir. WLC yöntemi ile katmanlar birleştirilirken FAHP yöntemi sonucunda elde edilen kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Bu çalışmada WLC yöntemi uygulanırken ArcGIS yazılımında yer alan Weighted Sum aracı kullanılmıştır.

#### Potansiyel işlemeli tarım alanları ve AKK ile karşılaştırılması

Erzurum iline ait potansiyel işlemeli tarım alanlarının Fuzzy-AHP yaklaşımı ile belirlenmesi sonucu uygunluk sınıflarına ait alansal ve oransal dağılım Çizelge 13 ve Şekil 9 da verilmiştir. Toplam il sınırına ait alanın %19.64’ü (488.454,2 ha) işlemeli tarıma S1 ve S2 düzeylerinde yani çok uygun ve uygun olarak belirlenirken, %49.45’i ise işlemeli tarımsal faaliyetlere uygun olmadığı belirlenmiştir. İşlemeli tarıma potansiyel olarak uygun ve çok uygun alanlar Aşkale, ılıca, Merkez, Pasinler, Köprüköy, Horasan ilçeleri ile İlin güneyinde yer alan Tekman, Karayazı, Hınıs ve Karaçoban ilçeleri içerisinde dağılım gösterdiği görülmektedir. İlin işlemeli tarıma mevcutta veya hiç uygun olmayan (N1 ve N2) alanları ise çoğunlukla ilin batı ve kuzey batısında yer alan Ilica, Pazaryolu, İspir ilçelerinde yaygın olarak dağılımı görülürken yer yer Tortum, Uzundere, Olur ve Şenkaya ilçelerinde de bulunmaktadır. Ayrıca %30.91’lik kısmı ise çok az (S3) uygun olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 13. Erzurum iline ait potansiyel işlemeli tarım alanlarına ait uygunluk sınıfları

Sınıf	İndeks	Tanımlama	Alan	
			ha	%
S1	1.25-1.82	Çok uygun	143841.8	5.78
S2	1.82-2.38	Uygun	344612.4	13.86
S3	2.38-2.51	Az uygun	768783.0	30.91
N1	2.51-2.79	Şimdilik uygun değil	834544.8	33.56
N2	2.79-3.43	Hiçbir zaman uygun değil	395262.8	15.89
Toplam			2487045	100.00



Şekil 9. Erzurum iline ait potansiyel işlemeli tarım alanlarının uygunluk sınıflarına ait dağılım haritası

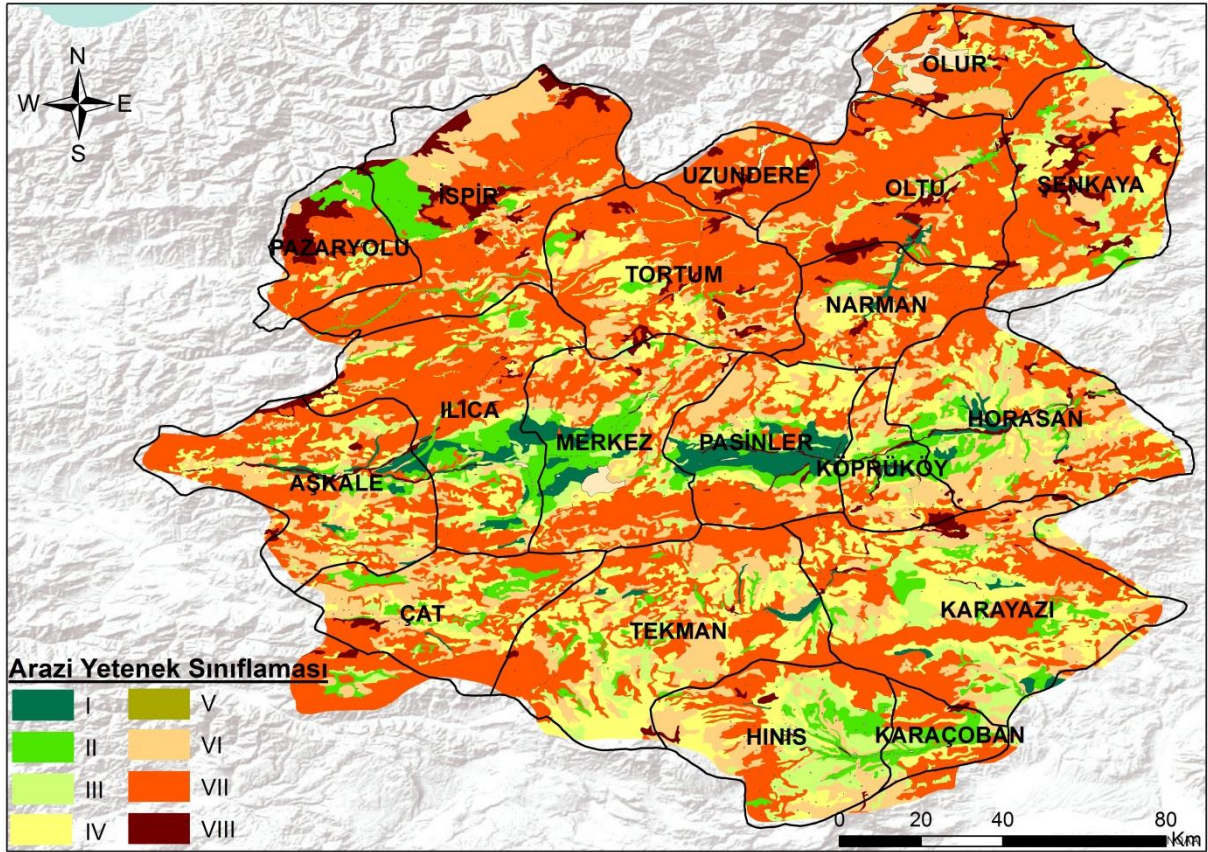
İlin 1980'li yıllarda yapılmış il envanter raporuna göre (Anonim, 1980) Arazi Kullanım Kabiliyet (AKK) sınıflarının alansal ve oransal dağılımları ile haritası Çizelge 12 ve Şekil 10'da verilmiştir. Alanın AKK sınıfına göre dağılımları ise alanın işlemeli tarıma uygun sınıfları oluşturan ilk dört sınıfın toplamı 761.499,9 ha ile toplam alanın % 30.62'sini oluşturmaktadır. Aslında işlemeli tarım alanları için uygun olarak gösteriler IV. sınıf araziler ancak arazilerde toprakların zarar görmemeleri açısından özel tedbirler alınması sonrasında kullanılabilir. Bu durumda ilk üç sınıf işlemeli tarım alanları için çok daha fazla önem arz etmektedir ki buda toplam alanın yaklaşık %16'sına denk gelmektedir. İlk üç sınıfa ait dağılım model ile elde edilen dağılıma yakınlık göstermekte olup, I., II. ve III. sınıfa ait alanlar Akçakale'nin bir kısmı, Ilıca, Merkez, Pasinler, Köprüköy, Horasan ilçeleri ile güneyde Karaçoban, Hınıs ve Karayazı İlçelerinde dağılım göstermektedir. Alanda V. sınıf araziler çok

az dağılım göstermektedir. Buna karşın VI., VII. ve VIII. sınıf araziler toplam alanın yaklaşık %68'ni oluşturmaktadır. Bu alanlar ise ilin özellikle kuzey, kuzeybatı ve kuzeydoğu kesimlerinde yer alan ilçelerinde yaygın olarak dağılım göstermektedir.

Modelden elde edilen veriler ile AKK sınıflarının karşılaştırılması yapılmış durumda ise, işlemeli tarıma uygun olan S1 ve S2 değerleri modelde ilin %19.6 karşılık gelirken, AKK'nın ilk üç sınıfa ait değeri ise %16.0 olarak belirlenmiştir. Aslına bu değerler bir birine yakın olmasına karşın modelde S3 olarak gösterilen az uygun alanlar, AKK da marjinal tarım alanları olan IV. sınıf ile karşılaştırıldığında model yaklaşık alanın %31'i işlemeli tarıma az uygun olarak değerlendirirken, AKK'da IV. sınıf yaklaşık %15 olarak belirlenmiş. Her iki yaklaşımda da il sınırı içerisinde kalan toplam alanın yarısından fazlasının işlemeli tarıma uygun olmayan alanları oluşturduğu belirlenmiştir.

Çizelge 12. Arazi Kullanım Kabiliyet (AKK) sınıflarının alansal ve oransal dağılımları

AKK	Alan	
	ha	%
I sınıf	61003,8	2,45
II sınıf	164340,5	6,61
III sınıf	172227,9	6,93
IV sınıf	363927,7	14,63
V sınıf	1109,16	0,04
VI sınıf	449887,6	18,09
VII sınıf	1159935	46,64
VIII sınıf	87315,54	3,51
Diğer	27297,66	1,1
Toplam	2487045	100



Şekil 10. Arazi Kullanım Kabiliyet (AKK) sınıflarının dağılım haritası

## SONUÇ

Çalışma, Erzurum ilinin temel coğrafi özelliklerinin belirlenmesi ve AHP-Fuzzy ve CBS ortamında bindirme analiz yöntemi ile işlemeli tarıma uygun potansiyel sahaların belirlenmesini içermektedir. Ayrıca elde edilen veriler, 1980'li yıllarda Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğüne yapılmış AKK verileri ile karşılaştırmaları

yapılmıştır. Bu doğrultuda, çalışmanın çıkış noktasını; günümüzde kullanılan güncel teknolojiler ile (uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemi) yeni yaklaşım metodolojilerin (jeoistatistik, Fuzzy-AHP) yanı sıra güncel sayısal veriler (toprak, DEM-eğim, jeoloji, erozyon, arazi kullanım arazi örtüsü vb.) kullanılması ile ilin potansiyel işlemeli tarıma uygun alanların dağılımlarının ortaya konulması

oluşturmaktadır. Elde edilen sonuca göre, Erzurum ilinin %19.64'ü potansiyel işlemeli tarıma uygun alanlardan oluşmaktadır. Bu oran AKK da ise %16 olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, CBS ve UA teknikleri, yeni yöntem ve modellerle gün geçtikçe artan bir öneme sahip olmuş, mekânsal çalışmaların vazgeçilmez araçları haline gelmiştir. Toprak ve arazi gibi vazgeçilmez doğal kaynaklara ait faktörlerin çoğunda CBS ve UA tekniklerinin kullanılması, analizlerin yapılmasında ve haritaların oluşturulmasında da kolaylıklar sağlamıştır. Bu tekniğin kullanılması verilere daha kısa sürede ulaşılmasına, analiz ve sorgulama işlemi ile haritaların üretilmesine olanak tanımıştır.

#### KAYNAKLAR

- Anonim, 1980. Toprak Kaynakları İl Envanter Raporları Erzurum. TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Arslan, H., Cemek, B., Güler, M., Yıldırım, D., 2012. Değişebilir sodyum yüzdesinin (ESP) konumsal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile değerlendirilmesi. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 24-25 Mayıs, İzmir.
- Buckley, J. J., 1985. Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets And Syst.*, 17 (3): 233-247.
- Chang, D. Y., 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European J. of Operational Research*, 95 (3): 649-655.
- Dağdeviren, M., 2007. Bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile personel seçimi ve bir uygulama. *Gazi Üniv. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, 22 (4): 791-799.
- Deng, H., 1999. Multi criteria analysis with fuzzy pair wise comparison. In *Fuzzy Systems Conference Proceedings, 1999 IEEE International*, 2: 726-731.
- Dengiz, O., Sarıoğlu, F.E., 2011. Samsun İlinin Potansiyel Tarım Alanlarının Genel Dağılımları ve Toprak Etüd ve Haritalama Çalışmalarının Önemi. *Anadolu Tarım Bilimleri Derg.*, 26 (3): 241-253.
- Elalfy, Z., Elhadary, R., Elashry, A., 2010. Integrating GIS and MCDM to Deal with landfill site selection. *International Journal of Engineering & Technology*, 10 (6): 32-42.
- FAO, 1989. Guidelines for land use planning. Inter departmental Working Group on Land Planning, FAO, Rome.
- Goovaerts, P., 1998. Geostatistical tools for characterizing the spatial variability of microbiological and physico-chemical soil properties. *Biology and Fertility of Soils*, 27: 315-334.
- Kahraman, C., Cebeci, U., Ulukan, Z., 2003. Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics information management*, 16 (6): 382-394.
- Kahraman, C., Cebeci, U., Ruan, D., 2004. Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey. *International Journal of Production Economics*, 87 (2): 171-184.
- Mallants, D., B.P. Mohanty, D. Jacques, J. Feyen., 1996. Spatial variability of hydraulic properties in a multi-layered soil profile. *Soil Sci.*, 161 (3): 167-181.
- Malczewski, J., Rinner, C., 2015. Multi criteria decision analysis in geographic information science. New York: Springer.
- Mulla, D.J., McBratney, A.B., 2000. Soil Spatial Variability. In: *Handbook of Soil Science* (Ed. in chief: Malcom E. Summer), CRS Press, A-321-A-351.
- Newhall, F., Berdanier, C.R., 1996. Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. *Soil Survey Investigations Report No. 46*, National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service, Lincoln, NE.
- Özbek, A.K., Öztaş, T., 2014. Tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı; Erzurum örneği. *Ekoloji*, 13 (52): 1-6.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weessies, G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C., 1997. Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). U.S. Department of Agriculture, *Agriculture Handbook 703 p*.
- Saaty, T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, pp. 37-85.
- Taşan, M., Demir, Y., 2017. Çeltik yetiştiriciliği yapılan arazilerde demir ve mangan içeriklerinin alansal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilim. Derg.*, 32: 64-73.
- TÜİK, 2010. Web sitesi. Bitkisel üretim istatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2018).
- TÜİK, 2018. Web sitesi. Bitkisel üretim istatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. (Erişim Tarihi: 27 Ağustos 2018).
- Van Wambeke, A.R., 2000. The Newhall Simulation Model for estimating soil moisture & temperature regimes. Department of Crop and Soil Sci., Cornell University, Ithaca, NY.
- Van Laarhoven, P.J.M., Pedrycz, W., 1983. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. *Fuzzy set sand Systems*, 11 (1-3): 229-241.
- Wilding, L.P., 1985. Spatial variability: it's documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: *Soil Spatial Variability*. (Eds: Nielsen, D.R. and J. Bouma)



- Pudoc, Wageningen, The Netherlands, pp. 166-194.
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978. Predicting Rain fall Erosion Losses – A Guide for Conservation Planning. USDA, Agricultural Handbook 537. Washington.
- Yıldız, N., Akbulut, Ö., Bircan, H., 1998. İstatistiğe giriş. Erzurum: Şafak Yayınevi.
- Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy Sets. Information and Control, 8: 338-353.

## Effects of Exogenous Glycine Betaine Treatments on Growth and Some Physiological Characteristics of Tomato under Salt Stress Condition

Cüneyt CİVELEK<sup>1</sup>  Ertan YILDIRIM<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Yozgat, Turkey

<sup>2</sup>Atatürk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Erzurum, Turkey

(\*Corresponding author e-mail: ertanyil@atauni.edu.tr)

DOI: 10.17097/ataunizfd.520407

Geliş Tarihi (Received Date): 31.01.2019

Kabul Tarihi (Accepted Date): 11.04.2019

**ABSTRACT:** The effects of the exogenous foliar application of glycine betaine (GB) with different doses (0, 5, 10 and 20 mM) on plant growth, chlorophyll content, stomatal conductance, phenolic and proline contents in tomato grown under salt stress were evaluated. Tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) were imposed to salinity stress for 2 months with 75 mM NaCl. Salt stress reduced the growth, chlorophyll reading values and stomatal conductance in tomato. GB application decreased the inhibition of salt stress on tomato plant growth, and increased stomatal conductivity and chlorophyll content. The effective dose of GB was 10 mM to increase tolerance against salt stress. Plant height significantly increased in 5, 10 and 20 mM GB treatments by 2.2, 13.1 and 18.9%, respectively compared to the control. 5 and 10 mM GB treatments significantly increased chlorophyll reading values (51.18 and 53.44, respectively) compared with control (48.92). 10 mM GB exhibited a rapid increase in stomatal conductivity by 11.3% compared with control. Moreover, 10 mM GB showed an increase in proline content by 53.4% compared with control. According to results of our study, it can be suggested that exogenous GB treatments could mitigate the deleterious effects of salt stress in tomato.

**Keywords:** Glycine betaine, Plant tolerance, Salt stress, Tomato

### Glisin Betain Uygulamalarının Tuz Stresi Altında Domatesin Bazı Büyüme ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi

**ÖZ:** Çalışmada, farklı dozlarda (0, 5, 10 ve 20 mM) yapraktan glisin betainin (GB) uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen domateslerde bitki büyümesi, klorofil içeriği, stoma iletkenliği, fenolik ve prolin içeriği üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Bu amaçla, domates bitkileri (*Lycopersicon esculentum* Mill.), 2 ay boyunca 75 mM NaCl ile tuzluluk stresine maruz bırakılmıştır. Tuz stresinin, büyüme parametrelerinde, klorofil içeriğinde ve stoma iletkenliğinde belirgin bir düşüşe yol açtığı tespit edilmiştir. GB uygulaması, domates bitkisinin büyümesi üzerine tuz stresinin engelleyici etkisini azaltarak, stoma iletkenliğinin ve klorofil içeriğinin artmasına neden olmuştur. Tuz stresine karşı toleransı artırmada en etkili GB dozunun 10 mM olduğu belirlenmiştir. Bitki boyu 5, 10 ve 20 mM GB uygulamalarında kontrol grubuna göre sırasıyla % 2.2, % 13.1 ve % 18.9 oranında artmıştır. 5 ve 10 mM GB uygulamaları, klorofil değerlerini (sırasıyla 51.18 ve 53.44) kontrole kıyasla önemli derecede artırmıştır (48.92). 10 mM GB, stoma iletkenliğinde kontrol ile karşılaştırıldığında % 11.3 oranında bir artış göstermiştir. Ayrıca, 10 mM GB, prolin içeriğini kontrole kıyasla % 53.4 artırdığı saptanmıştır. Çalışmamızın sonuçlarına göre, GB uygulamasının, tuzluluk koşullarında büyümeyi artırmak için domates üretiminde faydalı bir uygulama olabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Glisin betain, Bitki toleransı, Tuz stresi, Domates

### INTRODUCTION

Plants are influenced by environmental conditions such as drought, low and high temperature and salinity. Salinity exhibits many constraints in vegetable growing that limits yield and quality. About 830 million hectares area is salt-affected worldwide (Martinez-Beltran and Manzur 2005). The problem of soil salinity is increasing due to the poor drainage, excessive fertilization and growing near seashore lands (Chinnusamy et al. 2005). Tomato, an important vegetable crop, is cultivated worldwide which is classified as moderately salt tolerant (Maas 1986).

Salt load in plant body affects growth rate and plant morphology (Munns 1993; Moya et al. 1999; Massai et al. 2004). Growth reduction due to the presence of NaCl at certain concentrations has been reported for various crops such as pepper (Chartzoulakis and Klapaki 2000; Yildirim and Guvenc, 2006), eggplant (Chartzoulakis and

Loupassaki 1997), lettuce (Yildirim et al., 2011; Ekinci et al., 2012; Yildirim et al., 2015). Growing of tomato plants under salinity causes many deleterious effects including inhibition of root and shoot development (Cruz and Cuartero 1990), decline in fruit quality and yield (Mitchell et al. 1991; Van Ieperen 1996). Furthermore, salinity stress in tomato plant has been shown to reduce plant water status, nutrient uptake, photosynthesis, metabolism and increase in membrane permeability (Mitchell et al. 1991; Santa-Cruz et al. 2002).

One strategy to increase tomato plant tolerance against salinity is utilization of compatible solutes such as glycine betaine. Exogenous application of these compounds helps plants to adjust osmotic balance by stabilizing the structure of proteins such as Rubisco related with photosynthesis (Mäkelä et al. 2000). Therefore, some beneficial phytochemicals can be applied to plants as an alternative approach to

improve fruit yield and quality under stress conditions. More recently, glycine betaine (GB) has been used to alleviate many abiotic stress factors such as cold (Aras and Eşitken 2013), drought (Farooq et al. 2008) and high temperature (Mäkelä et al. 1998). In addition, many studies showed exogenous GB could alleviate the salinity damage in maize (Yang and Lu 2005), lettuce (Yıldırım et al., 2015), bean (Gadallah 1999). GB is an amino acid derivative that accumulates in plant cells (Chen and Murata 2002). The exogenous application of GB to leaves or roots can be used to improve plant abiotic stress resistance (Kanechi et al. 2013).

This research was designed to investigate the role of GB in alleviating salt stress in tomato. We examined the effect of GB on some plant growth and physiological responses against salinity.

#### MATERIAL AND METHOD

The study was conducted in the greenhouse of Department of Horticulture at Bozok University in Turkey. The mean photosynthetically active-radiation (PAR) measured varied from 956 to 1264  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  with PAR sensor-JYP 1000. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv Joker) seedlings were cultivated under natural light conditions, the mean day/night temperatures of 32/19°C, and 42% relative humidity during the study. Tomato seeds were sown into 45 celled trays filled with peat. Thirty days after planting, seedlings were transplanted to 2 L pots filled with mixture of soil:sand (1:1, v:v). Pots were put randomly on the tables in the greenhouse. There were 120 pots in the experiment with three replication, 5 plants for each replication.

Three days after transplanting, four different GB doses (0, 5, 10 and 20 mM) were treated three times with once a week interval to plant leaves. GB ( $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_2$ , molecular weight = 117.146; Sigma-Aldrich, Japan) was initially dissolved in methanol, and concentrations of 0, 5, 10, and 20 mM were made up with distilled water containing 0.02% Tween 20 (polyoxyethylenesorbitan monolaurate; Sigma Chemicals, UK) as a surfactant. Plants were treated in distilled water amended with Tween 20 served as the control. Four days after transplanting all plants were irrigated with tap water or with 75 mM NaCl solution. Two months after the salinity set up, experiment was finished. Plant diameter and plant height were determined.

**Chlorophyll content (SPAD measurement):** Chlorophyll content was measured with a Minolta

SPAD-502 chlorophyll meter (Minolta Camera Co, Ltd, Osaka, Japan). For this determination, the midrib on all fully expanded leaves on both sides were taken at three locations and then averaged (Khan et al. 2003).

**Stomatal conductance:** Stomatal conductivity ( $\text{mmol (H}_2\text{O)m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) was measured with a leaf porometer (Decagon Devices SC-1).

**Proline content:** The proline was determined according to Bates et al. (1973).

**Total phenolic content:** For the quantification of total phenols, methanol was used for extraction. Total phenolic content was assayed by A765 with Folin-Ciocalteu reagent (Singleton and Rossi 1965). The results were expressed as  $\mu\text{g}$  of p-hydroxycinnamic acid (g fresh weight). Phenolic content was expressed as gallic acid equivalents (GAE).

#### Statistical analysis

Statistical analyses were performed with the statistical software package SPSS, version 20.0. The means were compared by the Duncan's multiple range test (DMRT) test at 5%.

#### RESULTS

The tomato plants were exposed to moderate salinity at 75 mM for 2 months and some morphological and physiological responses were evaluated. GB treatments provided better plant growth. Plant height significantly increased in 5, 10 and 20 mM GB treatments by 2.2, 13.1 and 18.9%, respectively compared to the control. Stem diameter increased with 10 mM GB by 8.3% compared with control (Figure 1). GB treatments influenced the chlorophyll content of tomato plants exposed salinity. 10 mM GB treatments significantly increased chlorophyll reading values (53.44) compared with control (48.92).

10 mM GB exhibited a rapid increase in stomatal conductivity by 35 % compared with control. 5 and 20 mM GB foliar treatments also significantly increased stomatal conductivity compared with control. Higher phenolic acid content was obtained from all GB treatments than control. The lowest content of phenolic acids was obtained from the control (12.45 mg/g). 10 mM GB showed an increase in proline content by 53.4% compared with control, while 5 and 20 mM GB led reductions in proline content compared with control (Table 1).

Table 1. Effect of GB on Stomatal Conductance, Total Phenolic Acid and Proline Content of Tomato under Salt Stress

	Stomatal conductance (mmol(H <sub>2</sub> O)m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )	Phenolic Acid (mg/g)	Proline (mM/g)
Control (Salt)	68,07d	12,45 c	0,103 b
Salt + 5 mM GB	94,03b	14,46 b	0,098 b
Salt + 10 mM GB	104,70a	17,11 a	0,158 a
Salt + 20 mM GB	78,53c	14,81 b	0,075 c

Data followed by a different letter in same column were significantly different ( $P \leq 0.5$ ) according to the DMRT.

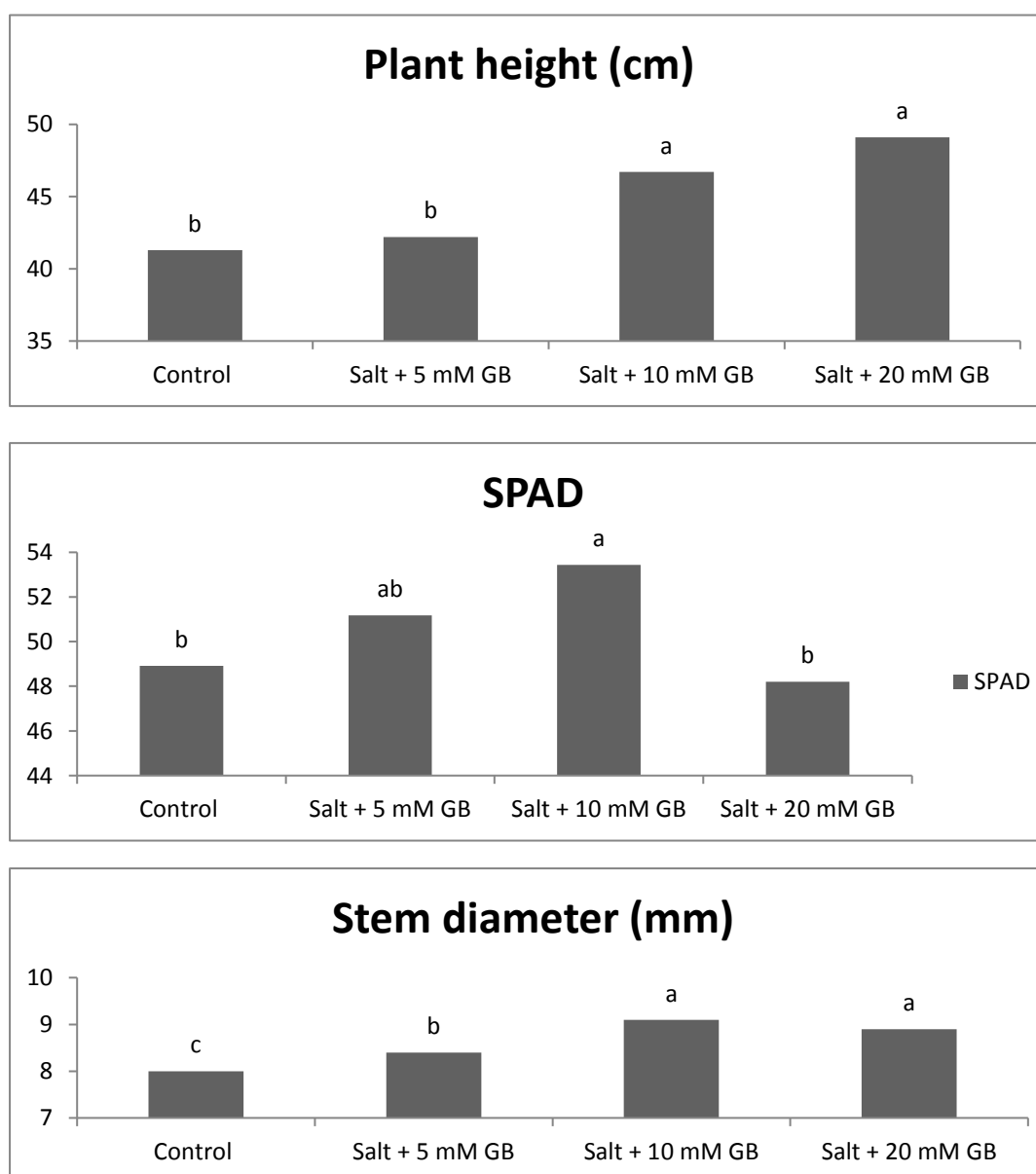


Figure 1. Effect of GB on Plant Height, Stem Diameter and SPAD of Tomato under Salt Stress. Data followed by a different letter on bars were significantly different ( $P \leq 0.5$ ) according to the DMRT.

## DISCUSSION

Salinity is an important environmental stress factor that may cause malignant effects on tomato plant growth and physiological traits (Cuartero and Fernández-Muñoz 1998). Poor drainage, excessive fertilization and inadequate irrigation cause salt stress in plants (Ghassemi et al. 1995). In our experiment, we applied 75 mM NaCl solution to tomato plants as moderate salinity stress. Furthermore, we applied the GB with different three doses in order to deal with the malignant effects of salinity. In the current study, all plants survived with slight leaf burn under 75 mM NaCl irrigation for two months.

Exogenous application of compatible solutes triggers tolerance mechanism of plants against stress factors. Supplemental irrigation with GB was effective in promoting plant growth of tomato. Improvements in plant growth by GB treatment under salt stress condition were previously reported in many plants (Hu et al. 2012; Korkmaz et al. 2012). Kanechi et al. (2013) reported that applying 1 mM GB to tomato plant increased plant growth, the number of harvested fruits and fruit weight. In our experiment, plants pre-treated with GB had considerably higher plant height and stem diameter compared to non-treated plants. These results correlate well with the findings of Abbas et al. (2010) who reported that foliar application of 50 mM GB resulted in higher shoot height. Decline in plant growth is a malignant effect of salt stress (Nazar et al. 2011). In our study, the GB applications decelerated the depression of the tomato plants height and stem diameter compared to control. The protective effect of GB on the plant growth under salinity was also reported by Hu et al. (2012) and Yıldırım et al. (2015).

GB treatments markedly increased SPAD value. 10 mM GB increased stomatal conductance that may lead to increase in yield. Kanechi et al. (2013) have reported an increase in the chlorophyll content of tomato leaves under salinity when treated with GB. Rajasekaran et al. (1998) have alleged that GB treatment has alleviating effect on chloroplast maintenance under salt stress. Stomatal conductance recorded on plants treated with 10 mM GB was 11.3% higher than those recorded in control plants. Decrease in stomatal conductance has frequently been reported as an effect of salt stress (Flexas et al. 2004). 10 mM GB clearly increased stomatal conductance. The results are in accordance with the findings of Abbas et al. (2010) showing that exogenous GB increased stomatal conductance under salinity condition. Increase in stomatal conductance and chlorophyll content by 10 mM GB treatment may be a reason of plant growth improvement under salinity condition.

Phenolics are important compounds in plants on account of acting as antioxidant (Rice-Evans et al. 1997). Increased accumulation of phenolics in stressed plants may help the plant tolerate stress (Parida et al. 2004). Similarly, our results exhibited that GB treatment elevated the phenolic content when compared with salt treatment without GB. Plants may accumulate compatible solutes such as proline under salt stress in order to provide plant tolerance (Khadri et al. 2006). In the current study, endogenous leaf proline content was increased in 10 mM GB treated-tomato plants. Proline accumulation due to the presence of salt stress and GB application has been reported for various cultures such as eggplant (Abbas et al. 2010), pepper (Korkmaz et al. 2012) and rice (Demiral and Türkan 2006).

## CONCLUSION

In summary, the current study indicated that exogenous GB at 10 mM concentration was effective in ameliorating the deleterious effects of salinity on tomato plant. The beneficial effect of applied GB to plants under salt stress may be attributed to its protective effect on chlorophyll and stomatal conductance. According to these findings, it is concluded that GB application can be useful as a supplement in tomato production to improve growth under salinity condition.

## REFERENCES

- Abbas, W., Ashraf, M., Akram, N.A., 2010. Alleviation of salt-induced adverse effects in eggplant (*Solanum melongena* L.) by glycinebetaine and sugarbeet extracts. *Sci Hortic.*, 125: 188-195.
- Aras, S., Eşitken, A., 2013. Effects of antifreeze proteins and glycine betaine on strawberry plants for resistance to cold temperature. *Proceedings of International Conference on Agriculture and Biotechnology*; Dec. 29-30; Malaysia. *IPCBE*, 60: 107-111.
- Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant Soil*, 39: 205-207.
- Chartzoulakis, K.S., Loupassaki, M.H., 1997. Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. *Agriculture Water Management*, 32: 215-225.
- Chartzoulakis, K., Klapaki, G., 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci Hortic.*, 86: 247-260.
- Chen, T.H., Murata, N., 2002. Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. *Curr Opin Plant Biol.*, 5: 250-257.

- Chinnusamy, V., Jagendorf, A., Zhu, J.K., 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Sci.*, 45: 437-48.
- Cruz, V., Cuartero, J., 1990. Effects of salinity at several developmental stages of six genotypes of tomato (*Lycopersicon* spp.). In: Cuartero J, Gomez-Guillamon ML, Fernandez-Munoz R. (Eds.), *Eucarpia Tomato 90*, Proc. XIth Eucarpia Meeting on Tomato Genetics and Breeding, Malaga, Spain, pp. 81-86.
- Cuartero, J., Fernández-Muñoz, R., 1998. Tomato and salinity. *Sci Hortic.*, 78: 83-125.
- Demiral, T., Türkan, I., 2006. Exogenous glycinebetaine affects growth and proline accumulation and retards senescence in two rice cultivars under NaCl stress. *Environ Exp Bot.*, 56: 72-79.
- Ekinci, M., Yıldırım E, Dursun, A., Turan M., 2012. Mitigation of salt stress in lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *Crispa*) by seed and foliar 24-epibrassinolide treatments. *HortScience*, 47 (5): 631-636.
- Farooq, M., Basra, S.M.A., Wahid, A., Cheema, Z.A., Cheema, M.A., Khaliq, A., 2008. Physiological role of exogenously applied glycinebetaine to improve drought tolerance in fine grain aromatic rice (*Oryza sativa* L.). *J Agron Crop Sci.*, 194: 325-333.
- Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G., Sharkey, T.D., 2004. Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. *Plant Biol.*, 6: 269-279.
- Gadallah, M.A.A., 1999. Effects of proline and glycinebetaine on *Vicia faba* responses to saltstress. *Biol Plantarum*, 42: 249-257.
- Ghassemi, F., Jakeman, A.J., Nix, H.A., 1995. *Salinisation of Land and Water Resources Human Causes Extent Management and Case Studies*. CAB International, Wallingford, Oxon, 526 p.
- Hu, L., Hu, T., Zhang, X., Pang, H., Fu, J., 2012. Exogenous glycine betaine ameliorates the adverse effect of salt stress on perennial ryegrass. *J Am Soc Hortic Sci.*, 137: 38-46.
- Kanechi, M., Hikosaka, Y., Uno, Y., 2013. Application of sugarbeet pure and crude extracts containing glycinebetaine affects root growth, yield, and photosynthesis of tomato grown during summer. *Sci Hortic.*, 152: 9-15.
- Khadri, M., Tejera, N.A., Lluch, C., 2006. Alleviation of salt stress in common bean (*Phaseolus vulgaris*) by exogenous abscisic acid supply. *J Plant Growth Regul.*, 25: 110-119.
- Khan, W., Prithiviraj, B., Smith, D.L., 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *J Plant Physiol.*, 160: 485-492.
- Korkmaz, A., Şirikçi, R., Kocaçınar, F., Değer, Ö., Demirkıran, A.R., 2012. Alleviation of salt-induced adverse effects in pepper seedlings by seed application of glycinebetaine. *Sci Hortic.*, 148: 197-205.
- Maas, E.V. 1986. Salt tolerance of plants. *Appl Agric Res.*, 1: 12-26.
- Mäkelä, P., Jokinen, K., Kontturi, M., Peltonen-Sainio, P., Pehu, E., Somersalo, S., 1998. Foliar application of glycinebetaine a novel product from sugar beet as an approach to increase tomato yield. *Ind Crop Prod.*, 7: 139-148.
- Mäkelä, P., Kärkkäinen, J., Somersalo, S., 2000. Effect of glycinebetaine on chloroplast ultrastructure, chlorophyll and protein content, and RuBPCO activities in tomato grown under drought or salinity. *Biol Plantarum*, 43: 471-475.
- Martinez-Beltran, J., Manzur, C.L., 2005. Overview of salinity problems in the world and FAO strategies to address the problem. In: *Proceedings of the International Salinity Forum*, April 2005, Riverside, California, pp: 311-313.
- Massai, R., Remorini, D., Tattini, M., 2004. Gas exchange, water relations and osmotic adjustment in two scion/rootstock combinations of Prunus under various salinity concentrations. *Plant Soil*, 259: 153-162.
- Mitchell, J.P., Shennan, C., Grattan, S.R., May, D.M. 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. *J Am Soc Hort Sci.*, 116: 215-221.
- Moya, J.L., Primo-Millo, E., Talon, M., 1999. Morphological factors determining salt tolerance in citrus seedlings: The shoot to root ratio modulates passive root uptake of chloride ions and their accumulation in leaves. *Plant Cell Environ.*, 22: 1425-1433.
- Munns, R., 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soils: Some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environ.*, 16: 15-24.
- Nazar, R., Iqbal, N., Masood, A., Syeed, S., Khan, N.A., 2011. Understanding the significance of sulfur in improving salinity tolerance in plants. *Environ Exp Bot.*, 70: 80-87.
- Parida, A.K, Das, A.B., Sanada, Y., Mohanty, P., 2004. Effects of salinity on biochemical components of the mangrove, *Aegiceras corniculatum*. *Aquat Bot.*, 80: 77-87.

- Rajasekaran, L.R., Kriedemann, P.E., Aspinall, D., Paleg, L.G., 1998. Physiological significance of proline and glycinebetaine: maintaining photosynthesis during NaCl stress in wheat. *Photosynthetica*, 34: 357-366.
- Rice-Evans, C., Miller, N., Paganga, G., 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci.*, 2: 152-159.
- Santa-Cruz, A., Martinez-Rodriguez, M.M., Perez-Alfocea, F., Romero-Aranda, R., Bolarin, M.C., 2002. The rootstock effect on the tomato salinity response depends on the shoot genotype. *Plant Sci.*, 162: 825-831.
- Singleton, V.L., Rossi, J.R., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid. *Am J Enol Viticulture*, 16: 144-158.
- Van Ieperen, W., 1996. Effects of different day and night salinity levels on vegetative growth, yield and quality of tomato. *J Hortic Sci.*, 71: 99-111.
- Yang, X., Lu, C., 2005. Photosynthesis is improved by exogenous glycinebetaine in salt-stressed maize plants. *Physiol Plantarum*, 124: 343-352.
- Yıldırım, E., Güvenç, İ., 2006. Salt Tolerance of Pepper Cultivars during Germination and Seedling Growth. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30 (5): 347-353.
- Yıldırım, E., Turan, M., Ekinci, M., Dursun, A., Cakmakci, R., 2011. Plant growth promoting rhizobacteria ameliorate deleterious effect of salt stress on lettuce. *Scientific Research and Essays*, 6 (20): 4389-4396.
- Yıldırım, E., Ekinci, M., Turan, M., Dursun, A., Kul, R., Parlakova, F., 2015. Roles of glycine betaine in mitigating deleterious effect of salt stress on lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61 (12): 1673-1689.

## Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Kamu Tarım Yatırımlarının Dağılımının Gini Katsayısı ile Ölçülmesi\*

Şekip YAZGAN<sup>1\*\*</sup>  Esra KADANALP<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, Ağrı, Türkiye

<sup>2</sup>Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ağrı, Türkiye

(\*\*Sorumlu yazar e-mail: syazgan@agri.edu.tr)

DOI: 10.17097/ataunizfd.502873

**Geliş Tarihi (Received Date): 26.12.2018**

**Kabul Tarihi (Accepted Date): 09.04.2019**

**ÖZ:** Çalışmada, Türkiye'de uygulanan en kapsamlı bölgesel kalkınma projesi olan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) illerini içeren Güneydoğu Anadolu (TRC) Bölgesine yapılan kamu tarım yatırımlarının 2000-2017 yılları arasında hangi ölçüde eşit/eşitsiz dağıldığı Gini Katsayısı ile ortaya konulmaktadır. Elde edilen ampirik bulgular inceleme döneminde kamu tarım yatırımları için hesaplanan Gini Katsayısının ortalama değerinin 0.712 seviyesinde bulunduğunu ve kamu tarım yatırımlarının TRC Bölgesinde eşitsiz dağıldığını göstermektedir. TRC Bölgesinde bölge içi ve bölgeler arası eşitsizliğin toplam eşitsizliğe katkısının ortaya çıkarılması amacıyla yapılan Gini Katsayısı Ayrıştırma Analizi sonuçları ise 2000 yılından 2017 yılına gelindiğinde TRC Bölgesinde bölgeler arası eşitsizliğin azalmaya başladığını ancak bölge içi eşitsizliğin arttığını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kamu tarım yatırımları, Bölgesel kalkınma, Gini Katsayısı, Güneydoğu Anadolu Bölgesi

### Measurement of Public Agricultural Investments Distribution in Southeastern Anatolia Region with Gini Coefficient

**ABSTRACT:** The study reveals the equal/unequal distribution of the public agricultural investments that have been implemented in the region of Southeastern Anatolia Region (TRC) with the Gini coefficient. The region includes the districts of Southeastern Anatolia Project (GAP), as the most comprehensive regional development project in Turkey. The empirical findings reveal that the average value of the Gini Coefficient for public agricultural investments is 0.712. Therefore, public agricultural investments are unevenly distributed in the TRC region. The results of the Gini Coefficient Decomposition Analysis conducted in order to explain the inequality of intra-regional and inter-regional inequality in the TRC Region show that the inequality between regions has started to decrease in the TRC Region from 2000 to 2017, while the inequality within the region has increased.

**Keywords:** Public agricultural investments, Regional development, Gini coefficient, Southeastern Anatolia Region

### GİRİŞ

Kamunun ekonomiye müdahale edip etmeyeceği ve edecekse bu müdahalenin hangi alanlara ve ne şekilde yapılması gerektiği konusu iktisat yazınında sürekli olarak tartışılmalı konular arasında yer almaktadır. Kamunun ekonomiye müdahale araçlarından en önemlisi olan kamu harcamalarının büyük kısmını ise kamu yatırımları oluşturmaktadır. İçsel Büyüme Teorilerinde, kamu yatırımlarının, ekonominin üretim kapasitesini ve insan sermayesinin gelişimini artırma gibi önemli etkilerinin bulunduğu ve devletin özellikle eğitim, sağlık, teknoloji ve altyapı yatırımları ile ekonomik büyümeye ivme kazandırabildiği ifade edilmektedir (Lucas, 1988; Romer, 1990; Barro, 1990). Bunun yanında kamu yatırımları, ülke içerisindeki bölgeler arasında gelişmişlik farklarının giderilmesinde kullanılan önemli bir araç durumunda bulunmaktadır. Bu bağlamda kamu yatırımlarının bölgesel düzeydeki dağılımı, bölge ekonomilerini etkilediği gibi, bu bölgelerin ulusal gelirden aldıkları payları da etkilemektedir. Bir ülke içerisinde kamu yatırımlarının daha dengeli dağıtılması, bölgesel gelirlerin de daha dengeli dağılmasını sağlamaktadır. Bölgesel eşitsizlik olarak tanımlanabilecek bölgeler arasındaki gelişmişlik farkları, çeşitli alanlardaki

kamu yatırımlarından doğrudan ve dolaylı olarak etkilenmektedir (Dinler, 2014; Öztürk, 2012).

Bu çalışmada, sulama, bitkisel üretim, hayvancılık, su ürünleri, ormancılık sektörlerine yapılan proje yatırımları olarak ifade edilen kamu tarım yatırımlarının Güneydoğu Anadolu (TRC) Bölgesinde iller ve alt bölgeler bazında ne kadar eşit/eşitsiz dağıldığı 2000-2017 dönemi için yıllık bazda ve Gini Katsayısı kullanılarak incelenmektedir. Bu kapsamda çalışmanın ilk aşamasında, bünyesinde Gaziantep, Adıyaman, Kilis, Şanlıurfa, Diyarbakır, Mardin, Batman, Şırnak ve Siirt illeri bulunan TRC Bölgesinde kamu tarım yatırımlarının dağılımını ölçmek için Gini Katsayısı değerleri hesaplanmaktadır. TRC Bölgesi, Türkiye'deki 12 Düzey-1 bölgesinden birisi olmasının yanı sıra Türkiye'nin önemli bölgesel kalkınma projelerinden birisi olan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) illerini de bünyesinde barındırmaktadır. Bu çerçevede çalışmanın ikinci aşamasında, TRC Bölgesi dolayısıyla GAP Projesi illeri için hesaplanan kamu tarım yatırımları Gini Katsayısı değerleri, Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi (TRA), Ortadoğu Anadolu Bölgesi (TRB) ve söz konusu Düzey-1 Bölgesi illerinin çok büyük bir bölümünü içeren Doğu Anadolu Projesi



(DAP) illeri için de hesaplanarak karşılaştırma yapılmaktadır. Çalışmada son olarak, TRC Bölgesinde kamu tarım yatırımları Gini Katsayısı değeri ile ifade edilen eşitsizliğin ne kadarının kamu tarım yatırımlarının TRC Bölgesinde bulunan iller ve alt bölgelerin içindeki dağılımından, ne kadarının ise bölgeler arasındaki dağılım farklılığından kaynaklandığının ortaya konulması amacıyla Gini Katsayısı Ayırıştırma Analizi yapılmaktadır. Çalışma, değerlendirmelerin yapıldığı sonuç bölümüyle tamamlanmaktadır.

## MATERYAL VE METOT

### Materyal

Çalışmada ikincil veriler kullanılmakta ve inceleme dönemi olan 2000-2017 yılları arasında yapılan kamu tarım yatırım (sulama, bitkisel üretim, hayvancılık, su ürünleri, ormancılık sektörlerine yapılan proje yatırımları) miktarları Kalkınma Bakanlığı verilerinden derlenmektedir.

### Metot

Çalışmada TRC Bölgesine yapılan kamu tarım yatırımlarının ne kadar eşit/eşitsiz dağıldığını belirlemek için hesaplanan ve İtalyan istatistikçi Gini (1912) tarafından geliştirilen Gini Katsayısı, basitliği ve dağılımı tek bir katsayı ile göstermesi nedeniyle iktisat literatüründe yaygın bir biçimde gelir dağılımı

$$G = \frac{2}{\bar{y}} Cov(y, F(y)) \quad (1)$$

Yukarıda 1 numaralı denklemde Cov (y, F(y)), illerin birikimli dağılımı ile kamu tarım yatırımlarının kovaryansını,  $\bar{y}$  ise illere yapılan kamu tarım yatırımlarının ortalamasını göstermektedir.

Gini Katsayısı ayrıca bir eşitsizlik ölçüsü olarak, bütünü oluşturan parçalara ayrıştırılabilmekte ve bu sayede eşitsizliğin kaynağı belirlenebilmektedir. Tarihsel olarak bakıldığında, Gini Katsayısının, gelir kaynağına göre ayırıştırma ve gruplar arası ayırıştırma olarak iki alana odaklandığı görülmektedir (Ceriani and Verme, 2014; Kaya ve Şenesen, 2011). TRC Bölgesi, TRC1, TRC2 ve TRC3 olmak üzere üç adet Düzey-2 Bölgeden oluşmaktadır. Gaziantep, Adıyaman ve Kilis illeri

$$G = G_B + \sum a_k G_k + R \quad (2)$$

Denklem 2'de G, TRC Bölgesi için hesaplanan Gini Katsayısı değerini göstermektedir.  $G_k$ , ise alt bölgeler TRC1, TRC2 ve TRC3 Bölgeleri için hesaplanan Gini Katsayısı değerini belirtmektedir. Alt bölgeler için hesaplanan Gini Katsayısı değerlerinin sırasıyla TRC1, TRC2 ve TRC3 Bölgelerinin nüfus ve kamu tarım yatırım oranlarıyla

eşitsizliğini belirlemek ve çeşitli gelir dağılımlarını karşılaştırmak için kullanılmaktadır (Şenses, 2017). Eşitsizliğin ölçülmesinde kullanılan bir araç olan Gini Katsayısının literatürde başta sağlık alanı (Brown, 1994; Lee, 1996, 1997) olmak üzere farklı disiplinler tarafından da kullanıldığı (Örneğin, su kullanımında Cullis and Van Koppen (2007), yaşam süresi dağılımında Geyik vd. (2005), tarım sübvansiyonlarının dağılımında Samman (2005), eğitim konusunda Tomul (2011), sayısal bölünme düzeyinde Fidan (2017) ve ulaşımda güvenilirlik analizinde Lee et al. (2017) görülmektedir.

Gini Katsayısı, grafiksel yaklaşım (Lorenz Eğrisi), göreliliği ortalama farkı yaklaşımı, kovaryans yaklaşımı ve matris formu yaklaşımı olmak üzere dört farklı yaklaşımla hesaplanabilmektedir (Xu, 2003). Gini Katsayısı 0 ve 1 arasında bir değer almaktadır. Gini Katsayısının 0 değerini alması mutlak eşitlik, 1 değerini alması ise mutlak eşitsizlik anlamına gelmektedir. Dolayısıyla katsayının zaman içerisinde küçülmesi (artması) eşitsizliğin azalmasına (artmasına) işaret etmektedir (Şenses, 2017).

Çalışmada Gini Katsayısının hesaplanmasında kovaryans yaklaşımı kullanılmaktadır. Kovaryans yaklaşımına göre Gini Katsayısı aşağıda 1 numaralı denklemde gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır (Lerman and Yitzhaki, 1985).

TRC1, Şanlıurfa ve Diyarbakır illeri TRC2, Mardin, Batman, Şırnak ve Siirt illeri ise TRC3 Bölgesinde bulunmaktadır. Çalışmada TRC Bölgesi için hesaplanan Gini Katsayısı değeri, bölgenin alt bölgeleri olan TRC1, TRC2 ve TRC3 Bölgeleri arasında ayırıştırılmakta ve eşitsizliğin ne kadarının bölgelerin içindeki dağılımdan ne kadarının ise bölgeler arası kamu tarım yatırımlarının dağılımındaki farklılıklardan kaynaklandığı belirlenmektedir. Gini Katsayısının ayırıştırılması için Lambert and Aronson (1993) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmaktadır. Gini ayırıştırması için kullanılan formül aşağıda 2 numaralı denklemde ifade edilmektedir (Lambert and Aronson,1993):

ağırlıklandırılması sonucunda elde edilen değer grup (bölge) içi ayırıştırma değerini vermektedir. Gruplar (bölgeler) arası ayırıştırma değeri olan  $G_B$ , TRC1, TRC2 ve TRC3 Bölgelerinin ortalama kamu tarım yatırımları dağılımları kullanılarak hesaplanmaktadır. Denklemde 2'de bulunan R, ise artık veya örtüşme olarak tanımlanmaktadır. Eğer TRC1, TRC2 ve

TRC3 alt bölgelerine yapılan kamu tarım yatırımları çakışmazsa örtüşme değeri 0 değerini almaktadır (Lambert and Aronson, 1993; Easypol, 2006). Örtüşme değerinin 0 olduğu durumda grup (bölge) içi ve gruplar (bölgeler) arası ayrışma değerlerinin toplamı TRC Bölgesi için hesaplanan Gini Katsayısını vermektedir.

İlgili literatür incelendiğinde kamu yatırımlarının dağılımındaki eşitsizliği Gini Katsayısı kullanarak inceleyen oldukça sınırlı sayıda çalışma bulunduğu görülmektedir. Öztürk (2012) çalışmasında, Türkiye’de kamu yatırımları ile bölgesel eşitsizlik arasındaki ilişki 1975-2001 dönemi için incelenmektedir. Çalışmada hem kamu yatırımlarının hem de Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH)’nın iller arasında hangi ölçüde eşitsiz dağıldığı Gini katsayısı yardımıyla hesaplanmaktadır. Çalışmada iller arasındaki gelir eşitsizliğinin 1980’lere doğru düzenli bir artış gösterdiği ancak 1990’lı yıllarda nispeten azaldığı, 1975 yılında 0.470 olan Gini Katsayısı değeriyle ifade edilen kamu yatırımlarındaki eşitsizliğin ise özellikle 1990’lı yılların sonlarına doğru arttığı ve 2001 ekonomik krizinde 0.652 değerini alarak en yüksek düzeyine eriştiği ifade edilmektedir. Ayrıca çalışmada, Türkiye’de kamu yatırımlarının bölgesel eşitsizliklerin giderilmesinde önemli bir faktör olduğu belirtilmektedir. Yazgan (2018) çalışmasında ise, 1999-2017 yılları arasında tarım, madencilik, imalat, enerji, ulaştırma-haberleşme, turizm, konut, eğitim, sağlık sektörlerine ve diğer kamu hizmetlerine yapılan kamu yatırımları ve toplam kamu yatırımlarının iller arasında dağılımı Gini Katsayısı kullanarak incelenmektedir. Yazgan (2018) çalışmasında elde edilen ampirik bulgular, imalat sanayi kamu yatırımları hariç tüm kamu yatırımları için hesaplanan Gini Katsayısı değerlerinin dönem içerisinde azaldığını ve kamu yatırımlarının iller arasında nispeten daha eşit dağıldığını ortaya koymaktadır. Söz konusu çalışmada ayrıca Lerman and Yitzhaki (1985) tarafından geliştirilen Gini Katsayısı Ayrıştırma Tekniği kullanılarak hangi kamu yatırımının toplam kamu yatırımı için hesaplanan eşitsizlik üzerinde daha etkili olduğu belirlenmektedir. Çalışmada toplam kamu yatırımları için hesaplanan ve Gini Katsayısıyla ifade edilen eşitsizliğin büyük bölümü 1999 yılında diğer kamu hizmetleri, enerji ve ulaştırma-haberleşme sektörlerine yapılan kamu yatırımlarının dağılımından, 2017 yılında ise diğer kamu hizmetleri, ulaştırma-haberleşme ve eğitim sektörlerine yapılan kamu yatırımlarının dağılımdan kaynaklandığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Öztürk ve Aktar (2009) ve Yazgan ve Kadanalı (2018) ise çalışmalarında sırasıyla Karadeniz ve TRA Bölgelerinde kamu tarım yatırımlarının dağılımını Gini Katsayısı kullanarak incelemekteler. Öztürk

ve Aktar (2009) çalışmalarında, 2000-2007 döneminde Karadeniz Bölgesinde bulunan illerde kamu tarım yatırımları için elde edilen Gini Katsayısı ortalama değeri 0.64 gibi yüksek bir seviyede bulunduğunu ve bu değer inceleme döneminde Karadeniz Bölgesinde kamu tarım yatırımlarının eşit dağılmadığını sonucuna ulaşmaktadırlar. 1999-2017 yılları arasında TRA Bölgesi illeri ve alt bölgelerinde kamu tarım yatırımlarının dağılımını inceleyen Yazgan ve Kadanalı (2018) ise çalışmalarında, TRA Bölgesi ve alt bölgeleri olan, bünyesinde Erzurum, Erzincan, Bayburt illeri bulunan TRA1 Bölgesi ve Ağrı, Kars, Iğdır ve Ardahan illerini içeren TRA2 Bölgesine ait kamu tarım yatırımları Gini Katsayısı değerlerinin söz konusu dönemin başlarında nispeten düşük seviyelerde bulunduğunu yani kamu tarım yatırımlarının iller arasında nispeten eşit bir biçimde dağıldığını ancak dönem boyunca katsayı değerlerinin yükselerek eşitsizliğin arttığı ifade etmektedirler. Söz konusu çalışmada, inceleme döneminde TRA, TRA1 ve TRA2 Bölgeleri için ortalama Gini Katsayısı değerleri sırasıyla 0.410, 0.433 ve 0.262 olarak hesaplanmaktadır. Bu durum üç bölge içerisinde kamu tarım yatırımlarının nispi olarak eşit dağıldığı bölgenin TRA2 Bölgesi, en eşitsiz dağılan bölgenin ise TRA1 Bölgesi olduğunu göstermektedir. Çalışmada yapılan Gini Katsayısı Ayrıştırma Analizi sonuçları ise inceleme döneminde, bölgeler arası eşitsizliğin toplam eşitsizliğe katkısının azaldığını, bölge içi eşitsizliğin ve örtüşmenin ise arttığını göstermektedir.

Çalışmada TRC Bölgesine yapılan kamu tarım yatırımlarının dağılımı incelenerek literatürde sınırlı sayıda bulunan çalışmalara katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Cumhuriyet tarihinin en kapsamlı ve maliyetli projesi olmasının yanında Türkiye’de bugüne kadar hazırlanan bölgesel kalkınma plan ve programları arasında en etkin olarak uygulanan projesi olan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) illerini içeren TRC Bölgesi, nüfus açısından ülkemizin yüzde 10’luk bölümüne tekabül etmektedir. Bölgenin yaklaşık yüzde 42,6’lık kısmı tarımsal faaliyetler için elverişlidir ve tarım sektörü bölgenin en önde gelen sektörü durumunda bulunmaktadır. Türkiye’nin ekonomik olarak sulanabilir arazisinin yüzde 20’si TRC Bölgesinde bulunmaktadır. GAP Projesi ile hidroelektrik santralleri ve sulama projelerinin yanı sıra, tarım, sanayi, enerji, ulaştırma, eğitim, sağlık, kırsal ve kentsel altyapı yatırımları ile bölgenin ekonomik ve sosyal göstergelerinin artırılarak ülke ortalaması seviyesine getirilmesi hedeflenmektedir (Anonim, 2018a).

İnceleme dönemi olan 2000-2017 yılları arasındaki dönemde seçili yıllarda TRC Bölgesi illeri

ve Alt Bölgelerinin kamu tarım yatırımlarından aldıkları paylar aşağıda Çizelge 1'de gösterilmektedir. Çizelge 1 incelendiğinde TRC Bölgesinde, il bazında Şanlıurfa ve Diyarbakır'ın kamu tarım yatırımlarından en fazla payları aldıkları görülmektedir. 2000-2017 yılları arasında Şanlıurfa kamu tarım yatırımlarının ortalama yüzde 47,7'sini, Diyarbakır ise yüzde 33,8'ini almaktadır. En fazla kamu tarım yatırımı yapılan bu iki ili yüzde 9,3 ile Gaziantep, yüzde 5,6 ile Adıyaman, yüzde 1 ile Mardin illeri takip etmektedir. TRC Bölgesinde kamu tarım yatırımlarından en az payı alan iller ise

ortalama yüzde 0,9 ile Kilis, yüzde 0,71 ile Batman, yüzde 0,59 ile Şırnak ve yüzde 0,19 ile Siirt ili olarak sıralanmaktadır. TRC Bölgesini oluşturan Düzey-2 alt bölgelerinde kamu tarım yatırımlarının dağılımına bakıldığında ise, Şanlıurfa ve Diyarbakır illerinin bulunduğu TRC2 Bölgesinin yüzde 81,57'lik ortalama pay ile en fazla kamu tarım yatırımı yapılan alt bölge olduğu görülmektedir. TRC2 Bölgesini ortalama yüzde 15,90'luk pay ile TRC1 Bölgesi ve yüzde 2,54'lük pay ile TRC3 Bölgesi takip etmektedir.

Çizelge 1. TRC Bölgesi İllerine / Alt Bölgelerine Yapılan Kamu Tarım Yatırımları (%)

İller / Alt Bölgeler	2000	2006	2012	2017	2000-2017
<b>Gaziantep</b>	14,32	16,39	11,28	5,86	9,33
<b>Adıyaman</b>	7,03	11,85	2,95	7,98	5,60
<b>Kilis</b>	0,64	1,00	1,65	2,31	0,97
<b>TRC1 Bölgesi</b>	21,99	29,24	15,88	16,16	15,90
<b>Şanlıurfa</b>	53,86	47,62	41,55	10,95	47,73
<b>Diyarbakır</b>	23,57	22,70	38,24	69,88	33,84
<b>TRC2 Bölgesi</b>	77,43	70,32	79,79	80,83	81,57
<b>Mardin</b>	0,00	0,19	2,44	0,89	1,04
<b>Batman</b>	0,01	0,12	1,34	1,10	0,71
<b>Şırnak</b>	0,57	0,05	0,53	0,72	0,59
<b>Siirt</b>	0,00	0,08	0,02	0,30	0,19
<b>TRC3 Bölgesi</b>	0,58	0,44	4,33	3,01	2,54

**Kaynak:** Anonim, 2018b.

Kamu tarım yatırımlarının 2000-2017 yılları arasındaki dönemde TRC Bölgesi illeri arasında eşit dağılıp dağılmadığını analiz etmek için hesaplanan Gini Katsayısı değerleri aşağıda Çizelge 2'de sunulmaktadır. Çizelge 2'de görüldüğü üzere TRC Bölgesinde 2000 yılında 0.714 olan kamu tarım yatırımları Gini Katsayısı değeri yüzde 2,10 oranında

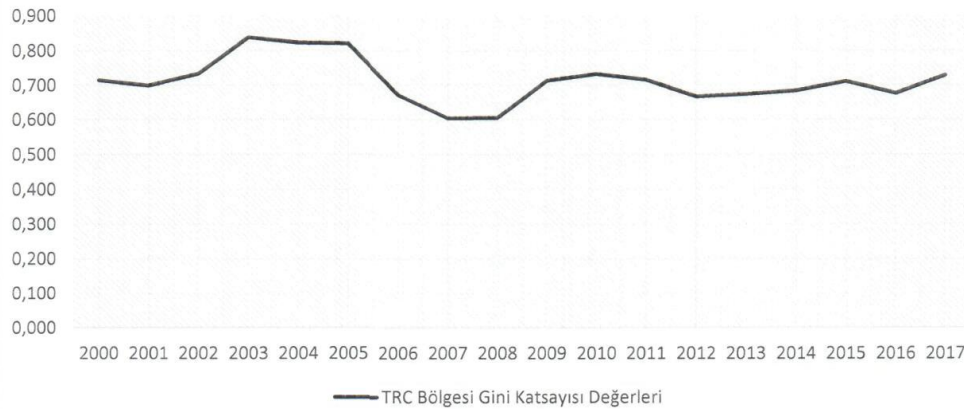
artarak 2017 yılında 0.729 seviyesine ulaşmaktadır. İnceleme döneminde TRC Bölgesinde kamu tarım yatırımları için hesaplanan Gini Katsayısı değerlerinin ortalaması ise 0.712'dir. Elde edilen bu yüksek Gini Katsayısı değerleri TRC Bölgesinde kamu tarım yatırımlarının eşit dağılmadığını göstermektedir.

Çizelge 2. TRC Bölgesi için Yıllar İtibariyle Hesaplanan Gini Katsayıları Değerleri

Yıllar	Gini Katsayısı Değeri	Yıllar	Gini Katsayısı Değeri
2000	0.714	2009	0.713
2001	0.699	2010	0.732
2002	0.733	2011	0.716
2003	0.838	2012	0.668
2004	0.823	2013	0.674
2005	0.820	2014	0.684
2006	0.672	2015	0.711
2007	0.605	2016	0.677
2008	0.606	2017	0.729
		<b>Ortalama Değer</b>	<b>0.712</b>

İnceleme döneminde TRC Bölgesi Kamu Tarım Yatırımları Gini Katsayısı Değerlerinin seyri ise aşağıda Şekil 1'de gösterilmektedir. Çizelge 2 ve Şekil 1 birlikte incelendiğinde 2000-2017 yılları arasındaki dönemde Gini Katsayısının 0.605 ve 0.838 arasında değerler aldığı görülmektedir. Gini Katsayısı 2003 yılında 0.838 değerini alarak en

yüksek seviyeye ulaşmaktadır. Gini Katsayısı değerinin en az olduğu yıl ise 0.605 değeriyle 2007 yılıdır. Hesaplanan bu Gini Katsayısı değerleri kamu tarım yatırımlarının en eşitsiz dağıldığı yılın 2003 yılı, en eşit dağıldığı yılın ise 2007 yılı olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. TRC Bölgesi Kamu Tarım Yatırımları Gini Katsayısı Değerlerinin Seyri (2000-2017)

Çalışmada, karşılaştırma yapmak amacıyla, bölge ekonomisi içerisinde tarım faaliyetlerin önem arz ettiği ve Türkiye'nin doğusunda bulunan diğer Düzey-1 bölgeleri olan TRA (Erzurum, Erzincan, Bayburt, Ağrı, Kars, Iğdır, Ardahan) ve TRB (Malatya, Elâzığ, Bingöl, Tunceli, Van, Muş, Bitlis, Hakkâri) Bölgeleri ve TRA Bölgesinde bulunan Bayburt ili hariç TRA ve TRB Bölgesi bünyesinde bulunan illerden ve Sivas ilinden oluşan DAP Bölgesi için de kamu tarım yatırımları için Gini Katsayısı hesaplanmaktadır. Bu yolla TRC Bölgesi ve dolayısıyla GAP İllerinde gerçekleşen kamu tarım yatırımlarının dağılımının TRA, TRB ve DAP ile karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Aşağıda Çizelge 3'te 2000-2017 döneminde TRA, TRB ve DAP

Bölgesi illeri için hesaplanan Gini Katsayısı değerleri ve inceleme dönemindeki ortalama Gini Katsayısı değerleri gösterilmektedir.

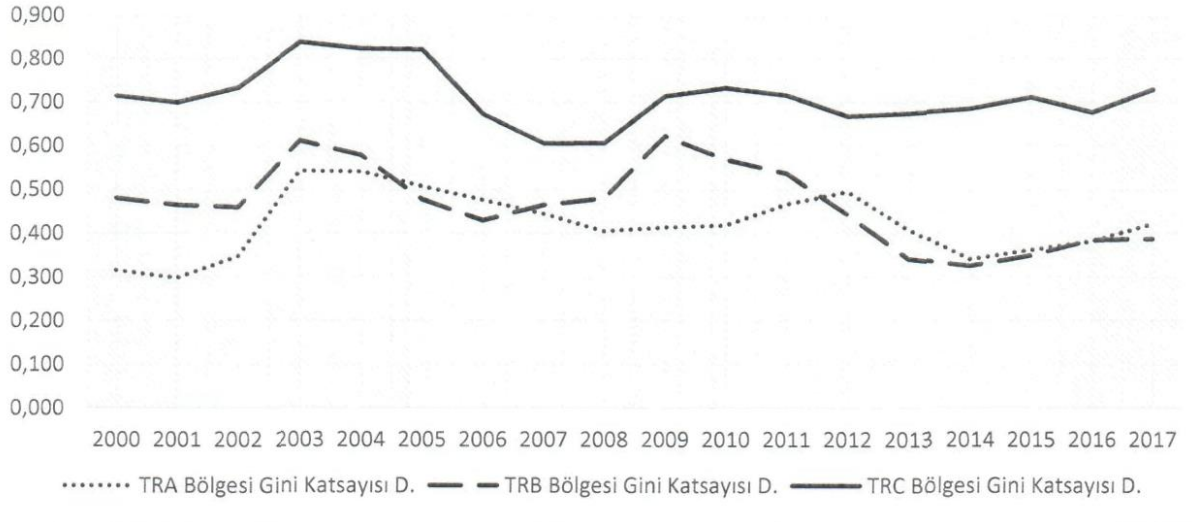
Çizelge 3 incelendiğinde, 2000-2017 dönemi itibariyle TRA ve TRB Bölgeleri kamu tarım yatırımları dağılımı için hesaplanan Gini Katsayısı ortalama değerlerinin sırasıyla 0.422 ve 0.467 seviyesinde bulunduğu görülmektedir. Bu değerler, ortalama Gini Katsayısı değerinin 0.712 olduğu TRC Bölgesiyle karşılaştırıldığında söz konusu üç bölge içerisinde kamu tarım yatırımlarının en eşitsiz dağıldığı bölgenin TRC Bölgesi, nispeten en eşit dağıldığı bölgenin ise TRA Bölgesi olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3. TRA, TRB ve DAP Bölgeleri için Yıllar İtibariyle Hesaplanan Gini Katsayıları Değerleri

Yıllar	TRA Bölgesi Gini K.D.	TRB Bölgesi Gini K.D.	DAP Bölgesi Gini K.D.
2000	0.316	0.480	0.399
2001	0.298	0.465	0.371
2002	0.349	0.460	0.384
2003	0.541	0.611	0.555
2004	0.540	0.578	0.523
2005	0.507	0.478	0.455
2006	0.476	0.429	0.407
2007	0.445	0.465	0.439
2008	0.406	0.480	0.430
2009	0.414	0.622	0.512
2010	0.418	0.568	0.498
2011	0.467	0.536	0.481
2012	0.495	0.443	0.463
2013	0.409	0.343	0.432
2014	0.342	0.326	0.400
2015	0.362	0.350	0.365
2016	0.382	0.386	0.407
2017	0.423	0.387	0.434
<b>Ortalama Değer</b>	<b>0.422</b>	<b>0.467</b>	<b>0.442</b>

Gini Katsayısının ortalama değerleri yanında 2000-2017 döneminin tamamında da TRC Bölgesi kamu tarım yatırımları Gini Katsayısı değerlerinin TRA ve TRB Bölgelerine ait Gini Katsayısı değerlerinden daha yüksek seviyede bulunduğu Şekil 2'de görülmektedir. Bu durum inceleme döneminde TRC Bölgesinde kamu tarım yatırımlarının TRA ve TRB Bölgelerine kıyasla daha eşitsiz dağıldığını

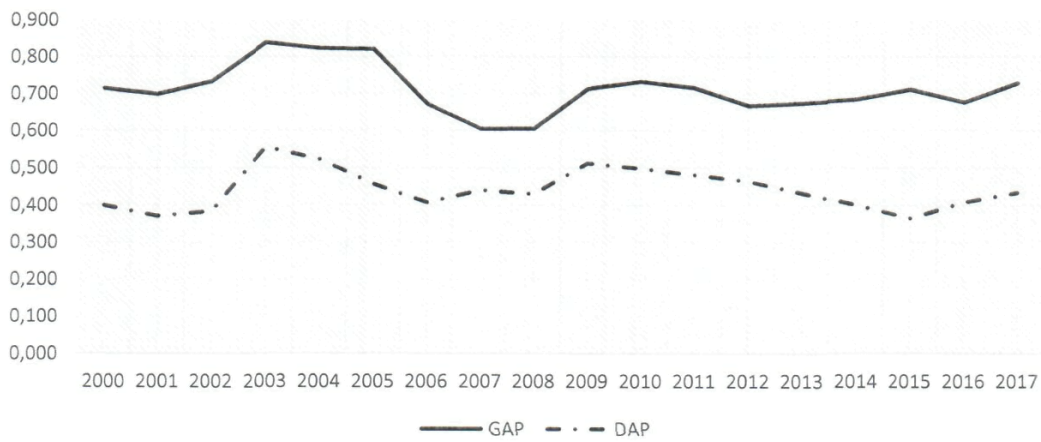
göstermektedir. TRA ve TRB Bölgeleri arasında bir karşılaştırma yapıldığında ise 2005-2006, 2012-2015 ve 2017 yıllarında TRA Bölgesinin TRB Bölgesine kıyasla daha yüksek Gini Katsayısı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durum söz konusu bu yıllarda TRA Bölgesindeki kamu tarım yatırımlarının TRB Bölgesine göre daha eşitsiz dağıldığı şeklinde yorumlanmaktadır.



Şekil. 2. TRA, TRB, TRC Bölgelerinde Kamu Tarım Yatırımları Gini Katsayısı Değerlerinin Seyri (2000-2017)

Çalışmada, TRC Bölgesinin Gini Katsayısı değerlerinin, Düzey-1 Bölgeleri olan TRA ve TRB Bölgeleri ile yapılan karşılaştırma bölgesel kalkınma projeleri olan GAP ve DAP Bölgeleri için de yapılmaktadır. İnceleme döneminde GAP ve DAP Bölgesi illerine ait ortalama Gini Katsayı değerleri

sırasıyla 0.712 ve 0.442 seviyesinde bulunmaktadır. Bu durum Gini Katsayı değerinin ortalama değeri açısından bakıldığında GAP Bölgesinde kamu tarım yatırımlarının DAP Bölgesine kıyasla daha eşitsiz dağıldığını göstermektedir.



Şekil. 3. GAP ve DAP Bölgelerinde Kamu Tarım Yatırımları Gini Katsayısı Değerlerinin Seyri (2000-2017)

İnceleme döneminde GAP ve DAP Bölgelerinde Kamu Tarım Yatırımları Gini Katsayısı Değerlerinin Seyri ise Şekil 3’de gösterilmektedir. Şekil 3 incelendiğinde 2000-2017 döneminde GAP Bölgesi için hesaplanan Gini Katsayısı değerlerinin DAP Bölgesi Gini Katsayısı değerlerinden daha yüksek seviyede bulunduğunu ve kamu tarım yatırımlarının GAP Bölgesinde daha eşitsiz dağıldığını göstermektedir.

Yukarıda yapılan analizlerde TRC Bölgesinde kamu tarım yatırımlarının dağılımında eşitsizliğin nasıl bir seyir izlediği görülmekle birlikte eşitsizliğin ne kadarının kamu tarım yatırımlarının TRC

Bölgesinin alt bölgeleri içerisindeki dağılımından ne kadarının ise kamu tarım yatırımlarının bölgeler arası dağılım farklılığından kaynaklandığı anlaşılamamaktadır. Çalışmada eşitsizliğin bu boyutunu da görebilmek amacıyla Lambert and Aronson (1993)’un geliştirdiği yöntem kullanılarak Gini Katsayısı Ayrıştırma Analizi yapılmaktadır. Gini Katsayısı Ayrıştırma Analizi kullanılarak bölge içi ve bölgeler arası eşitsizliğin toplam eşitsizliğe katkısının ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Çizelge 4’de 2000 ve 2017 yılları için Gini Katsayısı Ayrıştırma Analizinin sonuçları verilmektedir.

Çizelge 4. TRC Bölgesi Gini Ayrıştırma Analizi Sonuçları (2000 ve 2017)

	2000		2017	
	Katsayı	Oran (%)	Katsayı	Oran (%)
<b>Bölgeler Arası Eşitsizlik</b>	0.648	90,76	0.648	88,89
<b>Bölgeler İçi Eşitsizlik</b>	0.066	9,24	0.081	11,11
<b>Toplam</b>	0.714	100,00	0.729	100,00

Çizelge 4.’de gösterilen Gini Ayrıştırma Analizi sonuçlarına göre, kamu tarım yatırımları için 2000 yılında 0.714 olarak hesaplanan Gini Katsayısı değeri içerisinde bölgeler arası eşitsizliğin payının yüzde 90,76, bölgeler içi eşitsizliğin payının ise yüzde 9,24 olduğu görülmektedir. 2017 yılı için ise 0.729 olarak hesaplanan Gini Katsayısı değerinin ifade ettiği eşitsizlik içerisinde bölgeler arası ve bölgeler içi eşitsizliği payları ise sırasıyla yüzde 88,89 ve yüzde 11,11 düzeyinde bulunmaktadır. Ulaşılan bu sonuçlar, 2000 yılından 2017 yılına gelindiğinde TRC Bölgesinde bölgeler arası eşitsizliğin azalmaya başladığını, ancak bölge içi eşitsizliğin arttığını göstermektedir.

#### SONUÇ

Çalışmada TRC Bölgesinde kamu tarım yatırımlarının 2000-2017 yılları arasında iller ve alt bölgeler bazında ne kadar eşit/eşitsiz dağıldığının Gini Katsayı kullanılarak incelenmesi amaçlanmaktadır. TRC Bölgesinde kamu tarım yatırımları için Kovaryans yöntemiyle hesaplanan Gini Katsayılarının ortalama değeri 0.712 gibi yüksek bir değer almakta ve bu yüksek Gini Katsayısı değeri kamu tarım yatırımlarının TRC Bölgesinde eşitsiz dağıldığını göstermektedir. İnceleme döneminde kamu tarım yatırımları Gini Katsayısının seyrine bakıldığında ise söz konusu katsayının 2003 yılında 0.838, 2007 yılında ise 0.605 seviyelerinde bulunduğu görülmektedir. Gini Katsayısının aldığı bu değerler, kamu tarım yatırımlarının dağılımının en kötü (en eşitsiz) ve en iyi (en eşit) olduğu yılların sırasıyla 2003 ve 2007 yılları olduğu şeklinde yorumlanmaktadır. TRC

Bölgesinde bulunan iller aynı zamanda Cumhuriyet tarihinin en kapsamlı bölgesel kalkınma projesi olan GAP bünyesinde bulunmaktadır. TRA ve TRB Bölgeleri ve Türkiye’deki diğer önemli bölgesel kalkınma projelerinden birisi olan DAP illeri ile karşılaştırıldığında elde edilen sonuçlar hem ortalamada hem de inceleme dönemi boyunca kamu tarım yatırımlarının en eşitsiz dağıldığı bölgenin / bölgesel kalkınma projesinin TRC Bölgesi/ GAP İlleri olduğunu göstermektedir. TRC Bölgesi/ GAP İllerinde bölge içi ve bölgeler arası eşitsizliğin toplam eşitsizliğe katkısının ortaya çıkarılması amacıyla yapılan Gini Katsayısı Ayrıştırma Analizi sonuçları ise 2000 yılından 2017 yılına gelindiğinde TRC Bölgesinde bölgeler arası eşitsizliğin azalmaya başladığını, ancak bölge içi eşitsizliğin arttığını göstermektedir.

#### KAYNAKLAR

- Anonim, 2018a. GAP ve Tarım. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı. Şanlıurfa. <http://www.gap.gov.tr/tarim-sayfa-15.html>. (Erişim Tarihi: 15 Aralık 2018).
- Anonim, 2018b. Kamu Yatırımları. Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. Ankara. <http://www2.kalkinma.gov.tr/kamuyat/ilözet.html>. (Erişim Tarihi: 5 Ocak 2018).
- Barro, R.J., 1990. Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth. *Journal of Political Economy*, 98 (5): 103-125.

- Brown, M. 1994. Using Gini-Style Indices to Evaluate the Spatial Patterns of health Practitioners; Theoretical Considerations and an Application Based on the Alberta Data. *Social Science and Medicine*, 38 (9): 1243-1256.
- Ceriani, L., Verme, P. 2014. Individual Diversity and the Gini Decomposition, The World Bank Middle East and North Africa Region Poverty Reduction and Economic Management Department Policy Research Working Paper (Online) <http://documents.worldbank.org/curated/en/131591468323697607/pdf/WPS6763.pdf> (Erişim Tarihi: 13 Aralık 2018).
- Cullis, J., Van Koppen, B., 2007. Applying the Gini Coefficient to Measure Inequality of Water Use in the Olifants River Water Management Area, South Africa. Research Report (Online) [http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/IWMI\\_Research\\_Reports/PDF/PUB113/RR113.pdf](http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/IWMI_Research_Reports/PDF/PUB113/RR113.pdf) (Erişim Tarihi: 5 Ocak 2018).
- Dinler, Z., 2014. Bölgesel İktisat. Ekin Basım Yayın Dağıtım, Bursa, 449 s.
- Easypol, 2006. Policy Impacts on Inequality Decomposition of Income Inequality by Subgroups. Analytical Tools Module 52. <http://www.fao.org>. (Erişim Tarihi: 5 Ocak 2018).
- Geyik, P. Ö., Uludağ, A.K., Karabulut, E., Saraçbaşı, O., 2005. Yaşam Sürelerindeki Farklılıkların Gini Katsayısı ile incelenmesi. VIII. Ulusal Biyoistatistik Kongresi Bildirileri, 20-22 Eylül 2005, Bursa, s: 324-332.
- Gini, C., 1912. Variabilità e Mutuabilità. Contributo allo Studio delle Distribuzioni e delle Relazioni Statistiche, Studi Economico-Giuridici dell'Università di Cagliari, III, 168 p.
- Fidan, H., 2017. Türkiye'de Sayısal Bölünme Düzeylerinin Belirlenmesinde Gini Yaklaşımı. *Business and Economics Research Journal*, 8 (1): 49-62.
- Kaya, E., Şenesen, Ü., 2011. Türkiye'de Gelir Bölüşümü Eşitsizliğine Cinsiyet Ayrımının Katkısı. *Atatürk Üniv. İİBF Derg.*, 10. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı, 25: 181-205.
- Lambert P.J., Aronson J.R., 1993. Inequality Decomposition Analysis and the Gini Coefficient Revisited. *Economic Journal*. 103 (420): 1221-1227.
- Lee, W.C. 1996. Analysis of Seasonal Data Using the Lorenz Curve and the Associated Gini Index. *International Journal of Epidemiology*, 25 (2): 426-434.
- Lee, W. C., 1997. Characterizing Exposure-disease Association in Human Populations Using the Lorenz Curve and Gini Index. *Statistics in Medicine*, 16 (7): 729-739.
- Lee, S., Lee, S.M., Lee, K., 2017. A Gini Coefficient Based Evaluation on Reliability of Travel Time Forecasting. *Journal of King Saud University – Engineering Sciences* (Online) <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-king-saud-university-engineering-sciences> (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2018).
- Lerman, R. I., Yitzhaki, S., 1985. Income Inequality Effects by Income Source: A New Approach and Applications to the United States. *The Review of Economics and Statistics*, 67 (1): 151-156.
- Lucas, R. E. Jr., 1988. On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22 (1): 3-42.
- Öztürk, L., Aktar, İ., 2009. Karadeniz Bölgesi İllerinde Kamu Tarım Yatırımları Dağılımının Gini Katsayısı İle Ölçülmesi. *Karadeniz Araştırmaları*, 6 (21): 113-122.
- Öztürk, L., 2012. Kamu Yatırımları ve Bölgesel Eşitsizlik: Bir Nedensellik Analizi, 1975-2001. *Ege Akademik Bakış*, 12 (4): 487-495.
- Romer, P. M., 1990. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98 (5): 71-102.
- Samman, E., 2005. Gini Coefficients for Subsidy Distribution in Agriculture. Human Development Report Office Occasional Paper. (Online) [http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2005\\_samman\\_emma\\_35.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2005_samman_emma_35.pdf) (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2018).
- Tomul, E., 2011. Educational Inequality in Turkey: An Evaluation by Gini Index. *Education and Science*, 36 (160): 133-143.
- Şenses, F., 2017. İktisada (Farklı Bir) Giriş Giriş İktisadı Öğrencileri ve İktisada İlgili Duyanlar İçin Yardımcı Kitap. İletişim Yayınları. İstanbul, 632 s.
- Xu, K., 2003. How Has the Literature on Gini's Index Evolved in the Past 80 Years? Dalhousie University, Economics Working Paper (Online) <https://ssrn.com/abstract=423200> (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2018).
- Yazgan, Ş., 2018. Kamu Yatırımları Dağılımının Gini Katsayısı İle Ölçülmesi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama (1999-2017). *International Journal of Economics Politics Humanities and Social Sciences*, 1 (1): 35-44.
- Yazgan, Ş. ve Kadanalı, E., 2018. Kamu Tarım Yatırımlarının Dağılımının Gini Katsayısı ile Ölçülmesi: Kuzeydoğu Anadolu (TRA) Bölgesi İlleri Üzerine Bir İnceleme (1999-2017). *Tarım Ekonomisi Derg.*, 24 (1): 33-42.

## Rüzgâr Erozyon Sahasında Gelişme Gösteren Dikenli Hölmez Otu (*Noaea mucronata*)'nun Toprağın Bazı Kimyasal Özelliklerine Etkisi

Süleyman TEMEL<sup>ID</sup>

Bilal KESKİN\*<sup>ID</sup>

İğdir Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, İğdir, Türkiye  
(\*Sorumlu yazar e-mail: bilalkeskin66@yahoo.com)

DOI: 10.17097/ataunizfd.487883

Geliş Tarihi (Received Date): 26.11.2018

Kabul Tarihi (Accepted Date): 29.04.2019

**ÖZ:** Rüzgar erozyonuna maruz kalan alanlarda üst toprak katının taşınması nedeniyle toprağın verimliliğini düşmekte, bitki çeşitliliği ve bitkinin toprağı kaplama oranı azalmaktadır. Ancak bu gibi alanlarda doğal olarak yetişen pek çok türün toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirdiği bilinmektedir. Amacımız rüzgâr erozyon sahasına uyum sağlamış *Noaea mucronata* türünün toprağın bazı kimyasal özellikleri üzerine yaptığı değişimi ortaya koymaktır. Mevcut çalışma 2015 yılında İğdir-Aralık İlçesi rüzgâr erozyon sahasında Tesadüf Bloklarında Faktöriyel Deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Araştırmada Dikenli Hölmez Otu'nun taç içi ve dışından 0-20, 20-40 ve 40-60 cm derinliklerden toprak örnekleri alınmış ve toprak örneklerinde; pH, elektriksel iletkenlik (EC), kireç, organik madde, azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum içerikleri incelenmiştir. Taç içi ve dışı açısından toprakların pH, kalsiyum, potasyum ve magnezyum içerikleri, derinlik açısından ise kalsiyum ve sodyum içerikleri önemli farklılıklar göstermiştir. Taç dışına göre, taç içinden alınan toprakların pH değeri (7.84) ve kalsiyum içeriği (%4.32) düşük, potasyum (%0.34) ve magnezyum içeriği (%0.43) ise yüksek bulunmuştur. Diğer taraftan en yüksek kalsiyum içeriği 0-20 ve 20-40 cm toprak derinliğinde, Na içeriği ise 40-60 cm toprak derinliğinde tespit edilmiştir. Sonuç olarak *Noaea mucronata* çalışının toprağın pH ve kalsiyum içeriğini düşürmesi, toprağın elverişli potasyum ve magnezyum içeriğini artırması nedeniyle toprağın verimliliğine katkı sağladığı ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Noaea mucronata*, Örnekleme deseni, Toprak derinliği, Toprak verimliliği

### Effect of Thorny Saltwort (*Noaea mucronata*) Growing in The Wind Erosion Field on Soil's Some Chemical Properties

**ABSTRACT:** The fertility of the soil, plant diversity and soil coverage rate of the plants is decreased as the topsoil flooding in areas exposed to wind erosion. However, it was known that many such species naturally growing in such areas improved the physical, chemical and biological properties of the soil. Our aim is to reveal the change that *Noaea mucronata* adapted to the wind erosion region has made on some chemical properties of the soil. The study was established according to the factorial experiment design in randomized blocks with three replications in the İğdir-Aralık wind-erosion district in 2015. Soil samples were taken from the depths of 0-20, 20-40 and 40-60 cm from Thorny Saltwort's canopy inside and outside, and pH, EC (electrical conductivity), lime, organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium contents of soil samples were investigated. The pH, calcium, potassium and magnesium contents of the soils to according inside and outside of canopy, and the calcium and sodium contents to according soil depth showed significant differences. To according outside of canopy, the pH value (7.84), calcium content (4.32%), potassium (0.34%) and magnesium content (0.43%) were found to be high in inside of canopy. On the other hand, the highest calcium contents were found at 0-20 and 20-40 cm soil depth and the highest Na content at 40-60 cm soil depth. In conclusion, *N. mucronata* has been shown to contribute to soil fertility because the pH and calcium content of soil decreased, and the contents of suitable potassium and magnesium of soil increased.

**Keywords:** *Noaea mucronata*, Sampling pattern, Soil depth, Soil fertility

### GİRİŞ

Kurak ve yarı-kurak iklim bölgelerinde özellikle hatalı bitki ve arazi yönetimine ilişkin uygulamalar bitki örtüsünün seyrekleşmesine, yapısal stabilitenin zayıflamasına, toprak ve su kayıplarının artışına neden olmaktadır. Bitki örtüsünün seyrekleştiği alanlarda erozyon şiddeti ve taşınım miktarı daha fazla olmaktadır. Bu olayda su ve rüzgâr en önemli faktörlerdir. Ülkemiz topraklarının % 88.7 oranında orta, şiddetli ve çok şiddetli erozyon görülmekte olup (Koç vd., 1994), en yaygın ve etkili olanı da su erozyonudur. İkinci sırada ise rüzgar erozyonu yer almakta ve Konya-Karapınar'dan sonra İğdir-Aralık bölgesi (13.542 ha'lık alan) rüzgar erozyonunun en fazla görüldüğü alan oluşturmaktadır. Aralık rüzgar erozyon sahası ekstrem çevre koşullarının yaşandığı bir bölge olup, mera statüsündedir (Özdoğan, 1976; Temel ve Şimşek, 2011). Bu alanlar aşırı derecede

otlanmaya maruz kalmakta ve bunun sonucu olarak da bitki örtüsünden yoksun toprakların rüzgar erozyonu ile taşınım miktarı ve hızı artmaktadır. Ayrıca rüzgar erozyonu sonucu toprağın verimli üst kısmı kaybolduğunda geride organik madde ve besin içeriği yönünden fakir bir toprak kalmaktadır. Toprak verimliliği ise; toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini ortaya koyan toprağın kalitesi ile alakalı olup, bitki gelişiminde ve toprak kalitesinin yorumlanmasında önemli bir özelliktir (Doran and Parkin, 1994; Arshad and Martin, 2002; Nortcliff, 2002; Karlen et al., 2003).

Bilindiği üzere bitkiler doğrudan doğruya veya dolaylı olarak toprak oluşumuna etkide bulunmakta ve topraktaki değişimi de içine almaktadır (Altın vd., 2011). Dolayısıyla toprak oluşumu ve verimliliğinin artırılmasında bitki örtüsünün varlığı ve yoğunluğu



önemli bir yer tutmaktadır. Ayrıca bu gibi ekstrem çevre şartlarına adapte olmuş türler hayvanlara yem temini sağlamada önemli görevler de üstlenmişlerdir (Temel ve Tan, 2011; Ahmad et al., 2008; Ghazanfar et al., 2011; Tan ve Temel, 2012). Ancak ekstrem ekolojik koşulların yaşandığı, aşırı ve erken otlatma gibi bilinçsiz yönetim uygulamalarının yapıldığı mera alanlarında tür çeşitliliği, yoğunluğu ve üretilen yem miktarı önemli oranda düşüktür (Gökkuş ve Koç 2001; Louhaichi et al., 2009). Dolayısıyla farklı sebeplerden dolayı bitki örtüsünü ve toprak verimliliğini kaybetmiş bu gibi mera alanlarında ekonomik anlamda üretim yapmak mümkün değildir. Oysa derin kök sistemine sahip çok sayıda çalı türleri bu alanlarda rahatlıkla yetişebilmekte, toprak muhafazası ve verimliliği üzerine önemli katkılar sağlamaktadırlar (Sezen, 2002; Oktay, 2014).

Bu türlerden bir tanesi de Orta Doğu ve Kuzey Afrika'nın kurak ve yarı kurak mera alanlarında yaygın olarak yetişen Chenopodiaceae familyasının bir üyesi olan Dikenli Hölmez otu (*Noaea mucronata*) bitkisidir. Bu bitki ayrıca ekstrem çevre koşullarının yaşadığı Iğdır coğrafyasında da yaygın olarak yetişmektedir. Amacımız rüzgar erozyonunun hâkim olduğu mera alanlarında doğal olarak yetişen Hölmez otunun bazı toprak özellikleri üzerine yaptığı değişimi ortaya koymaktır.

#### MATERYAL VE METOT

Bu araştırma 2015 yılında Türkiye'nin kuzey doğusunda yer alan Iğdır-Aralık rüzgar erozyon

sahasında yürütülmüştür. Denemenin yürütüldüğü bölge ortalama 826 m rakıma sahip olup, Türkiye'nin ikinci büyük rüzgar erozyon sahası durumundadır (13.542 ha). Mevcut rüzgar erozyon sahasının % 49.5 (6.700 ha)'lık kısmı fundalık, %50.5 (6.842 ha)'lık kısmı ise 2. sınıf mera sahası durumundadır (Sevim, 1999). Iğdır ilinin uzun yıllar iklim verileri dikkate alındığında araştırma bölgesinin Türkiye'nin en kurak bölgelerinden biri olduğu görülmektedir. Araştırmanın yürütüldüğü yılda ise yıllık toplam yağış miktarı 302.4 mm), ortalama sıcaklık (14.8 °C) ve nispi nem değeri, (%53.2) olarak ölçülmüştür (Çizelge 1).

Araştırma tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Her tekerrür (blok) içerisinde ise deneme alanı temsil edecek şekilde 5 çalı öbeği belirlenmiştir. Mevcut çalışmamızda Iğdır ilinin kurak otlak alanlarında yaygın olarak yetişen kserofit *Noaea mucronata* bitki materyali, taç içi/taç dışı ve toprak derinliği ise incelenecek faktörler olarak seçilmiştir. Toprak örnekleri Nisan ayının ilk haftasında 0-20, 20-40 ve 40-60 cm derinliğinde olmak üzere belirlenen çalı öbeklerinin taç içi ve dışında kalan kısımlarından yapılmıştır. Her bir örnekleme deseni ve derinliğinden yaklaşık 1.5 kg toprak örneği bir burgu vasıtasıyla alınmış ve analize hazır hale getirilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmanın yürütüldüğü bölgeye ait bazı iklim değerleri (Anonim, 2015).

	Ortalama Sıcaklık (oC)		Toplam Yağış (mm)		Nispi Nem (%)	
	UYO*	2015	UYO	2015	UYO	2015
Ocak	-3.1	1.2	13.6	2.2	64.5	63.3
Şubat	0.4	4.3	14.9	4.4	57.0	59.5
Mart	7.3	8.5	20.5	52.0	46.2	50.8
Nisan	13.6	13.8	44.3	44.1	47.1	47.7
Mayıs	18.0	18.3	50.6	41.5	48.5	52.9
Haziran	22.9	25.1	31.8	27.8	42.3	40.0
Temmuz	26.5	28.7	15.1	0.3	39.9	33.6
Ağustos	26.5	27.2	9.4	14.3	40.5	40.7
Eylül	20.7	22.6	12.8	1.4	46.5	43.6
Ekim	13.7	16.6	22.0	96.2	59.2	71.3
Kasım	5.7	9.2	16.8	4.5	61.9	66.0
Aralık	-0.6	1.5	11.9	13.7	67.0	68.8
<b>Ort./Top.</b>	<b>12.6</b>	<b>14.8</b>	<b>263.8</b>	<b>302.4</b>	<b>51.7</b>	<b>53.2</b>

\*\*Uzun yıllar ortalaması

Toprak bünye sınıfı Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Demiralay, 1993), pH'ı 1;2,5 toprak su karışımında potansiyometrik olarak cam elektrotlu pH-metre ile (Sağlam, 1994), elektriksel iletkenlik saturasyon macunlarından elde edilen ekstraksiyon

süzüklerinde elektrikli kondüktivite aleti ile (Rhoades, 1982), toplam kireç içerikleri Scheibler Kalsimetresi ile volümetrik olarak (Nelson, 1982), organik madde içerikleri Smith-Weldon yöntemiyle (Nelson and Sommers, 1982), azot içeriği salisilik

asit+tuz karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikro kjheldahl yöntemiyle (Bremner and Mulvaney, 1982) ve elverişli fosfor içerikleri sodyum bikarbonatla ekstrakte edilen süzüklerde ICP-OES (Inductively Couple Plasma spectrophometer - Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) ile okunmak suretiyle belirlenmiştir (Olsen and Summer 1982). Toprakların değişebilir katyonları Amonyum Asetatla (1 N, pH=7,0) çalkalanıp ekstrakte edildikten sonra Na ve K, Ca, Mg ICP-OES Inductively Couple Plasma spectrophometer (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) ile okunmak suretiyle belirlenmiştir (Rhoades, 1982).

Araştırmadan elde edilen veriler JMP 5.0.1 istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiş ve varyans analizinin sonucunda önemli çıkan

ortalamalar ise LSD testine göre gruplandırması yapılmıştır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

*Noaea mucronata* bitkisinin taç içi ve taç dışında kalan alanlarının 0-20 cm, 20-40 cm ve 40-60 derinliklerinden alınan toprak örneklerinde pH, EC, kireç, organik madde, azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum içeriklerine ait istatistik analiz sonuçları ve ortalama değerler Çizelge 2, 3, 4, 5 ve 6'da sunulmuştur. Çizelgeler incelendiğinde, *Noaea mucronata* bitkisinin taç içi ile taç dışı alanlarının pH değeri, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri bakımından birbirinden farklı olduğu, toprağın EC, kireç, organik madde, azot, fosfor ve sodyum içerikleri bakımından ise benzer oldukları görülmektedir.

Çizelge 2. *Noaea mucronata*'nın toprağın pH ve EC içeriklerine etkileri

Derinlik (D)	pH (1:2.5 <sup>-1</sup> )			EC (dS m <sup>-1</sup> )		
	Taç içi/Dışı (T)			Taç içi/Dışı (T)		
	Taç içi	Taç dışı	D Ort.	Taç içi	Taç dışı	Derinlik Ort.
0-20	7.73	8.16	7.95	1.57	1.75	1.67
20-40	7.97	8.14	8.05	1.64	1.69	1.66
40-60	7.81	8.11	7.96	1.76	1.70	1.73
T Ort.	7.84 b	8.14 a		1.66	1.71	
	% CV (Varyasyon katsayısı)= 1.87			% CV (Varyasyon katsayısı)= 10.47		
F Değeri ve Önemlilik	D= 0.907 öd	T= 17.635 **	DxT int.= 1.178 öd	D= 0.289 öd	T= 0.441 öd	DxT int.= 0.672 öd
LSD Değerleri	LSD <sub>T</sub> =0.157					

\*\* İşaretli F değerleri %1 ihtimal sınırlarında önemli, öd: önemli değil (istatistiksel olarak)

Bu sonuçlara göre en yüksek pH değeri (8.14) ve kalsiyum oranı (%5.41) taç dışından, potasyum içeriği (%0.34) ve magnezyum içeriği (%0.43) ise taç içinden belirlenmiştir (Çizelge 2). Bilindiği üzere pH değeri düştükçe asidik bir ortam, pH değeri arttıkça de bazik bir ortam oluşmaktadır. Dolayısıyla taç içinden alınan topraklar taç dışından alınan topraklara göre daha düşük pH derecesine sahip

olmuştur. Bunda taç içine dökülen bitki kalıntılarının zaman içerisinde mikroorganizmalar tarafından parçalanıp mineralize olmasının büyük bir etkisi vardır. Ayrıca organik maddelerinin mineralize olması, taç içi toprakların potasyum ve magnezyum içeriklerinin daha yüksek olmasına neden olmuş olabilir.

Çizelge 3. *Noaea mucronata*'nın toprağın kireç ve organik madde içeriklerine etkileri

Derinlik (D)	Kireç (%)			Organik madde (%)		
	Taç içi/Dışı (T)			Taç içi/Dışı (T)		
	Taç içi	Taç dışı	Derinlik Ort.	Taç içi	Taç dışı	Derinlik Ort.
0-20	8.76	8.01	8.39	0.17	0.16	0.16
20-40	10.10	8.27	9.18	0.14	0.14	0.14
40-60	9.70	8.87	9.28	0.15	0.16	0.15
Taç içi/dışı Ort.	9.52	8.38		0.15	0.15	
	% CV (Varyasyon katsayısı)= 12.92			% CV (Varyasyon katsayısı)= 21.93		
F Değeri ve Önemlilik	D= 1.166 öd	T= 4.343 öd	DxT int.= 0.406 öd	D= 0.821 öd	T= 0.004 öd	DxT int.= 0.148 öd
LSD Değerleri						

öd: önemli değil (istatistiksel olarak)

Çizelge 4. *Noaea mucronata*'nın toprağın azot ve fosfor içeriklerine etkileri

Derinlik (D)	Azot (ppm)			Fosfor (ppm)		
	Taç içi/Dışı (T)			Taç içi/Dışı (T)		
	Taç içi	Taç dışı	Derinlik Ort.	Taç içi	Taç dışı	Derinlik Ort.
0-20	87.40	80.59	84.00	29.67	22.85	26.26
20-40	75.45	79.54	77.49	31.68	29.52	30.60
40-60	77.32	76.78	77.05	29.62	32.61	31.16
Taç içi/dışı Ort.	80.06	78.97		30.32	28.32	
	% CV (Varyasyon katsayısı)= 8.40			% CV (Varyasyon katsayısı)= 25.64		
F Değeri ve Önemlilik	D= 0.181 öd	T= 2.033 öd	DxT int.= 1.004 öd	D= 0.753 öd	T= 0.316 öd	DxT int.= 0.638 öd
LSD Değerleri	öd önemli değil (istatistiksel olarak)					

Çizelge 5. *Noaea mucronata*'nın toprağın potasyum ve kalsiyum içeriklerine etkileri

Derinlik (D)	Potasyum (%)			Kalsiyum (%)		
	Taç içi/Dışı (T)			Taç içi/Dışı (T)		
	Taç içi	Taç dışı	Derinlik Ort.	Taç içi	Taç dışı	Derinlik Ort.
0-20	0.34	0.20	0.27	4.16 bc	6.36 a	5.26 a
20-40	0.31	0.21	0.26	4.66 b	6.15 a	5.40 a
40-60	0.37	0.23	0.30	4.15 bc	3.73 c	3.94 b
Taç içi/dışı Ort.	0.34 a	0.21 b		4.32 b	5.41 a	
	% CV (Varyasyon katsayısı)= 10.46			% CV (Varyasyon katsayısı)= 7.32		
F Değeri ve Önemlilik	D= 3.084 öd	T= 80.321 **	DxT int.= 0.908 öd	D= 30.604 **	T= 42.010 **	DxT int.= 21.64 **
LSD Değerleri	LSD <sub>T</sub> =0.03			LSD <sub>T</sub> =0.37	LSD <sub>D</sub> =0.46	LSD <sub>TxD int.</sub> =0.65
	** İşaretili F değerleri %1 ihtimal sınırlarında önemli, öd önemli değil (istatistiksel olarak)					

Çizelge 6. *Noaea mucronata*'nın toprağın Magnezyum ve Sodyum İçeriklerine Etkileri

Derinlik (D)	Magnezyum (%)			Sodyum (%)		
	Taç içi/Dışı (T)			Taç içi/Dışı (T)		
	Taç içi	Taç dışı	Derinlik Ort.	Taç içi	Taç dışı	Derinlik Ort.
0-20	0.38 b	0.34 b	0.36	0.39	0.33	0.36 b
20-40	0.45 a	0.35 b	0.40	0.32	0.28	0.30 b
40-60	0.46 a	0.25 c	0.35	0.44	0.47	0.45 a
Taç içi/dışı Ort.	0.43 a	0.31 b		0.38	0.36	
	% CV (Varyasyon katsayısı)= 10.18			% CV (Varyasyon katsayısı)= 17.15		
F Değeri ve Önemlilik	D= 2.681 öd	T= 41.698 **	DxT int.= 7.023 **	D= 8.532 **	T= 0.824 öd	DxT int.= 0.816 öd
LSD Değerleri	LSD <sub>T</sub> =0.04	LSD <sub>TxD int.</sub> =0.07		LSD <sub>D</sub> =0.08		
	** İşaretili F değerleri %1 ihtimal sınırlarında önemli, öd önemli değil (istatistiksel olarak)					

Nitekim organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından parçalanmasının bir sonucu olarak toprak pH'sının düşebileceği ve açığa çıkan potasyum ve magnezyum gibi elementler toprak verimliliğine katkı sağlayacağı bildirilmiştir (Gençtan, 2012). Farklı coğrafik bölgelerde Ebu Cehil çalısı üzerine yapılan çalışmalarda da, taç içi kısımlarındaki toprakların potasyum ve magnezyum içeriklerinin yüksek, pH değerinin ise düşük olduğunu belirlemişlerdir (Noureen et al., 2008; Oktay ve Temel 2015). Yine farklı çalı ve ağaç türlerinde yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiş (Noureen et al., 2008; Gençtan, 2012; Parlak vd.,

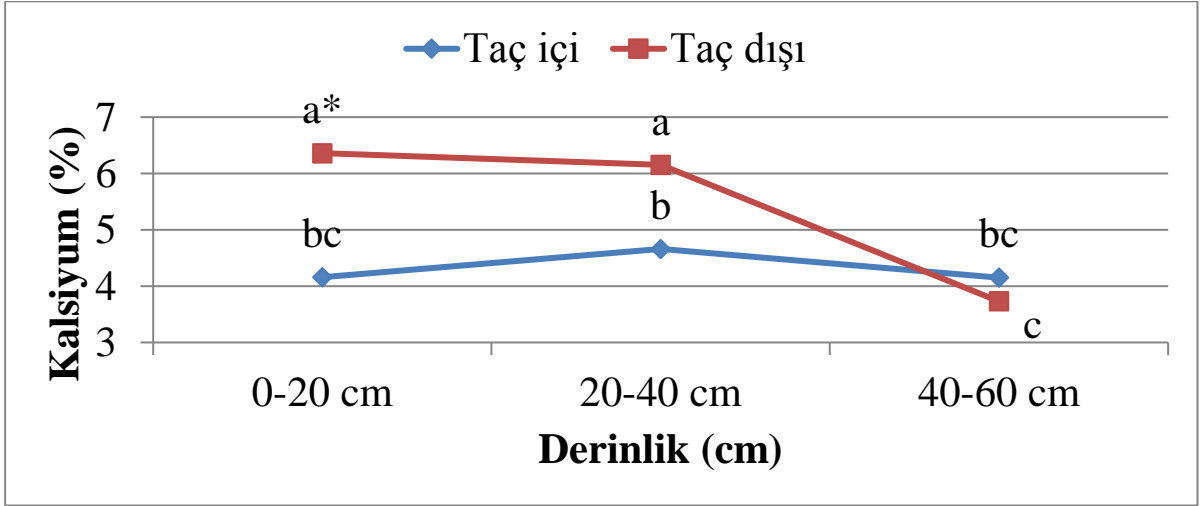
2012) ve bu sonuçlar mevcut çalışma bulgularımızı destekler niteliktedir. Çalı ve ağaçlar türleri kök yapıları ve toprak üstü organları sayesinde toprağın organik maddesinin artmasına neden olmaktadır (Tan ve Temel, 2012). *Acacia mellifera* ssp. *detinens* bitkisiyle yapılan bir çalışmada taç içindeki toprakların kalsiyum içeriği yüksek olduğu, taç dışına doğru gidildikçe kalsiyum içeriğinde azalma olduğu belirlenmiştir (Hagos and Smith, 2005). Belsky et al. (1989) tarafından yapılan bir çalışmada ağaç diplerindeki toprakların K ve Ca içeriğinin, mera topraklarının K ve Ca içeriklerine göre yüksek olduğunu tespit etmiş ve bunun nedeninin ağaç

diplerinin daha düşük toprak sıcaklığına sahip olması ve toprak verimliliğinin daha yüksek olmasıyla izah etmiştir.

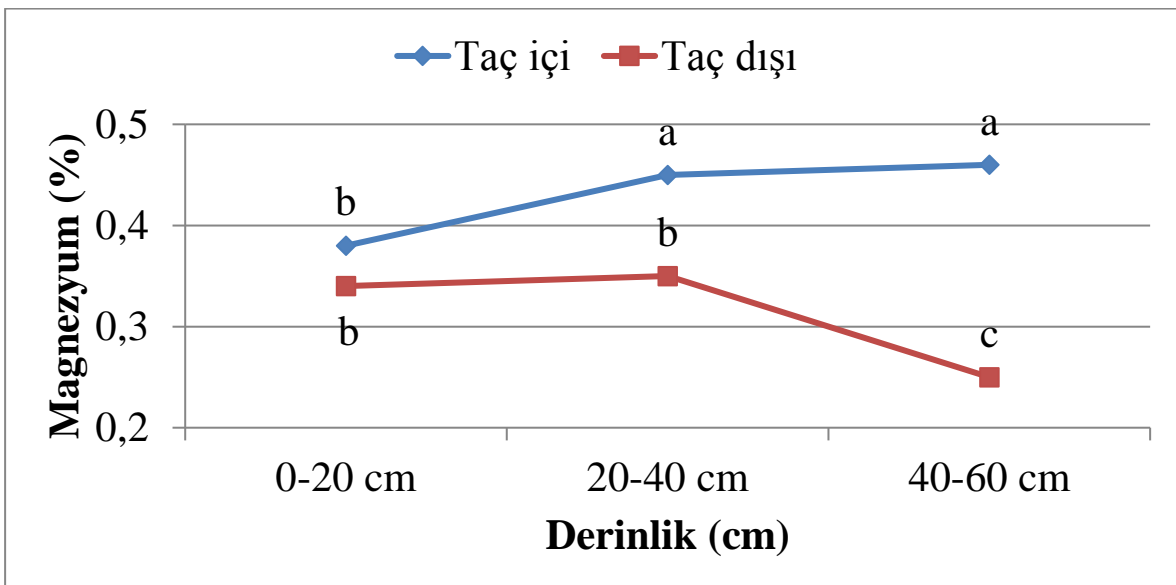
Derinlik açısından incelendiğinde 0-20 cm, 20-40 cm ve 40-60 cm derinliklerinde alınan toprakların sadece kalsiyum (Ca) ve sodyum (Na) içerikleri önemli derecede farklılık gösterirken (Çizelge 5, 6), toprağın pH, EC, kireç, organik madde, azot, fosfor, potasyum ve magnezyum içerikleri yönünden önemli değişiklikler olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 2, 3, 4). Bu sonuçlara göre en yüksek kalsiyum içeriği (%5.26 ve %5.40) 0-20 cm ve 20-40 cm toprak derinliklerinde, sodyum (% 0.45) içeriği ise 40-60 cm derinliğinden alınan topraklarda ölçülmüştür. Üst

toprak katında kalsiyum yüzdelерinin fazla olması, toprağın üst kısmına dökülmüş olan bitki kalıntılarının ayrıştırıcılar tarafından parçalanması ve bünyesindeki kalsiyum iyonlarının açığa çıkmasından kaynaklanmış olabilir .

*Noaea mucronata* bitkisinin taç içi/taç dışı x derinlik interaksiyon etkileri sadece kalsiyum ve magnezyum içeriklerinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5, 6). Şekil 1 incelendiğinde en yüksek Ca içeriği taç dışından alınan 0-20 cm (%6.36) ile 20-40 cm (%6.15) derinliğindeki topraklardan, en düşük değer ise 40-60 cm (%3.73) derinliğinde taç dışından alınan topraklarda ölçülmüştür.



Şekil 1. Kalsiyum içeriği üzerine örnekleme deseni x derinlik interaksiyonunun etkisi



Şekil 2. Magnezyum içeriği üzerine örnekleme deseni x derinlik interaksiyonunun etkisi

Magnezyum açısından incelendiğinde ise, en yüksek değerler 40-60 cm (%0.46) ile 20-40 cm (%0.45) derinliğinde taç içinden alınan topraklarda ölçülmüş ve istatistiki olarak bu iki derinlik aynı grupta yer almıştır. En düşük magnezyum oran ise taç dışından alınan 40-60 cm (%0.25) derinliğindeki topraktan ölçülmüştür (Şekil 2).

## SONUÇ

Araştırma sonuçlarına göre *Noaea mucronata* bitkisinin sahip olduğu taç alanı, toprakların sadece pH, kalsiyum, elverişli potasyum ve magnezyum içeriği üzerine bir etki yapmıştır. Diğer parametreler açısından her hangi bir farklılık oluşturmamıştır. Bunun iki sebebi olabilir. İlki, araştırma sahasındaki hakim rüzgarların etkisiyle toprak hareketliliğinin sürekli olması, ikincisi ise *Noaea mucronata* bitkisinin düşük taç izdüşümü veya kanopi alanına sahip olmasındandır. *Noaea mucronata*'nın taç içerisinde kalan topraklarda pH ve kalsiyum içeriği daha düşük olmuş, diğer taraftan potasyum ve magnezyum içeriği ise daha yüksek olmuştur. Diğer taraftan toprak derinliklerine bağlı olarak kalsiyum ve sodyum içeriklerinde önemli değişimler gözlenirken, araştırmada incelenen diğer özelliklerde herhangi bir değişim olmamıştır.

## KAYNAKLAR

- Ahmad, K., Ashraf, M., Khan, Z.I., Valeem R.E., 2008. Evaluation of Macro-Mineral Concentrations of Forages in Relation to Ruminants Requirements: A Case Study in Soone Valley, Punjab. Pakistan. Pak. J. Bot, 40 (1): 295-299.
- Altın, M., Gökkuş, A., Koç, A., 2011. Çayır ve Mera Yönetimi 2. Cilt (Temel İlkeler). Tarım ve Köyişleri Bakanlığı TÜGEM yayınları. s: 84-88, Ankara.
- Anonim, 2015. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Arshad, M.A., Martin, S., 2002. Identifying Critical Limits for Soil Quality Indicators in Agro-Ecosystem. Agriculture Ecosystems and Environment, 88: 153-160.
- Belsky A.J., Amundson, J.G., Duxbury, J.M., Riha, S.J, Ali, A.R., Mwonga, S.M., 1989. The effect of trees on their physical, chemical and biological environments in a semi-arid savanna in Kenya. Journal of Applied Ecology, 26 (3): 1005-1024.
- Bremner, J.M., Mulvaney, C.S., 1982. Nitrogen Total. Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2. Edition pp. 597-622.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 143. s: 6-11, Erzurum.
- Doran, J.W., Parkin, T.B., 1994. Defining and assessing soil quality. p. 3-21. In: Doran JW, Coleman DC, Bezdicek DF, Stewart BA, Editors, Defining Soil Quality for a sustainable Environment. Soil Science Society of America Special Publication 35, ASA-SSSA, Madison, WI.
- Gençtan, T., 2012. Tarımsal Ekoloji. Namık Kemal Üniv. Ders Kitabı. Genel Yayın: 6 Yayın No: 3, Tekirdağ.
- Ghazanfar, S., Latif, A., Mirza, I.H., Nadeem, M.A., 2011. Macro-Minerals Concentrations of Major Fodder Tree Leaves and Shrubs of District Chakwal, Pakistan. Pak. J. Nutr., 10 (5): 480-484.
- Gökkuş, A., Koç, A., 2001. Mera ve Çayır Yönetimi. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Ofset Tesisi, Erzurum.
- Hagos, M.G., Smith, G.N., 2005. Soil enrichment by *Acacia mellifera* subsp. *detinens* on nutrient poor sandy soil in a semi-arid southern African savanna. Journal of Arid Environments, 61: 47-59.
- Karlen, D.L., Andrews, S.S. Wienhold, B.J., Doran, J.W., 2003. Soil quality: Humankind's foundation for survival. J. Soil Water Conserv. 58: 171-179.
- Koç, A., Gökkuş, A., Serin, Y., 1994. Türkiye'de Çayır-Mera'aların Durumu ve Erozyon Yönünden Önemi. Ekoloji ve Çevre Dergisi, 13: 36-41.
- Louhaichi, M., Salkini, A.K., Petersen, S.L., 2009. Effect of small ruminant grazing on the plant community characteristics of semiarid Mediterranean ecosystems. Int. J. Agric. Biol., 11: 681-689.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2. Edition P: 191-197.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Organic Matter. Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2. Edition pp. 574-579.
- Nortcliff, S., 2002. Standardisation of soil quality attributes. Agriculture, Ecosystems and Environment, 88: 161-168.
- Noureen, S., Arshad, M., Mahmood, K., Ashraf, M.Y., 2008. Improvement in Fertility of Nutritionally Poor Sandy Soil of Cholistan Desert, Pakistan by *Calligonum Polygonoides* Linn. Pak. J. Bot., 40 (1): 265-274.

- Oktaç, G., 2014. Iğdır Ekolojik Koşullarında Yetişen Ebu Cehil (*Calligonum polygonoides* L. ssp. *comosum* (L'Her.)) Çalışının Yıllık Besin İçeriği Değişiminin ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Oktaç, G., Temel, S., 2015. Ebu Cehil (*Calligonum polygonoides* L. ssp. *comosum* (L'Her.)) Çalışının Yıllık Yem Değerinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32 (1): 30-36.
- Olsen, S.R. and Sommers, L.E., 1982. Phosphorus. In: Methods of Soil Analysis, Part 2, A.L., R.H. Miller and R.D. Keeney. Soil Sci. Soc. of Agron., 404 p.
- Özdoğan, N., 1976. Rüzgâr Erozyonu ve Rüzgâr Erozyonu Sahalarında Alınacak Başlıca Tedbirler. Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları, 306, Ankara.
- Parlak, M., Gökkuş, A., Parlak, A.Ö., 2012. Çanakkale Meralarında Bazı Çalıların Toprak Özelliklerine Etkileri. Toprak Su Dergisi, 1 (2): 88-98.
- Rhoades, J.D., 1982. Exchangeable Cations. Methods of Soil Analysis Part2. Chemicaland microbiological properties second edition. Agronomy. No: 9, Part 2, Edition pp. 159-164.
- Sağlam, M.T., 1994. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fak. Yayın No; 189, Yardımcı Ders Kitabı, No: 5.
- Sevim, Z., 1999. Iğdır Aralık'ta Rüzgâr Erozyonu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü, Erzurum.
- Sezen, Y., 2002. Toprak Verimliliği. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 339, Erzurum, 13 s.
- Tan, M., Temel, S., 2012. Alternative Feed Crops. Atatürk University Agricultural Faculty Course Publications, No: 246, pp. 195-207.
- Temel, S., Şimşek, U., 2011. Iğdır Ovası Toprakların Çoraklaşma Süreci ve Çözüm Önerileri. Alınteri, 21 (B): 53-59.
- Temel, S., Tan, M., 2011. Fodder Values of Shrub Species in Maquis in Different Altitudes and Slope Aspects. J. Anim. Plant Sci., 21 (3): 508-12.

## Zeolitin Farklı Tekstür Sınıfındaki Toprakların Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri

Ekrem Lütfi AKSAKAL\*<sup>ID</sup> Yeliz BUDAK

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Erzurum, Türkiye

(\*Sorumlu yazar e-mail: elaksakal@atauni.edu.tr)

DOI: 10.17097/ataunizfd.480777

Geliş Tarihi (Received Date): 09.11.2018

Kabul Tarihi (Accepted Date): 14.05.2019

**ÖZ:** Toprağın fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi için pek çok organik ve inorganik toprak düzenleyici kullanılmasına rağmen zeolitin toprak fiziksel özellikleri üzerine etkilerini ortaya koyan araştırmalar çok sınırlıdır. Bu çalışma, kil (toprak I), tın (toprak II) ve kumlu tın (toprak III) tekstür sınıfındaki toprakların bazı fiziksel özellikleri üzerine zeolit (klinoptilolit) uygulamalarının etkilerini ortaya koymak amacıyla laboratuvar şartlarında yürütülmüştür. Zeolit uygulamaları ortalama ağırlıklı çap değerlerini toprak I'de 9.24 mm'den 5.06 mm'ye, toprak II'de 5.16 mm'den 4.14 mm'ye düşürürken, toprak III'de 2.61 mm'den 2.77 mm'ye yükseltmiştir. Zeolit uygulamaları araştırma topraklarının tüm agregat fraksiyonlarında agregat stabilitesi değerlerini önemli seviyede artırırken, dispersiyon oranını ise önemli seviyede düşürmüştür. Genel ortalama agregat stabilitesi değeri kontrolde %26.64 iken zeolit uygulama dozunun artışı ile artış göstermiş, %5 uygulama dozunda %43.51 olarak belirlenmiş ve kontrole göre %63 oranında artışın meydana geldiği belirlenmiştir. Zeolit uygulamaları topraklarının hacim ağırlıklarını önemli ölçüde düşürdüğü, porozite ve hidrolik iletkenlik değerlerini ise önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Genel ortalama, kontrol seviyesinde hacim ağırlığı değeri 1.16 g cm<sup>-3</sup> iken %1, 3 ve 5 zeolit uygulamaları sonrasında 1.10, 1.08 ve 1.06 g cm<sup>-3</sup> olarak ölçülmüştür. Genel ortalama, kontrol seviyesinde hidrolik iletkenlik değeri 21.45 cm h<sup>-1</sup> iken %1, 3 ve 5 zeolit uygulamaları sonrasında 27.04, 30.51 ve 38.37 cm h<sup>-1</sup>'e yükseldiği belirlenmiştir. Sonuçlar, toprağın fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla zeolitin toprak düzenleyici olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Zeolit, Agregat büyüklük dağılımı, Agregat stabilitesi, Dispersiyon oranı, Hacim ağırlığı, Hidrolik iletkenlik

### Effects of Zeolite on Physical Properties of Different Textured Soils

**ABSTRACT:** Despite the use of several organic and inorganic soil conditioners for development of the physical properties of the soil, the investigations on the effects of zeolite on soil physical properties are very scarce. This laboratory study was carried out to determine the effects of zeolite (clinoptilolite) with different rates on soil physical properties in soils with different textures [clay (soil I), loam (soil II), sandy loam (soil III)]. Mean weight diameter of soil I decreased from 9.24 mm to 5.06 mm with zeolite application. These values were obtained as 5.16 mm to 4.14 mm and 2.61 mm to 2.77 mm for soils II and III, respectively. Zeolite applications significantly increased aggregate stability of all the soils in all aggregate size fractions as compared to the controls. Dispersion ratio of soils amended with zeolite showed significant decreases. Whereas the aggregate stability of control was 26.64%, it increased to 43.51% with 5% zeolite application, which is almost 63% greater than that of control. Zeolite applications on all three soils significantly decreased bulk density and increased porosity and hydraulic conductivity. When means were compared it is seen that the control bulk density value (1.16 g cm<sup>-3</sup>) decreased to 1.10, 1.08 and 1.06 g cm<sup>-3</sup> with 1%, 3 and 5 zeolite application, respectively. While the hydraulic conductivity was determined as 21.45 cm h<sup>-1</sup> in control, it was determined as 27.4, 30.51 and 38.37 cm h<sup>-1</sup> for 1%, 3 and 5 zeolite application rates, respectively. Results have shown that zeolite can be used as an amelioration material to improve soil physical properties.

**Keywords:** Zeolite, Aggregate size distribution, Aggregate stability, Dispersion ratio, Bulk density, Hydraulic conductivity

### GİRİŞ

Nüfus artışına paralel olarak ihtiyaçların artması kullanılabilir sınırlı tarım alanlarında uygulanan tarımsal faaliyetlerin yoğunluğunu ve tarım alanları üzerindeki baskıyı artırmıştır. Artan yoğun tarımsal uygulamalar toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik dengesinin bozulmasına, verimlilik ve üretkenlik potansiyelinin tahrip olmasına neden olmuştur. Verimlilik ve üretkenlik parametreleri bakımından tahrip olmuş tarım topraklarının yerine alternatifinin bulunamamış olması, toprakların verimlilik ve üretkenliğinin bozulmasına yol açan süreç ve faktörlerin belirlenmesi, tahrip olmuş toprakların ıslahı ve üretkenliğinin yeniden sağlanabilmesi için yapılması gereken sürdürülebilir tarımsal faaliyetlerin araştırılmasını zorunlu hale getirmiştir. Sürdürülebilir tarımsal faaliyetler ise

ancak erozyonun önlenmesi, toprağın bozulan fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi ile toprak kalitesinin artırılması, fonksiyonlarını optimal seviyede yerine getirebilmesi ve gelecekteki kullanımlar için iyi yönetilmesi ve bozulmasının önlenmesi ile mümkün olabilmektedir.

Toprak fiziksel özelliklerinin geliştirilmesi ve stabil agregatların oranını artırarak erozyonun azaltılması, bitkilere daha uygun bir gelişme ortamı ve daha yüksek üretkenlik sağlamak amacıyla ahır gübresi ve kompost gibi organik atıkların toprağa ilave edilmesi en yaygın yöntem olarak uygulanmaktadır (Wallace and Terry, 1998; Hosseinpur et al., 2012). Ayrıca, son yıllarda polivinilalkol ve poliakrilamid gibi yapay kimyasal

kompleksler ile diatomit, vermikülit ve perlit gibi doğal katkı maddeleri de geniş ölçüde deneme ve uygulamaya alınmıştır (Zhao and Xu, 1995; Sojka and Lentz, 1997). Ancak, toprak düzenleyicisi olarak doğal zeolitin toprak fiziksel özellikleri üzerine etkilerini ortaya koymak için yapılmış çalışmalar çok sınırlı düzeydedir.

Isıtıldıklarında yapılarında bulunan suyun çıkarken köpürmesinden dolayı Yunanca “kaynayan taş” anlamına gelen zeolit, ilk olarak 1756 yılında İsveç’li kimyager ve mineralog Axel Fredricka Cronstedt tarafından bulunmuştur. Doğada 48 zeolit minerali türü tespit edilmesine rağmen 7 tür (klinoptilolit, mordenit, şabazit, erionit, ferrierit, flipsit ve analisit) bol miktarlarda ve yüksek saflıkta bulunmaktadır. Klinoptilolit tarımsal uygulamalarda toprak düzenleyici olarak en yaygın kullanılan zeolit türüdür (Wehtje et al., 2003; Wang and Peng 2010).

Zeolit, volkanik küllerin su ortamında değişime uğramasıyla oluşmuş doğal bir mineraldir. Zeolit mineralleri, alkali ve toprak alkali kationların  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  gibi elementleri değişebilir formda içeren, birbirine oksijen atomlarını paylaşarak bağlanan tetrahedral  $(SiO_4)^{-4}$  ve  $(AlO_4)^{-5}$ ’in sınırsız uzayabilen üç boyutlu ağından oluşan sulu aluminosilikat yapısındadır. Yapıları bal peteği, kafese benzeyen, geniş iç ve dış yüzey alanlara sahip mikro gözenekli yapıdadır. Zeolitlerin genel formülü  $x[(M^+, M^{++}).(AlO_2)].ySiO_2.zH_2O$  şeklinde olup,  $M^+$ ;  $Na^+$ ,  $K^+$  gibi tek değerlikli kationları ve  $M^{++}$  ise  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  gibi iki değerlikli kationları simgelemektedir (Chon et al., 1996).

Zeolitler, yüksek iyon değişim kapasiteleri, gözenekli yapısı, moleküler elek olma özelliği, katalizör özelliği, düşük yoğunluğu ve dehidratasyon özelliğinden dolayı inşaat, yer bilimleri, fizik, kimya, ziraat, hayvancılık ve sağlık sektörü gibi çok çeşitli alanlarda kullanılabilir (Chon et al., 1996; Wang and Peng, 2010).

Zeolitlerin iyon değişim kapasiteleri ile adsorpsiyon kapasitelerinin yüksek olması, iyon seçicilik özelliğinin olması, yarayışlı elementlerin hemen hepsini ve suyu bünyesinde depolayarak bitkilerin gerektiği zaman kullanmasına olanak veren özelliğinden dolayı toprak düzenleyicisi olarak kullanılmalarına olanak sağlamaktadır (Susana et al., 2015). Zeolit uygulamalarının toprakların kation değişim kapasitelerini (DeSutter and Pierzynski, 2005), bitki besin elementi ve su tutma kapasitelerini (Dwyer and Dyer, 1984), yarayışlı N, P, Ca ve Mg

miktarlarını (Abdi et al., 2006), kullanılan gübrelerin etkinliğini (Bansiwal et al., 2006), mikrobiyal aktivite ve mikrobiyal biyokütleyi artırarak (Chander and Joergensen, 2002), besin elementlerinin yıkanmasını ve topraktan kaybını azaltarak (Kithome et al., 1998) daha iyi bitki gelişimi sağladığı ve verimi artırdığı bildirilmektedir. Zeolitin bitki besin elementlerinin topraktan yıkanmasını azalttığı ve besin elementlerinin etkinliğini artırdığı için çalışmaların özellikle bitkisel gelişim ile üretimi ve toprak verimliliği üzerine yoğunlaşmasına neden olmuştur (Allen et al., 1995; Leggo, 2000; Torma et al., 2014).

Toprak strüktürü bitki büyüme faktörü olmamasına rağmen, bitki büyümesi ile dolaylı olarak yakından ilgili olmasından dolayı sürdürülebilir tarım için korunması ve geliştirilmesi zorunludur. Strüktürel parametreler toprakların su ve hava geçirgenliklerini, su ve hava kapasitelerini, bitki besin elementlerinin yarayışlılığını, mikroorganizma aktivitesini, kök nüfuzunu, toprağın işlenme kolaylığını önemli ölçüde etkilemektedir (Bronick and Lal, 2005). Toprak düzenleyicisi olarak doğal zeolitin toprak fiziksel özellikleri üzerine etkilerini belirlemek için yapılan çalışmaların çok sınırlı düzeyde olmasından dolayı; bu çalışmada, zeolitin farklı tekstüre sahip toprakların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkilerini ortaya koymak amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Araştırma toprakları

Araştırmada bazaltik, kireçtaşı ve kollulüvial ana materyal üzerinde oluşmuş Haplustert, Ustorthent ve Fluvaquent büyük toprak gruplarına ait topraklar kullanılmıştır. Toprak örnekleri benzer toprak nem ve sıcaklık rejimine sahip, %2-4 hafif eğimli tarım arazilerinin 0-20 cm’lik işleme katmanından alınmıştır. Araştırma konusu topraklara ait tanımlayıcı bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 1’de verilmiştir.

### Zeolit (Klinoptilolit)

Araştırmada tektosilikat yapısında tabakalı yapı gösteren zeolit (Klinoptilolit) kullanılmıştır. Kullanılan klinoptilolit %95 saflıkta olup (%5 oranında kristobalit ve tridimit içermekte) kimyasal formülü  $(Ca,K_2,Na_2,Mg)_4Al_3Si_{14}O_{96}.24H_2O$ ’dir. Klinoptilolit bazı özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.



Çizelge 1. Araştırma topraklarının ve zeolitin bazı tanımlayıcı özellikleri

Parametreler	Toprak I	Toprak II	Toprak III	Zeolit
Kil (%)	61.39±1.29	25.68±1.20	13.64±0.60	
Silt (%)	21.31±0.03	41.96±1.50	24.93±1.14	
Kum (%)	17.30±1.25	32.36±1.28	61.43±1.32	
Tekstür sınıfı	Kil	Tın	Kumlu tın	
Büyük toprak grubu	Haplustert	Fluvaquent	Ustorthent	
Tarla kapasitesi (%)	44.12±1.21	26.96±1.15	19.12±0.93	
KDK (cmol kg <sup>-1</sup> )	52.94±1.30	30.73±0.96	19.25±0.71	83.69±1.45
CaCO <sub>3</sub> (%)	1.49±0.02	2.14±0.06	0.65±0.03	1.23±0.07
Organik madde (%)	1.44±0.07	1.51±0.11	1.96±0.09	0.18±0.03
pH <sup>§</sup>	7.46±0.02 <sup>§</sup>	7.59±0.04 <sup>§</sup>	7.24±0.06 <sup>§</sup>	7.41±0.08 <sup>§</sup>
EC (mS cm <sup>-1</sup> ) <sup>ψ</sup>	1.19±0.04 <sup>ψ</sup>	1.03±0.02 <sup>ψ</sup>	0.59±0.04 <sup>ψ</sup>	0.49±0.02 <sup>ψ</sup>
Tane yoğunluğu (g cm <sup>-3</sup> )	2.67±0.02	2.63±0.02	2.66±0.02	2.31±0.03
Hacim ağırlığı (g cm <sup>-3</sup> )	1.06±0.05	1.17±0.03	1.26±0.04	0.72±0.04

<sup>§</sup> 1:2.5 (toprak:su) süspansiyonda belirlenmiştir.

<sup>ψ</sup> Saturasyon ekstraktında belirlenmiştir.

#### Denemenin kurulması

Araştırmada kullanılan toprak örnekleri, araziden getirilerek laboratuvar şartlarında kurutulmuş ve 8 mm'lik elekten geçirilmiştir. Toprak örnekleri fırın kuru ağırlık esasına göre kil tekstür sınıfı toprak için 14000 g (Toprak I), tın tekstür sınıfı toprak için 16000 g (Toprak II) ve kumlu tın tekstür sınıfı toprak için 17000 g (Toprak III) tartılmıştır. Toprak örneklerine 0.5 mm'den elenmiş fırın kuru ağırlık esasına dört farklı dozda (%0, %1, %3 ve %5) zeolit uygulanmış ve homojen karışımları sağlanmıştır. Toprak-zeolit karışımları 40 cm uzunluğunda, 25 cm genişliğinde ve 15 cm derinliğindeki plastik kaplara yerleştirilmiştir. Denemede 3 toprak × 4 doz × 3 tekrür olarak toplamda 36 örnek üzerinde çalışılmıştır. Plastik kaplara yerleştirilen toprak-zeolit karışımları yaklaşık tarla kapasitesi nem seviyesinde bağıl nemin %60±5 ve ortalama sıcaklığın 25±2°C olduğu laboratuvar koşullarında 4 ay inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sürecinde örneklerin nem içerikleri sürekli olarak kontrol edilerek buharlaşmadan meydana gelen kayıplar için 3'er gün arayla tarla kapasitesinde olacak şekilde su ilavesi yapılmıştır. Inkübasyon periyodu sonrasında deneme kaplarındaki topraklar yaklaşık tarla kapasitesi nem seviyesinde iken 100 cm<sup>3</sup>'lük silindireler ile bozulmamış toprak örnekleri alınarak hacim ağırlığı (HA), porozite ve hidrolik iletkenlik (HI) değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, deneme toprakları hava kuru su nem seviyesine kadar kurduğunda ise küre ile bozulmuş toprak örnekleri alınarak agregat büyüklük dağılımı (ABD), ortalama ağırlık çap (OAC), agregat stabilitesi (AS) ve dispersiyon oranı (DO) değerleri belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan zeolit dozları Xiubin and Zhanbin (2001), Sepaskhah and Barzegar

(2010), Razmi and Sepaskhah (2012), Susana et al. (2015) tarafından yapılan çalışma sonuçları değerlendirilerek belirlenmiştir.

#### Analiz yöntemleri

Tane büyüklük dağılımı Bouyoucos Hidrometre yöntemiyle (Gee and Bauder, 1986), kation değişim kapasitesi sodyum asetatla (1N, pH=8.2) sodyum adsorbsiyonu sağlandıktan sonra, amonyum asetatla (1N, pH=7.0) ekstrakte edilen solusyonlarda alev fotometresiyle Na<sup>+</sup> okuması yapılarak belirlenmiştir (Rhoades, 1982a). Kireç içeriği Scheibler kalsimetresi kullanılarak (Nelson, 1982), organik madde içeriği Smith-Weldon yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson and Sommers, 1982). pH ölçümleri 1:2.5 toprak:su süspansiyonunda (McLean, 1982), EC ölçümleri saturasyon macunundan elde edilen ekstraksiyon süzüklerinde elektrikli kondüktivite aleti kullanılarak yapılmıştır (Rhoades, 1982b). Tane yoğunluğu piknometre yöntemiyle (Blake and Hartge, 1986a), hacim ağırlığı 100 cm<sup>3</sup>'lük bozulmamış örnekler alınarak belirlenmiştir (Blake and Hartge, 1986b). Tane yoğunluğu ve hacim ağırlığı değerleri kullanılarak porozite hesaplanmıştır (Danielson and Sutherland, 1986). Tarla kapasitesi basınçlı tablada -0.033 MPa basınç altında toprak örneklerinin hidrolik dengeye gelmesinden sonra hacim esasına göre belirlenmiştir (Cassel and Nelson, 1986). Kuru agregat büyüklük dağılımı Rotary eleği (<0.42, 0.42-0.84, 0.84-2.0, 2.0-6.4, 6.4-12.7 ve >12.7 mm) kullanılarak belirlenmiş ve daha sonra aşağıdaki eşitlik kullanılarak kuru ortalama ağırlık çap hesaplanmıştır (Kemper and Rosenau, 1986).

$$OAC_{\bar{z}} = \sum_{i=1}^n \bar{X}_i \cdot W_i$$

$X_i$  : Herbir agregat fraksiyonunun ortalama çapı, mm

$W_i$  :  $X_i$  ortalama çaptaki büyüklük sınıfına ait agregatların oranı, %

Agregat stabilitesi Yoder tipi ıslak eleme aleti kullanılarak belirlenmiştir (Kemper and Rosenau, 1986). Örneklerinin dispers edilmesinden önce ve sonra kil+silt fraksiyonları hidrometre ile ölçülmüş ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak dispersiyon oranı hesaplanmıştır (Lal, 1988).

$$DO = \frac{\text{Süspansiyonda ölçülen toplam (kil + silt)}}{\text{Mekanik analizde ölçülen toplam (kil + silt)}} \times 100$$

Hidrolik iletkenlik doygun koşullarda sabit su seviyeli permeametre yöntemi ile belirlenmiştir (Klute and Dirksen, 1986).

### İstatistiksel değerlendirme

Muamele faktörlerinin incelenen parametreler üzerindeki etki değerlerini belirlemek için SPSS istatistik paket programı kullanılarak ANOVA ve Tukey'in çoklu karşılaştırma test yöntemi uygulanmıştır. Ayrıca, zeolit uygulamalarının toprak özellikleri üzerine etkilerini değerlendirmek için ABD, OAC, AS, DO, HA ve Hİ değerleri arasında regresyon ve korelasyon analizleri yapılmıştır. (IBM, 2011).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Zeolit uygulamalarının incelenen toprak özellikleri üzerine etkileri

#### a. Agregat büyüklük dağılımı (ABD) ve ortalama ağırlıklı çap (OAC)

Zeolit uygulamalarının agregat büyüklük dağılımı (ABD) ve ortalama ağırlıklı çap (OAC) üzerine etkileri Çizelge 2'de verilmiştir. Araştırma toprağı I'e uygulanan zeolit dozu arttıkça <0.42, 0.42-0.84, 0.84-2 ve 2-6.4 mm agregat fraksiyonlarının miktarlarında kontrollerine göre önemli düzeyde artışlar meydana gelirken, 6.4-12.7 ve >12.7 mm agregat fraksiyonlarının miktarlarında ise azalışların meydana geldiği belirlenmiştir. Zeolit uygulaması ile 6.4-12.7 mm agregat fraksiyonlarının miktarlarında meydana gelen azalışların istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenirken, >12.7 mm agregat fraksiyonlarının miktarlarında meydana gelen azalışların istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) olduğu tespit edilmiştir. Kontrol düzeyinde >12.7 mm agregat fraksiyonu miktarı %52.13'den %1, %3 ve %5 zeolit uygulamaları sonrasında sırasıyla %49.17,

%39.79 ve %15.35'e düşmüştür. Toprak II'de %1 dozunda zeolit uygulamasının <0.42, 0.42-0.84, 0.84-2 ve 2-6.4 mm agregat fraksiyonlarının miktarlarını kontrole azalttığı, 6.4-12.7 ve >12.7 mm agregat fraksiyonlarının miktarlarını ise artırdığı belirlenmiştir. Söz konusu toprağı %3 ve %5 oranında zeolit uygulamaları ise <0.42, 0.42-0.84, 0.84-2 ve 2-6.4 mm agregat fraksiyonlarının miktarlarını kontrole artırdığı, 6.4-12.7 ve >12.7 mm agregat fraksiyonlarının miktarlarını ise azalttığı belirlenmiştir. Kumlu tın tekstür sınıfında olan Toprak III'e uygulanan zeolit <0.42, 0.42-0.84, 0.84-2, 2-6.4 ve 6.4-12.7 mm agregat fraksiyonlarının miktarlarında azalışlara neden olduğu belirlenirken, >12.7 mm agregat fraksiyonların miktarlarında artışlar sağladığı tespit edilmiştir. Toprak I, II ve III'ün kontrol örneklerinde >12.7 mm agregat fraksiyonlarının miktarı %52.13, %23.53 ve %0.75 olarak belirlenmiştir. Özellikle, toprak I'de yüksek kil içeriğinin neden olduğu yüksek kohezyon, inkübasyon süreci sonrasında kesek olarak nitelendirilebilecek 12.7 mm'den büyük agregasyon yapılarının oluşmasına neden olmuştur. Kil ve silt içeriği daha az, kum içeriği daha fazla olan toprak III'de büyük agregat oluşumu toprak I ve II'den çok daha az olmuştur. Zeolit uygulaması toprak I ve II'de büyük agregat oluşumunu azaltmış ve buna bağlı olarak söz konusu topraklarda OAC değerlerinin düşmesine neden olmuştur ( $p < 0.05$ ). Toprak III'de ise zeolit uygulaması büyük agregat oluşumunu artırmış ve buna bağlı olarak söz konusu toprakta OAC değerinin artmasına neden olmuştur. Genel ortalama verileri incelendiğinde de, zeolit uygulamaları <0.42, 0.42-0.84, 0.84-2 ve 2-6.4 mm agregat fraksiyonları miktarlarının kontrollerine göre daha yüksek, 6.4-12.7 ile >12.7 mm agregat fraksiyonlarının ise daha düşük olduğu görülmektedir. Zeolit uygulamasıyla büyük agregatların oranlarının azalması OAC değerlerini Toprak I'de 9.24 mm'den 5.06 mm'ye, Toprak II'de 5.16 mm'den 4.14 mm'ye düşürmüştür. Toprak III'de ise zeolit uygulaması ile OAC değeri 2.61 mm'den 2.77 mm'ye yükselmiştir. Genel ortalama kontrol düzeyinde 5.67 mm olan OAC değeri zeolit uygulaması ile 4.17 mm'ye düşmüştür ( $p < 0.05$ ). Zeolit ile OAC arasındaki korelasyon katsayıları Toprak I, II ve III için sırasıyla -0.935\*\*, -0.465 ve 0.587\* olarak belirlenirken, zeolit uygulaması ile OAC arasındaki genel korelasyon katsayısı -0.267 olarak belirlenmiştir. Topraklara uygulanan toprak düzenleyicilerin değişim komplekslerinde meydana getirdiği değişikliklerden dolayı büyük agregatların kırılmasına neden olabileceği belirtilmektedir (Whalen and Chang, 2002; Hurisso et al., 2013; Aksakal et al., 2016).

Çizelge 2. Toprakların agregat büyüklük dağılımı ve ortalama ağırlıklı çapları üzerine zeolitlin etkileri (Ortalama±Std)

Topraklar	Uygulama oranları (w/w)	Agregat büyüklük dağılımı (mm) (%)					Ortalama ağırlıklı çap (mm)	
		<0.42	0.42-0.84	0.84-2.00	2.00-6.4	6.4-12.7		>12.7
Toprak I	Kontrol	7.31±0.68d	2.85±0.23c	6.14±0.34c	9.76±0.41c	21.82±4.94	52.13±4.01a	9.24±0.04a
	%1	10.12±1.13c	4.06±0.51b	8.08±0.68bc	10.98±0.58bc	17.60±3.84	49.17±1.77ab	8.55±0.21ab
	%3	12.73±0.42b	4.90±0.64b	10.97±1.97b	14.84±2.46b	16.76±1.76	39.79±6.88b	7.49±0.58b
	%5	17.88±1.69a	7.72±1.02a	17.14±1.56a	22.81±2.47a	19.09±2.42	15.35±4.20c	5.06±0.63c
Ortalama	12.01±4.17C	4.88±1.96C	10.58±4.49C	14.60±5.54C	18.82±3.58A	39.11±15.60A	7.58±1.70A	
<i>P</i>	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	ns (0.360)	<0.05	<0.05	
Toprak II	Kontrol	21.46±2.93ab	6.66±0.64	16.85±0.67	21.62±2.44	9.88±2.42	23.53±1.87ab	5.16±0.31ab
	%1	18.18±3.26b	6.08±0.90	16.12±1.88	21.25±1.33	9.99±1.42	28.38±5.84a	5.76±0.78a
	%3	25.62±2.61a	7.83±0.67	19.39±1.46	23.01±0.20	8.59±1.29	15.56±4.69b	4.14±0.57b
	%5	21.92±1.11ab	6.95±0.23	17.49±0.12	24.99±2.04	10.60±0.38	18.05±1.79ab	4.69±0.16ab
Ortalama	21.80±3.54B	6.88±0.86B	17.46±1.65B	22.72±2.13B	9.76±1.53B	21.38±6.19B	4.94±0.76B	
<i>P</i>	<0.05	ns (0.062)	ns (0.057)	ns (0.102)	ns (0.488)	<0.05	<0.05	
Toprak III	Kontrol	30.15±2.37	8.92±0.20	22.34±0.15	28.75±1.13	9.09±1.89	0.75±0.66	2.61±0.15
	%1	29.62±1.43	8.84±0.12	22.54±0.11	28.74±1.04	8.52±0.94	1.74±0.59	2.68±0.08
	%3	29.22±0.10	8.77±0.08	22.89±0.92	28.46±0.58	8.39±0.89	2.26±0.27	2.73±0.09
	%5	29.35±0.28	8.90±0.44	22.20±0.30	28.44±1.48	8.65±0.93	2.47±1.55	2.77±0.06
Ortalama	29.59±1.24A	8.86±0.22A	22.49±0.50A	28.60±0.95A	8.66±1.09B	1.81±1.04C	2.70±0.10C	
<i>P</i>	ns (0.849)	ns (0.883)	ns (0.399)	ns (0.973)	ns (0.909)	ns (0.171)	ns (0.300)	
Genel Ortalama	Kontrol	19.64±10.17b	6.14±2.68b	15.11±7.15b	20.04±8.42c	13.60±6.83	25.47±22.40a	5.67±2.90a
	%1	19.31±8.69b	6.33±2.14b	15.58±6.35b	20.32±7.78bc	12.04±4.71	26.43±20.82a	5.66±2.57a
	%3	22.52±7.62a	7.17±1.81a	17.75±5.46a	22.10±6.07b	11.25±4.30	19.21±16.99b	4.79±2.16b
	%5	23.05±5.14a	7.85±1.82a	18.94±2.60a	25.41±3.02a	12.78±4.98	11.95±7.60c	4.17±1.12c
<i>P</i>	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	ns (0.192)	<0.05	<0.05	

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ); ns: önemsiz

Bu sonuçlar, zeolitin Toprak I ve II gibi yüksek kil ve silt içeren topraklarda büyük agregat ve kesek oluşumunu azaltmak için kullanılabilirliğini göstermektedir. Ayrıca, yüksek spesifik yüzeyi ve yüksek negatif elektrik yükü sayesinde Toprak III gibi yüksek kum içeriğine sahip topraklara uygulanan zeolitin agregatlaşmayı artırabileceği görülmektedir.

#### **b. Agregat stabilitesi (AS)**

Zeolit uygulamaları araştırma topraklarının tüm agregat fraksiyonlarında agregat stabilitesi (AS) değerlerini kontrollerine göre önemli düzeyde ( $p<0.05$ ) artırmıştır (Çizelge 3; Şekil 1). Zeolitin agregat stabilitesi üzerine etkinliğinin genel olarak doz arttıkça artış gösterdiği belirlenmiştir. Kontrolleri ile karşılaştırıldığında, Toprak I  $>12.7$  mm ve Toprak III  $<0.42$ ,  $0.42-0.84$ ,  $0.84-2$  ve  $>12.7$  mm agregat fraksiyonları dışındaki diğer agregat fraksiyonlarında en yüksek AS değerleri en yüksek uygulama dozu %5’de elde edilmiştir. Toprak I  $>12.7$  mm ve Toprak III  $<0.42$ ,  $0.42-0.84$ ,  $0.84-2$  ve  $>12.7$  mm agregat fraksiyonlarında en yüksek AS değerleri %3 uygulama dozunda elde edilmiştir. Zeolit uygulaması sonrasında elde edilen en yüksek AS değerleri kontrolleriyle karşılaştırıldığında Toprak I’de  $<0.42$ ,  $0.42-0.84$ ,  $0.84-2$ ,  $2-6.4$ ,  $6.4-12.7$  ve  $>12.7$  mm agregat fraksiyonlarında AS değerlerindeki artış oranları sırasıyla %126, 85, 76, 66, 85 ve 137 olarak belirlenmiştir. Söz konusu artış oranları Toprak II için %50, 81, 40, 50, 55, 66 ve Toprak III için %46, 18, 57, 69, 49 ve 84 olarak belirlenmiştir. Ortalama olarak Toprak I’de kontroldeki AS %25.20 iken %5 zeolit uygulama dozunda %47.36 olarak belirlenmiş ve zeolit uygulaması AS’de %88 oranında artış sağlamıştır. Toprak II’de ortalama AS değeri %29.64’den %46.10’a yükselerek %56 oranında, Toprak III’de de kontrolde ortalama AS değeri %25.10 iken %3 uygulama dozunda AS değeri %39.04’e yükselerek %56 oranında artışın olduğu tespit edilmiştir. Genel ortalama AS değeri kontrolde %26.64 iken zeolit uygulama dozlarının artışı ile artış göstermiş %5 uygulama dozunda %43.51 olarak belirlenmiş ve kontrole göre %63 oranında artışın meydana geldiği belirlenmiştir. Zeolit uygulaması ile AS arasındaki korelasyon katsayısı Toprak I, II ve III için sırasıyla  $0.953^{**}$ ,  $0.955^{**}$  ve  $0.875^{**}$  olarak belirlenirken, zeolit-AS arasındaki genel korelasyon katsayısı ise  $0.867^{**}$  olarak belirlenmiştir. Kırkık (2011) yapmış olduğu çalışmada, toprağa uygulanan farklı boyut ve dozlardaki zeolitin strüktür stabilite indeksi değerini %16 oranında artırdığını ve toprakta agregatlaşmanın artış gösterdiğini tespit etmiştir.

#### **c. Dispersiyon oranı (DO)**

Zeolit uygulamalarının dispersiyon oranı (DO) değerlerine etkileri Çizelge 4 ve Şekil 1’de verilmiştir. Tüm toprakların farklı boyutlardaki agregat fraksiyonlarında en yüksek DO değerleri kontrol seviyelerinde belirlenmiştir. Zeolit uygulamaları ile DO değerlerinde genellikle önemli düzeyde düşüşler meydana gelmiştir ( $p<0.05$ ). Toprak I’de en düşük DO değerleri  $<0.42$ ,  $6.4-12.7$  ve  $>12.7$  mm agregat fraksiyonlarında %1 uygulama dozunda belirlenirken;  $0.42-0.84$ ,  $0.84-2$  ve  $2-6.4$  mm agregat fraksiyonlarında %3 dozunda belirlenmiştir. Toprak I’in kontrol düzeyinde ortalama DO değeri %24.13 olarak belirlenirken en düşük ortalama DO değeri %1 dozunda %17.74 olarak belirlenmiş ve zeolit uygulaması DO değerinde kontrole göre %26.5 oranında azalış meydana getirmiştir. Toprak II’de zeolit uygulama dozu arttıkça tüm agregat boyutlarının DO değerlerinde azalışlar meydana gelmiş ve en düşük DO değerleri %5 uygulama dozunda belirlenmiştir. Toprak II’nin kontrol düzeyinde  $<0.42$ ,  $0.42-0.84$ ,  $0.84-2$ ,  $2-6.4$ ,  $6.4-12.7$  ve  $>12.7$  mm agregat fraksiyonlarında DO değerleri sırasıyla %57.47, %49.29, %40.87, %39.22, %43.74 ve %41.65 belirlenirken zeolit uygulaması sonrasında %48.39, %36.94, %31.39, %27.96, %31.17 ve %35.42 olarak belirlenmiştir. Kontrolleri ile karşılaştırıldığında %5 zeolit uygulaması sonrasında Toprak II’nin  $<0.42$ ,  $0.42-0.84$ ,  $0.84-2$ ,  $2-6.4$ ,  $6.4-12.7$  ve  $>12.7$  mm agregat fraksiyonlarında DO değerlerindeki azalış oranları sırasıyla %15.8, 25.1, 23.2, 28.7, 28.7 ve 15.0 olarak belirlenmiştir. Toprak III’de en düşük DO değerleri  $<0.42$ ,  $0.42-0.84$ ,  $0.84-2$  ve  $2-6.4$  mm agregat fraksiyonlarında %5 uygulama dozunda belirlenirken;  $6.4-12.7$  ve  $>12.7$  mm agregat fraksiyonlarında %3 dozunda belirlenmiştir. Zeolit uygulaması sonrasında belirlenen en düşük DO değerleri kontrolleri ile kıyaslandığında %20.6, 29.7, 31.6, 29.3, 17.2 ve 20.0 oranlarında düşüşlerin meydana geldiği belirlenmiştir. Ortalama olarak Toprak I’de kontroldeki DO %24.13 iken %1 zeolit uygulama dozunda %17.74 olarak belirlenmiş ve zeolit uygulaması DO’da %26.5 oranında azalış sağlamıştır. Toprak II’de ortalama DO değeri %45.37’den %5 zeolit uygulaması sonrasında %35.21’e düşerek %22.4 oranında, Toprak III’de ise %45.87’den %34.86’a düşerek %24.0 oranında azalışların olduğu tespit edilmiştir. Genel ortalama DO değeri kontrolde %38.46 iken zeolit uygulama dozlarının artışı ile düşüşler göstermiş %5 uygulama dozunda %30.20 olarak belirlenmiş ve kontrole göre %21.5 oranında düşüşün meydana geldiği belirlenmiştir.

Çizelge 3. Toprakların agregat stabilitesi değerleri üzerine zeolitin etkileri (Ortalama±Std)

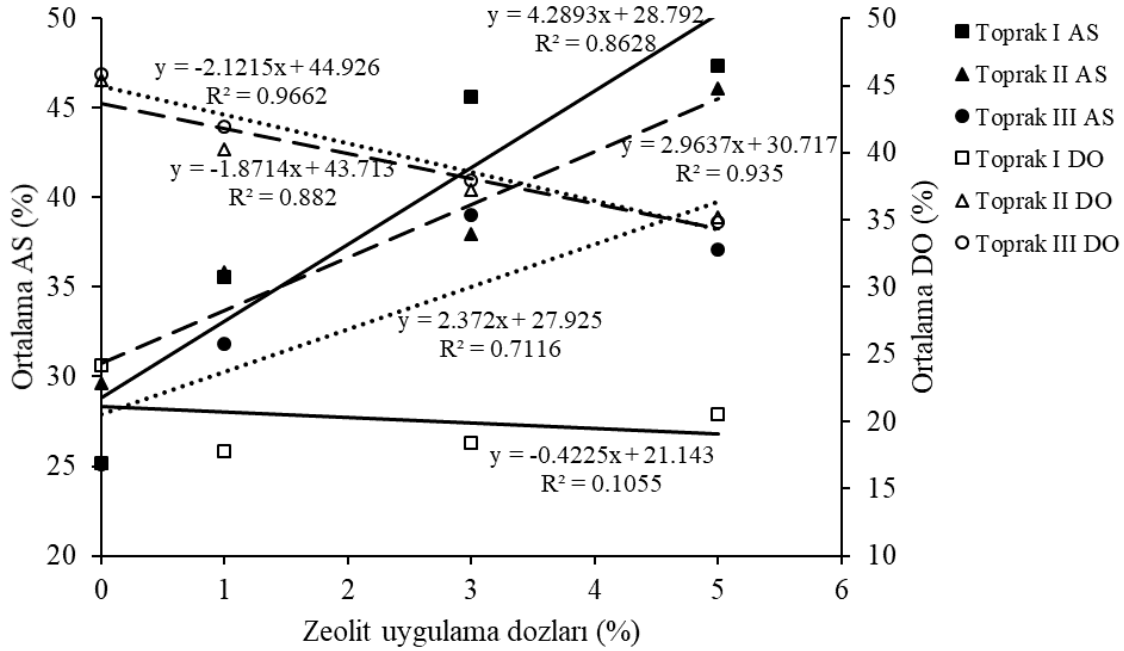
Topraklar	Agregat stabilitesi (Fraksiyon büyüklüğü, mm) (%)							Ortalama
	Uygulama oranları (w/w)	<0.42	0.42-0.84	0.84-2.00	2.00-6.4	6.4-12.7	>12.7	
Toprak I	Kontrol	13.99±1.31c	29.65±4.08c	30.75±2.90c	29.79±1.93c	25.93±1.68b	21.07±2.46c	25.20±0.86c
	%1	25.10±0.52b	42.27±2.50b	40.32±4.20b	40.30±2.43b	32.59±5.43b	32.91±4.76bc	35.59±2.59b
	%3	30.49±1.21a	51.08±4.35ab	49.43±3.84a	47.83±2.17a	44.99±5.10a	49.89±4.78a	45.62±1.16a
	%5	31.67±3.27a	54.87±3.03a	54.19±2.20a	49.51±2.68a	47.95±4.64a	45.96±7.66ab	47.36±1.71a
Ortalama	25.31±7.48A	44.47±10.58B	43.67±9.80A	41.86±8.36B	37.87±10.13AB	37.46±12.68A	38.44±9.38A	
<i>p</i>	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Toprak II	Kontrol	17.63±3.83	27.83±3.09c	39.15±1.58c	37.44±1.17c	33.12±2.48b	22.63±1.86c	29.64±1.53c
	%1	25.57±7.19	39.87±4.23b	43.12±1.95bc	39.22±2.18bc	38.05±3.72b	29.33±3.36bc	35.86±2.46b
	%3	24.85±1.91	38.58±4.34b	45.78±2.44b	44.74±2.07b	41.94±5.02b	31.75±2.76ab	37.94±1.07b
	%5	26.49±2.86	50.29±3.09a	54.79±2.37a	56.04±3.35a	51.36±1.24a	37.62±2.26a	46.10±0.74a
Ortalama	23.64±5.26A	39.14±8.90C	45.71±6.27A	44.36±7.84A	41.12±7.57A	30.33±6.04B	37.38±6.29A	
<i>p</i>	ns (0.131)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Toprak III	Kontrol	13.02±2.54b	44.80±3.55b	23.32±1.21b	24.10±2.58c	27.93±4.86b	17.41±2.90b	25.10±0.11c
	%1	18.65±2.17ab	49.66±2.34ab	33.26±2.94a	33.86±0.81b	32.69±5.07ab	22.88±3.02b	31.83±1.72b
	%3	25.06±2.90a	56.91±2.36a	37.80±2.05a	38.42±2.28ab	41.46±7.26a	34.58±2.77a	39.04±1.99a
	%5	18.99±3.41ab	52.69±3.07a	36.59±3.11a	40.72±1.18a	41.55±1.63a	31.95±2.64a	37.08±0.57a
Ortalama	18.93±5.05B	51.02±5.22A	32.74±6.30B	34.27±6.84C	35.91±7.50B	26.71±7.60B	33.26±5.76B	
<i>p</i>	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Genel Ortalama	Kontrol	14.88±3.19b	34.09±8.64c	31.07±7.08d	30.44±6.04d	29.00±4.30b	20.37±3.14c	26.64±2.41d
	%1	23.11±5.04a	43.94±5.19b	38.90±5.19c	37.80±3.43c	34.45±4.96b	28.37±5.49b	34.43±2.78c
	%3	26.80±3.33a	48.86±8.75a	44.34±5.72b	43.66±4.56b	42.80±5.36a	38.74±9.00a	40.86±3.81b
	%5	25.72±6.17a	52.62±3.31a	48.52±9.23a	48.75±7.02a	46.95±5.01a	38.51±7.41a	43.51±4.95a
Ortalama	25.31±7.48A	44.47±10.58B	43.67±9.80A	41.86±8.36B	37.87±10.13AB	37.46±12.68A	38.44±9.38A	
<i>p</i>	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p&lt;0.05).

Çizelge 4. Toprakların dispersiyon oranı değerleri üzerine zeolitün etkileri (Ortalama±Std)

Topraklar	Dispersiyon oranı (Fraksiyon büyüklüğü, mm) (%)							Ortalama
	Uygulama oranları (w/w)	<0.42	0.42-0.84	0.84-2.00	2.00-6.4	6.4-12.7	>12.7	
Toprak I	Kontrol	32.23±4.53a	28.03±1.81a	22.56±1.75a	20.18±1.45	20.89±1.33a	20.87±1.53	24.13±1.00a
	%1	20.44±3.62b	19.76±2.49b	17.15±2.45ab	16.97±2.34	15.05±2.86b	17.05±2.42	17.74±1.23b
	%3	25.36±3.55ab	19.07±0.44b	16.32±2.00b	15.55±2.04	16.26±2.30ab	17.68±1.29	18.37±1.46b
	%5	25.82±2.25ab	22.66±3.97ab	18.02±2.42ab	18.47±1.17	17.45±1.83ab	20.75±2.32	20.53±1.57b
Ortalama	25.96±5.33C	22.38±4.27C	18.52±3.13C	17.79±2.37C	17.42±2.93C	19.09±2.47C	20.19±2.85B	
<i>p</i>	<0.05	<0.05	<0.05	ns (0.065)	<0.05	ns (0.084)	<0.05	
Toprak II	Kontrol	57.47±3.00a	49.29±3.34a	40.87±1.26a	39.22±2.44a	43.74±1.27a	41.65±1.86a	45.37±2.02a
	%1	52.48±3.95ab	38.51±2.69b	36.89±1.48b	35.40±2.61ab	37.86±4.25ab	40.08±1.63a	40.21±1.60b
	%3	49.03±2.91b	37.97±1.84b	33.95±0.21bc	31.61±3.20bc	32.86±1.61bc	37.91±0.55ab	37.22±0.93bc
	%5	48.39±1.68b	36.94±2.24b	31.39±1.38c	27.96±1.24c	31.17±0.96c	35.42±2.49b	35.21±1.41c
Ortalama	51.84±4.55B	40.68±5.67B	35.78±3.82A	33.55±4.87A	36.41±5.51A	38.76±2.88A	39.50±4.21A	
<i>p</i>	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Toprak III	Kontrol	88.28±5.73a	54.32±2.75a	40.31±3.12a	31.10±2.67	29.88±1.79a	31.33±1.85a	45.87±0.17a
	%1	80.28±4.65ab	50.81±1.10ab	35.57±1.38ab	28.34±2.85	29.56±1.27ab	27.06±2.29ab	41.93±0.40b
	%3	76.50±2.53b	45.69±3.63b	29.12±3.73bc	26.58±2.52	24.74±2.10c	25.06±2.83b	37.95±1.73c
	%5	70.09±2.01b	38.18±1.81c	27.57±1.67c	21.99±5.62	25.69±0.85bc	25.64±0.76b	34.86±1.71c
Ortalama	78.79±7.68A	47.25±6.69A	33.14±5.80B	27.00±4.65B	27.47±2.73B	27.27±3.11B	40.15±4.46A	
<i>p</i>	<0.05	<0.05	<0.05	ns (0.079)	<0.05	<0.05	<0.05	
Genel	Kontrol	59.33±24.63a	43.88±12.31a	34.58±9.21a	30.17±8.50a	31.51±10.05a	31.29±9.12a	38.46±10.81a
	%1	51.07±26.17b	36.36±13.67b	29.87±9.69b	26.90±8.36ab	27.49±10.34b	28.06±10.17b	33.29±11.74b
	%3	50.30±22.32b	34.24±12.04bc	26.47±8.17c	24.58±7.47bc	24.62±7.40c	26.88±9.00b	31.18±9.69c
	%5	48.10±19.25b	32.59±7.86c	25.66±6.18c	22.81±8.09c	24.77±6.09c	27.27±6.70b	30.20±7.38c
Ortalama	50.30±22.32b	34.24±12.04bc	26.47±8.17c	24.58±7.47bc	24.62±7.40c	26.88±9.00b	31.18±9.69c	
<i>p</i>	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p&lt;0.05).



Şekil 1. Zeolit uygulama dozları ile ortalama agregat stabilitesi ve ortalama dispersiyon oranları arasındaki ilişkiler

Zeolit uygulaması ile DO arasındaki korelasyon katsayısı Toprak I, II ve III için sırasıyla -0.417, -0.929\*\* ve -0.970\*\* olarak belirlenirken, zeolit-DO arasındaki genel korelasyon katsayısı ise -0.301 olarak belirlenmiştir. Söz konusu bu ilişkilerin toprakların AS değerleri ile uyumlu oldukları tespit edilmiştir. Dispersiyon oranı ile AS arasında önemli düzeyde negatif korelasyon belirlenmiştir. Dispersiyon oranı ile AS arasındaki korelasyon katsayıları Toprak I, II ve III için sırasıyla -0.612\*, -0.914\*\* ve -0.857\*\* olarak belirlenirken, DO-AS arasındaki genel korelasyon katsayısı -0.452\*\* olarak belirlenmiştir. Gülser (2006), Opara (2009), Aksakal et al. (2016) tarafından yapılan araştırmalarda da benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir.

#### d. Hacim ağırlığı (HA)

Zeolit uygulamalarının araştırma konusu toprakların hacim ağırlıklarını (HA) istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.05$ ) ölçüde düşürdüğü ve uygulama dozu arttıkça hacim ağırlığında düşüşlerin meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 5; Şekil 2). Toprak I'in kontrol seviyesindeki HA değeri  $1.06 \text{ g cm}^{-3}$  iken, %1, 3 ve 5 zeolit uygulama dozları sonrasında  $0.98$ ,  $0.96$  ve  $0.96 \text{ g cm}^{-3}$  olarak belirlenmiştir. Kontrolü ile kıyaslandığında %1 uygulama dozu sonrasında toprağın HA değerinde %7.5 oranında, %3 ve %5 uygulama dozu sonrasında %9.4 oranında düşüşlerin meydana geldiği hesaplanmıştır. Toprak II ve III'ün kontrol

seviyelerinde HA değerleri sırasıyla  $1.17 \text{ g cm}^{-3}$  ve  $1.26 \text{ g cm}^{-3}$  olarak belirlenirken, uygulamalar sonrasında en düşük HA değerleri %5 uygulama dozunda  $1.10 \text{ g cm}^{-3}$  ve  $1.13 \text{ g cm}^{-3}$  olarak belirlenmiştir. Toprak II ve III'de %5 zeolit uygulaması sonrasında HA değerlerinde kontrollerine göre %6.0 ve %10.3 oranlarında düşüşlerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Genel ortalamada, kontrol seviyesinde HA değeri  $1.16 \text{ g cm}^{-3}$  iken %1, 3 ve 5 zeolit uygulamaları sonrasında  $1.10$ ,  $1.08$  ve  $1.06 \text{ g cm}^{-3}$  olarak ölçülmüş olup oransal olarak %5.2, %6.9 ve %8.6 düşüşlerin meydana geldiği hesaplanmıştır. Zeolit ile HA arasındaki korelasyon katsayıları Toprak I, II ve III için sırasıyla -0.728\*\*, -0.747\*\* ve -0.836\*\* olarak belirlenirken, zeolit-HA arasındaki genel korelasyon katsayısı -0.374\* olarak belirlenmiştir. Topraklara uygulanan toprak düzenleyicilerin HA değerlerini düşürdüğü Shirani vd., (2002); Blanco-Canqui and Lal (2004); Angin (2008); Candemir and Gülser (2011); Aksakal vd., (2016) tarafından yapılan araştırmalar tarafından da bildirilmektedir. Kırkık (2011) yaptığı çalışmada, toprağa uygulanan zeolitin hacim ağırlığı değerini %6.9 oranında düşürdüğünü tespit etmiştir.

#### e. Porozite

Zeolit uygulamaları araştırma konusu toprakların porozitelerini önemli ölçüde ( $p < 0.05$ ) artırdığı, uygulama dozu artışı ile poroziteki artışın daha fazla meydana geldiği belirlenmiş olup en

yüksek porozite değerleri en yüksek uygulama dozunda (%5) elde edilmiştir. Toprak I'in kontrol seviyesinde porozite %60.30 iken %1, 3 ve 5 zeolit uygulama dozları sonrasında %63.42, %63.92 ve %64.04'e yükseldiği belirlenmiştir. Kontrolü ile kıyaslandığında %5 uygulama dozu sonrasında toprağın porozitesinde %6.2 oranında artışın meydana geldiği hesaplanmıştır. Kontrolleri ile kıyaslandığında Toprak II ve III'de %5 zeolit uygulaması sonrasında porozite %4.5 ve %9.3 oranlarında artışların meydana geldiği belirlenmiştir. Genel ortalamada, kontrol seviyesinde porozite %56.19 iken %1, 3 ve 5 zeolit uygulamaları sonrasında %58.61, %59.11 ve %59.91'e

yükselmiştir (Çizelge 5; Şekil 2). Kırkık (2011) yapmış olduğu çalışmada, toprağa uygulanan zeolitin poroziteyi ortalama olarak %5.5 oranında artırdığını tespit etmiştir. Zeolit ile porozite arasındaki korelasyon katsayıları Toprak I, II ve III için sırasıyla 0.728\*\*, 0.747\*\* ve 0.837\*\* olarak belirlenirken, zeolit-porozite arasındaki genel korelasyon katsayısı 0.361\* olarak belirlenmiştir. Topraklara ilave edilen toprak düzenleyicilerin toprakların hacim ağırlığı değerlerini düşürdüğü ve porozitelerini artırdığı yönündeki bulgular Haynes and Naidu (1998); Blanco-Canqui and Lal (2004); Gülser (2006); Angin (2008); Aksakal et al. (2016) tarafından yapılan araştırma sonuçları ile örtüşmektedir.

Çizelge 5. Toprakların hacim ağırlığı, porozite ve hidrolik iletkenlik değerleri üzerine zeolitin etkileri (Ortalama±Std)

Topraklar	Uygulama oranları (w/w)	Hacim ağırlığı (g cm <sup>-3</sup> )	Porozite (%)	Hidrolik iletkenlik (cm h <sup>-1</sup> )
Toprak I	Kontrol	1.06±0.05a	60.30±1.72b	8.58±2.73b
	%1	0.98±0.02b	63.42±0.78a	13.29±5.04ab
	%3	0.96±0.04b	63.92±1.31a	15.24±4.67ab
	%5	0.96±0.01b	64.04±0.38a	21.05±5.79a
	Ortalama	0.99±0.05C	62.92±1.88A	14.54±6.15B
<i>p</i>		<0.05	<0.05	<0.05
Toprak II	Kontrol	1.17±0.03	55.64±1.16	25.65±12.95
	%1	1.15±0.03	56.14±1.16	34.96±10.03
	%3	1.13±0.03	57.03±1.14	37.76±9.22
	%5	1.10±0.01	58.17±0.39	46.17±8.08
	Ortalama	1.14±0.03B	56.75±1.33B	36.14±11.60A
<i>p</i>		<i>ns</i> (0.066)	<i>ns</i> (0.066)	<i>ns</i> (0.185)
Toprak III	Kontrol	1.26±0.04a	52.63±1.35b	30.12±11.07
	%1	1.16±0.02b	56.27±0.58a	32.88±10.84
	%3	1.16±0.02b	56.39±0.65a	38.53±15.02
	%5	1.13±0.02b	57.52±0.75a	47.91±12.70
	Ortalama	1.18±0.05A	55.70±2.06B	37.36±12.83A
<i>p</i>		<0.05	<0.05	<i>ns</i> (0.376)
Genel Ortalama	Kontrol	1.16±0.09a	56.19±3.57b	21.45±13.09b
	%1	1.10±0.09b	58.61±3.69a	27.04±12.96ab
	%3	1.08±0.10b	59.11±3.73a	30.51±14.64ab
	%5	1.06±0.08b	59.91±3.15a	38.37±15.31a
	<i>p</i>		<0.05	<0.05

Farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

#### f. Hidrolik iletkenlik (Hİ)

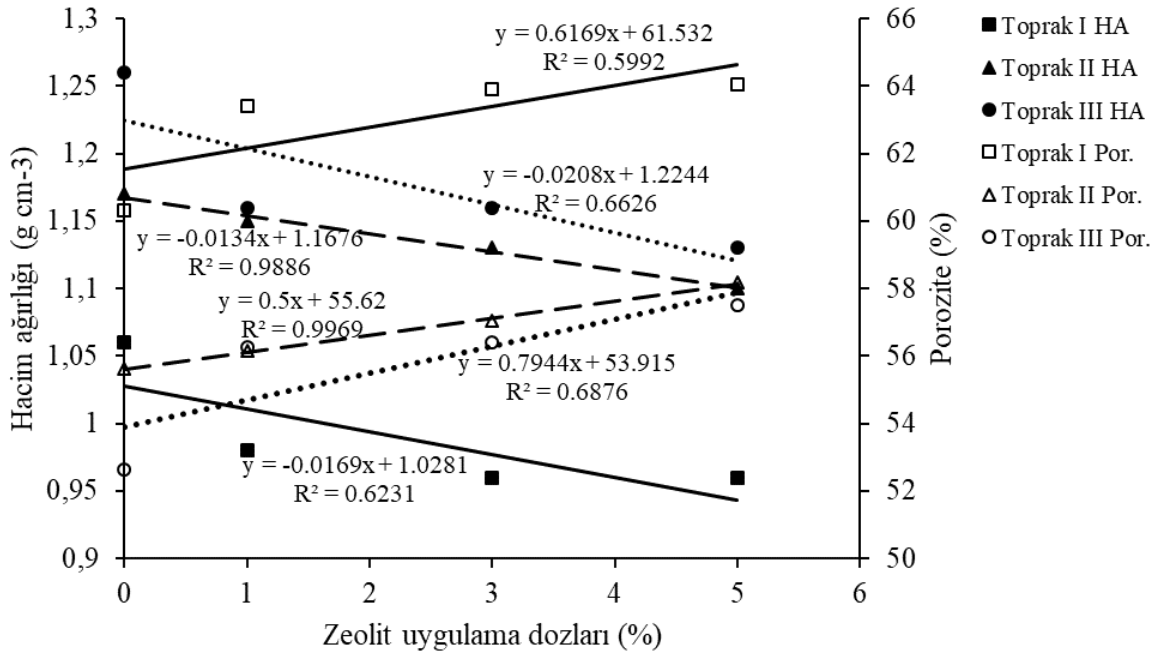
Araştırma konusu toprakların hidrolik iletkenlik (Hİ) değerlerinde zeolit uygulamaları sonrasında kontrollerine göre artışlar belirlenmiştir. Söz konusu artışların Toprak II ve III'de istatistiksel olarak önemsiz olduğu, Toprak I'de ise önemli seviyede (p<0.05) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5). Zeolit uygulama dozları arttıkça Hİ değerlerinde genellikle artışlar olduğu ve en yüksek Hİ değerleri en yüksek uygulama dozu %5'de elde edilmiştir. Toprak I'in

kontrol seviyesinde Hİ 8.58 cm h<sup>-1</sup> iken %1, 3 ve 5 zeolit uygulama dozları sonrasında 13.29, 15.24 ve 21.05 cm h<sup>-1</sup>'e yükseldiği belirlenmiştir. Kontrolü ile kıyaslandığında %5 uygulama dozu sonrasında toprağın Hİ değerinde %145.3 oranında artışın meydana geldiği hesaplanmıştır. Toprak II'de %5 dozunda elde edilen en yüksek Hİ değeri (46.17 cm h<sup>-1</sup>) kontrolü ile kıyaslandığında %80.0 oranında, Toprak III'de en yüksek Hİ değeri (47.91 cm h<sup>-1</sup>) kontrolü ile kıyaslandığında %59.1 oranında artışın



meydana geldiği belirlenmiştir. Genel ortalamada, kontrol seviyesinde Hİ değeri 21.45 cm h<sup>-1</sup> iken %1, 3 ve 5 zeolit uygulamaları sonrasında 27.04, 30.51 ve 38.37 cm h<sup>-1</sup>'e yükseldiği, oransal olarak en fazla artışın %5 uygulama dozunda %78.9 oranında olduğu belirlenmiştir. Razmi and Sepaskhah (2012) siltli kil tekstür sınıfındaki toprağa farklı oranlarda uyguladıkları zeolitin hidrolik iletkenliği önemli düzeyde artırdığını, en fazla artışın %130 oranında 8 g/kg uygulama dozunda meydana geldiğini belirtmektedirler. Hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen bu artışların, agregasyonun ve agregat stabilitesinin iyileşmesi, hacim ağırlığındaki azalma ve porozitedeki artış ile ilişkili olduğu Hati et al.

(2007), Angın (2008), Aksakal et al. (2016) tarafından bildirilmektedir. Toprak I için Hİ ile zeolit, AS, HA, porozite arasındaki korelasyon katsayıları sırasıyla 0.747\*\*, 0.753\*\*, -0.800\*\* ve 0.800 olarak belirlenmiştir. Toprak II için söz konusu katsayılar 0.648\*, 0.703\*, -0.926, 0.926 olarak, Toprak III için 0.537, 0.353, -0.684\*, 0.683 olarak belirlenmiştir. Moritani et al. (2010) tuzlu-sodik topraklara %10 zeolit ilavesinin ortalama ağırlık çap değerini %22.4 ile %59.4 arasında, agregat stabilitesini 1.9 ile 3.9 kat arasında ve hidrolik iletkenliği 2 ile 2.5 kat arasında artırdığını belirlemişlerdir.



Şekil 2. Zeolit uygulama dozları ile hacim ağırlığı ve porozite arasındaki ilişkiler

## SONUÇ

Farklı tekstür sınıfındaki topraklara zeolit uygulamasının yapıldığı bu çalışmada; zeolit uygulaması kil ve tın tekstür sınıfındaki topraklarda büyük agregat oluşumunu azaltmış ve buna bağlı olarak söz konusu topraklarda ortalama ağırlıklı çap değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Kumlu tın tekstür sınıfındaki toprakta ise büyük agregat oluşumunu artırmış ve buna bağlı olarak söz konusu toprakta ortalama ağırlıklı çap değerinin artmasına neden olmuştur. Genel olarak; zeolit uygulamaları <0.42, 0.42-0.84, 0.84-2 ve 2-6.4 mm agregat fraksiyonları miktarlarının kontrollerine göre daha yüksek, 6.4-12.7 ile >12.7 mm agregat fraksiyonlarının ise daha düşük olduğu görülmüştür.

Zeolit uygulamaları araştırma topraklarının tüm agregat fraksiyonlarında agregat stabilitesi

değerlerini kontrollerine göre önemli düzeyde artırmıştır. Agregat stabilitesi üzerine etkinliğin genel olarak doz arttıkça artış gösterdiği belirlenmiştir. Tüm toprakların farklı boyutlardaki agregat fraksiyonlarında en yüksek dispersiyon oranı değerleri kontrol seviyelerinde belirlenirken, zeolit uygulamaları ile dispersiyon oranı değerlerinde genellikle önemli düzeyde düşüşler meydana gelmiştir. Zeolit uygulamaları araştırma konusu toprakların hacim ağırlıklarını önemli ölçüde düşürürken porozite ile hidrolik iletkenlik değerlerini artırmıştır.

Toprakta agregasyonun artırılması ve fiziksel özelliklerin iyileştirilmesi bitkiler için daha iyi bir gelişme ortamı sağlamanın yanında toprakların mekaniksel kuvvetlere ve erozyona karşı direncini artırmaktadır. Zeolit uygulaması topraklarda

agregasyonu ve agregat stabilitesini geliştirmiş, özellikle kesekleşmeyi azaltarak tohum çıkışı ve kök gelişimini teşvik edecek yönde iyileşme sağlamıştır. Uygulama sonrasında hacim ağırlığının düşmesi ve porozite ile hidrolik iletkenliğin artması toprak gözenekliliğinin arttığının göstergesi olup; toprak içerisinde bitki kök gelişimini ve hava ile su hareketini olumlu yönde etkileyecektir. Sonuç olarak; zeolit toprak fiziksel kalite parametrelerinin iyileştirilmesi ve toprakların erozyona karşı daha dirençli hale getirilmesi için mineral toprak düzenleyici olarak kullanılabilir.

#### KAYNAKLAR

- Abdi, G.H., Khui, M.K., Eshghi, S., 2006. Effects on natural zeolite on growth and flowering on strawberry. *International Journal of Agricultural Research*, 1: 384-389.
- Aksakal, E.L., Sari, S., Angin, I., 2016. Effects of vermicompost application on soil aggregation and certain physical properties. *Land Degrad. Develop.*, 27: 983-995.
- Allen E., Ming, D., Hossner, L., Henninger, D., Galindo, C., 1995. Growth and nutrient uptake of wheat in a clinoptilolite-phosphate rock substrate. *Agronomy Journal*, 87: 1052-1059.
- Angin, İ., 2008. Arıtma Çamurlarının Fiziksel ve Kimyasal Toprak Düzenleyicisi Olarak Kullanımı. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi, Erzurum, 96 s.
- Bansiwal, A.K., Rayalu, S.S., Labhasetwar, N.K., Juwarkar, A.A., Devotta, S., 2006. Surfactant-modified zeolite as a slow release fertilizer for phosphorus. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 4773-4779.
- Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986a. Particle Density. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 377-382, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.*
- Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986b. Bulk Density. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 363-375, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.*
- Blanco-Canqui H, Lal R. 2004. Mechanisms of carbon sequestration in soil aggregates. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23 (6): 481-504.
- Bronick, C.J., Lal, R., 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124: 3-22.
- Candemir F, Gülser C. 2011. Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes in clay and loamy sand fields. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42: 13-28.
- Cassel, D.K., Nielsen, D.R., 1986. Field Capacity and Available Water Capacity, in: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Methods. ASA, SSSA, Agronomy No: 9, Madison, WI: pp. 901-926.*
- Chander, K., Joergensen, R.G., 2002. Decomposition of <sup>14</sup>C labelled glucose in a Pb-contaminated soil remediated with synthetic zeolite and other amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 643-649.
- Chon, H., Woo, S.I., Park, S.E., 1996. *Recent Advances and New Horizons in Zeolite Science and Technology. Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands*
- Danielson, R.E., Sutherland, P.L., 1986. Porosity. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 443-461, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.*
- DeSutter, T.M., Pierzynski, G.M., 2005. Evaluation of soils for use as liner materials: A soil chemistry approach. *Journal of Environmental Quality*, 34: 951-962.
- Dwyer, J., Dyer, A., 1984. Zeolites-An introduction. *Chemistry and Industry*, 2: 237-240.
- Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-Size Analysis. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 383-411, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.*
- Gülser, C., 2006. Effect of forage cropping treatments on soil structure and relationships with fractal dimensions. *Geoderma*, 131: 33-44.
- Hati, K.M., Biswas, A.K., Bandyopadhyay, K.K., Misra, A.K., 2007. Soil properties and crop yields on a vertisol in India with application of distillery effluent. *Soil and Tillage Research*, 92: 60-68.
- Haynes, R.J., Naidu, R., 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51: 123-137.
- Hosseinpur, A.R., Kiani Sh., Halvaei, M., 2012. Impact of municipal compost on soil phosphorus availability and mineral phosphorus fractions in some calcareous soils. *Environmental Earth Sciences*, 67 (1): 91-96.
- Hurisso, T.T., Davis, J.G., Brummer, J.E., Stromberger, M.E., Mikha, M.M., Haddix, M.L., Booher, M.R., Paul, E.A., 2013. Rapid changes in microbial biomass and aggregate size distribution in response to changes in organic matter management in grass pasture. *Geoderma*, 193-194: 68-75.

- IBM, 2011. IBM Statistics for Windows, version 20.0. IBM Corporation. Armonk, NY.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C., 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. *Methods of Soil Analysis*. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 425-442, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.
- Kırkık, E.B., 2011. Doğal Zeolit Uygulamasının Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Etkisi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 91 sayfa.
- Kithome, M., Paul, J.W., Lavkulich, L.M., Bomke, A.A., 1998. Kinetics of ammonium adsorption and desorption by the natural zeolite clinoptilolite. *Soil Sciences Society of American Journal*, 62: 622-629.
- Klute, A., Dirksen, C., 1986. Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods. *Methods of Soil Analysis*. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 687-734, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.
- Lal, R., 1988. *Soil Erosion Research Methods*. Soil and Water Conservation Society, Iowa-USA.
- Leggo, P.J., 2000, An investigation of plant growth in an organo-zeolitic substrate and its ecological significance. *Plant and Soil*, 219: 135-146.
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 199-224, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Moritani, S., Yamamoto, T., Andry, H., Inoue, M., Yuya, A., Kaneuchi, T., 2010. Effectiveness of artificial zeolite amendment in improving the physicochemical properties of saline-sodic soils characterised by different clay mineralogies. *Australian J. of Soil Research*, 48: 470-479.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 539-579, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 181-197, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Opara, C.C., 2009. Soil microaggregates stability under different land use types in southeastern Nigeria. *Catena*, 79: 103-112.
- Razmi, Z., Sepaskhah, A.R., 2012. Effect of zeolite on saturated hydraulic conductivity and crack behavior of silty clay paddled soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58 (7): 805-816.
- Rhoades, J.D., 1982a. Cation Exchange Capacity. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 149-157, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Rhoades, J.D., 1982b. Soluble Salts, In: Page, A.L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis*, Part 2, Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed.: ASA, SSSA, Agronomy No: 9. Madison, Wisconsin, pp. 167-179.
- Sepaskhah A.R., Barzegar, M. 2010. Yield, water and nitrogen-use response of rice to zeolite and nitrogen fertilization in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management*, 98: 38-44.
- Shirani, H., Hajabbasi, M.A., Afyuni, M., Hemmat, A., 2002. Effects of farmyard manure and tillage systems on soil physical properties and corn yield in central Iran. *Soil and Tillage Research*, 68: 101-108.
- Sojka, R.E., Lentz, R.D., 1997. Reducing furrow irrigation erosion with polyacrylamide (PAM). *Journal of Production Agriculture*, 10 (1): 47-52.
- Susana, S., Roxana, V., Mignon, S., Vlad, S., Valentina, S., Bogdan, M., 2015. Using assessment of zeolite amendments in agriculture. *ProEnvironment*, 8: 85-88.
- Torma, S., Vilcek, J., Adamisin, P., Huttmanova, E., Hronec, O., 2014, Influence of natural zeolite on nitrogen dynamics in soil *Turk Journal Agric For.*, 38: 739-744.
- Wallace, A., Terry, R.E., 1998. *Handbook of Soil Conditioners: Substances that Enhance the Physical Properties of Soil*. Marcel Dekker, New York.
- Wang, S., Peng, Y., 2010. Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal*, 156: 11-24.
- Wehtje, G.R., Shaw, J.N., Walker, R.H., Williams, W., 2003. Bermudagrass growth in soil supplemented with inorganic amendments. *Horticultural Science*, 38 (4): 613-617.
- Whalen, J.K., Chang, C., 2002. Macroaggregate characteristics in cultivated soils after 25 annual manure applications. *Soil Science Society of America Journal*, 66: 1637-1647.
- Xiubin, H., Zhanbin, H., 2001. Zeolite application for enhancing water infiltration and retention in loess soil. *Resources Conservation and Recycling*, 34 (1): 45-52.
- Zhao, B.Z., Xu, F.A., 1995. Improvement of soil physical properties with soil conditioners. *Pedosphere*, 5 (4): 363-370.

## Erzurum Kent Halkının Kış Aylarında Rekreatif Taleplerinin Belirlenmesi

Hasan YILMAZ\*<sup>ID</sup>

Ayşegül AKSU<sup>ID</sup>

Sena Nur ANGIN<sup>ID</sup>

Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Erzurum, Türkiye

(\*Sorumlu yazar e-mail: hyilmaz@atauni.edu.tr)

DOI: 10.17097/ataunizfd.516037

*Geliş Tarihi (Received Date): 22.01.2019*

*Kabul Tarihi (Accepted Date): 21.05.2019*

**Öz:** Kentleşme hareketlerine bağlı olarak kentsel mekanlarda nüfus yoğunluğu giderek artmaktadır. Bu süreçte kentsel açık yeşil alanlar kent sağlığı, kent ekolojisi ve kent estetiği açısından önem kazanmıştır. Bu alanların kentteki dağılımları, büyüklükleri, donatıları, estetik, ekolojik ve işlevsel özellikleri kadar yıl boyu kent halkına hizmet vermeleri de önemlidir. Erzurum kentinde kış ayları çok soğuk ve uzun olduğu için insanlar uzun süre kapalı mekanlarda yaşamak zorunda kalmaktadır. Bu durum kent merkezinde ve yakın çevresindeki rekreatif alanlara olan istekleri arttırmaktadır. Kent halkının dış mekan kullanımlarındaki seçimleri, bu alanlarda hangi rekreatif tesisleri istedikleri, alışveriş merkezlerine gidiş nedenleri, uygun dış mekan düzenlemelerinin olması durumunda mekan kullanım isteklerinin hangi yönde olacağı gibi eğilimleri belirlemek amacıyla bir anket çalışması yapılmıştır. Anketler Şubat ve Mart 2018 aylarında bire bir yapılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda kent merkezindeki parkların yeterli olmadığı (%78,8) sonucuna varılmıştır. Katılımcıların büyük çoğunluğu (%86,4) kış aylarında dış mekanda yapacak çok fazla etkinlik olanağı olmadığı için alışveriş merkezlerini daha çok kullandıkları ortaya çıkmaktadır. Yaşam mekanları yakınında istenilen dış mekan alan kullanımlarına bakıldığında ise katılımcıların %36,1'i park alanlarını ve %23,1'i kışın kullanabilecekleri kapalı çocuk oyun alanları istenmektedir. Yapılan araştırma sonucunda kent parklarından özellikle kış aylarında da yararlanılmasına yönelik soğuk iklim bölgelerinde yıl boyu peyzajın kullanılabileceği yeni peyzaj tasarımlarına ihtiyaç duyulduğu fikri üzerinde durulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Erzurum kent parkları yeterliliği, Avm tercihleri, Dış mekan kullanım anketleri

### Determination of Recreational Demands of Erzurum City People in Winter

**ABSTRACT:** Population density is increasing in urban areas due to urbanization movements. In this process, urban green areas have gained importance in terms of urban health, urban ecology and urban aesthetics. It is also important that these areas serve for the city population all year long, as well as their distribution, size, equipment, aesthetics, ecological and functional characteristics. Since the winter months are long and extreme in Erzurum, people have to live in closed areas for a long time. This situation increases the demand for recreational areas in the city center and its surroundings. A survey was conducted in order to determine the tendencies in which the urban people used their outdoor uses, which recreational facilities they wanted in these areas, the reasons for going to shopping centers, the direction of use of space in case of appropriate outdoor arrangements. The surveys were conducted one by one in February and March 2018. As a result of the research, it was concluded that the parks in the city center were not sufficient (78.8%). The majority of the participants (86.4%) stated that they prefer shopping centers because there is not much activity to do outside in the winter months. 36.1% of the participants demand parking spaces near living spaces and 23.1% of them require indoor playgrounds for children to use in winter. As a result of the research, it was emphasized the necessity of the closed landscape parks in the cold climate regions for the use of urban parks especially in winter months.

**Keywords:** Erzurum city parks adequacy, Mall center preferences, Outdoor use surveys

### GİRİŞ

Kentleşme, dünya çapında hızla ilerlemekte ve insanlığın yarısından fazlası artık kentsel alanlarda yaşamaktadır. Bu oranın 2050 yılına kadar %70'i geçmesi beklenmektedir (Heilig, 2012). Kırsal kesimden kent yaşantısına bu beklenmedik geçiş, doğal çevrelerle ve yeşil alanlar ile temas halinde

kalmada önemli bir azalmaya sebep olmuştur (Skár and Krogh, 2009; Turner et al., 2004).

Yeşil alanlar, özellikle kentsel mekanlarda insanlar için vazgeçilmez sosyal ve psikolojik bir ihtiyaçtır. Yoğun kent yaşamında insanların serbest zamanlarını geçirebileceği ve günlük yaşamdan

uzaklaşıp rahatlayabileceği açık mekanların, yeşil alanların ya da parkların varlığı sağlıklı bireylerin olması açısından büyük önem taşımaktadır (Baştürk, 2000).

Yapılan bilimsel araştırmalarda kentsel yeşil alanların ekolojik faydaları (Mcpherson, 1992; Nowak, 1994; Yılmaz vd., 2008; Chen and Jim, 2010), çevresel faydaları (Boone et al., 2009; Kabisch and Haase, 2014), rekreasyon faydaları (Talen and Anselin, 1998; Rigolon and Flohr, 2014), psikolojik faydaları (Yao et al., 2014; Mensah et al., 2016) ve ekonomik faydaları (Coolen and Meesters, 2012; Kabisch et al., 2015) olduğu ortaya konmuştur.

Çevresel yararlar arasında hava süzülmesi yoluyla yerel iklim kararlılığı (Gill et al., 2007; Jim and Chen, 2008; Bowler et al., 2010) yer almaktadır. Kentsel ısı adası etkilerinin azalması açısından büyük önem taşımaktadır. Sokak ağaçlarının özel konumunun ve ortaya çıkan gölgenin genel enerji tüketimini azalttığı bulunmuştur (Simpson, 2002). Ayrıca yeşil alanlar gürültüyü azaltır (Bolund and Hunhammar, 1999; Özer vd., 2008), karbon depolamasını artırır (Strohbach and Haase, 2012), yağmur suyu süzülmesi üzerinde olumlu etkileri vardır ve böylece su arıtmasını sağlamaktadır (Bolund and Hunhammar, 1999). Kentte yaşayanlar için sosyal yararlar arasında, yeşil alanların gerginliği azaltma ve rahatlama gibi zihinsel ve bedensel sağlık iyileştirmeleri yer almaktadır (Kuo et al., 1998; Maas et al., 2006; Konijnendijk et al., 2013). Yeşil alanlar sıcak havalarda yerel sıcaklıkları düşürerek biyoklimatik konforu artırır (Laforteza et al., 2009; Yılmaz ve Irmak, 2012; Breuste et al., 2013; Irmak et al., 2018). Aktif ve pasif faaliyetleri içeren rekreasyonel fırsatlar sağlayarak yaşam kalitesini doğrudan artırabilmektedir (Byrne and Wolch, 2009). Buna ek olarak, yeşil alanlar güvenlik algısını da artırır (Kuo et al., 1998). Yerel halkın buluşma yeri olarak sosyal etkileşimi desteklemektedir (Martin et al., 2004).

Bu yararlar göz önüne alındığında kentsel yeşil alanlar temel kamu hizmetleri olarak görülerek, kentin doğal ve kültürel özelliklerine göre planlama ve tasarımı dikkatlice ele alınmalıdır (Coolen and Meesters, 2012; Tian et al., 2014; Guzman et al., 2017; Xiao et al., 2017). Dikkat edilmesi gereken bir diğer husus da mevsimsel olarak yalnızca yazın değil, kış aylarında da yani insanların yıl boyu rekreasyon gereksinimini karşılayacak tasarımlar geliştirilmesidir.

Kış aylarında insanlar serbest zaman gereksinimlerini karşılamak için genellikle alışveriş merkezlerini kullanmaktadırlar. Özellikle kış mevsiminin uzun olduğu kentlerde kış kullanımına uygun olan yeni kentsel yeşil alan planlama ve tasarım yaklaşımlarına gereksinim vardır.

Doğu Anadolu Bölgesi, soğuk iklim koşullarının baskın olduğu, kış turizminin, hizmet sektörünün, tarım ve hayvancılığın öne çıktığı, nüfus yoğunluğunun daha çok kentsel mekanlarda toplandığı, çayır mera bitki örtüsünün ağırlık kazandığı bir peyzaj karakterine sahiptir. Kışların zor ve uzun olması insanların uzun süre kapalı mekanlarda yaşamak zorunda kalması nedeniyle kent merkezinde ve yakın çevresindeki etkinliğe açık veya kapalı rekreasyonel alanlarına olan gereksinimleri arttırmaktadır.

Doğu Anadolu Bölgesi'nin en önemli kentlerinden biri olan Erzurum kentinde son yıllarda dış mekan açık-yeşil alanlarının artırılmasına yönelik çalışmalara yer verilmektedir. Ancak bu alanlardaki rekreasyonel tesislerin tüm yıl boyunca halkın kullanımına olanak sağlaması bakımından yeterliliği tartışılabilir.

Bu araştırma, Erzurum kent halkının özellikle kış aylarındaki rekreasyonel istekleri, dış mekan açık yeşil alan kullanımları ve alışveriş merkezleri (Avm) tercih nedenlerini saptamak amacıyla yapılmıştır.

## **MATERYAL VE METOT**

### **Materyal**

Bu çalışma Erzurum kentinin farklı 3 noktasında bulunan, kış mevsiminde en fazla kullanılan ve kullanıcıların halkı temsil edeceği düşünülen 3 Avm'de yapılmıştır. Dolayısıyla çalışmanın ana materyalini bu Avm'lerdeki katılımcıların görüşleri oluşturmaktadır.

MÖ 4900 yıllarında kurulduğu tahmin edilen Erzurum Doğu Anadolu bölgesinin en büyük kentlerinden biridir. Erzurum'u da içine alan bölge tarih boyunca çeşitli kavim ve milletler tarafından yönetilmiştir. Osmanlıların şehir ve çevresini 1514 yılında ele geçirmiştir ve Türkiye Cumhuriyeti'nin kurulduğu zamana kadar bu topraklarda hüküm sürmüşlerdir. Aynı zamanda 23 Temmuz 1919'da milli mücadele, milli birlik ve bağımsızlık hareketinin temelini atıldığı kongre Erzurum'da toplanmıştır (Anonim, 2018a).



Şekil 1. Çalışma alanının konum haritası ve kentsel özellikleri

Erzurum ortalama 1950m rakımda bulunmaktadır ve yüzölçümü 25.355 km<sup>2</sup> olup, kent nüfusu yaklaşık 500 bin'dir. Ekstrem iklim şartlarına sahip yerleşim yerlerinden birisi olan kent, genelde soğuk iklimi simgeler (Şekil 1). En sıcak ay ortalaması 20.2°C olan kentin, yıllık ortalama sıcaklığı 6°C, en soğuk ay ortalaması -8.3°C'dir. Yağışlar düzensiz olup, yıllık yağış ortalaması 460.5mm olarak kaydedilmiştir (Anonim, 2018b). Ayrıca ilkbahar ve yaz mevsiminde en fazla yağışı alırken, en az yağışı kış mevsiminde alır. Genelde kışın yağışlar kar biçimindedir ve kar yağışlı gün sayısı 50 gündür fakat 114 gün kadar yerde kalma süresi vardır (Anonim, 2018c).

Palandöken ve Konaklı kış turizm merkezleri, tarihi mekanları, termal kaplıca merkezleri çok sayıda yerli ve yabancı turisti ağırlamaktadır. Bölgede turizmin yanı sıra hizmet sektörü, tarım ve hayvancılık temel geçim kaynağıdır. Ayrıca bölgede 2 adet Devlet Üniversitesi, önemli devlet kurumlarının müdürlükleri ve Doğu Anadolu bölgesi için önemli büyük hastane/sağlık merkezleri bulunmaktadır.

### Metot

Araştırmanın yöntemini sorun tanımlama, konu ile ilgili kaynak taraması, gözlem, anket çalışması, analiz ve değerlendirmesi oluşturmaktadır.

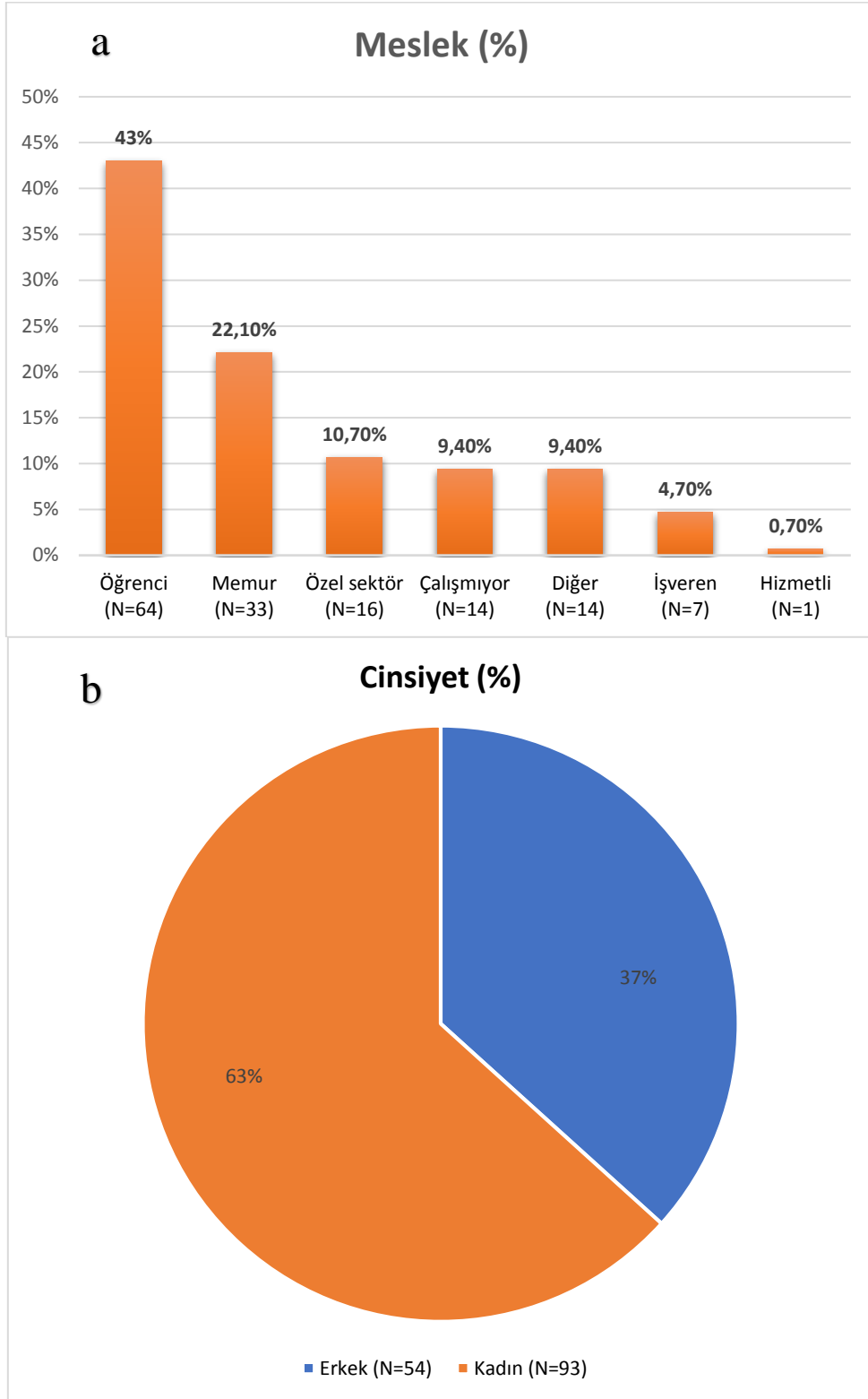
Erzurum kentinde yapılan gözlemlerde kent halkının özellikle kış aylarında Avm'lere yoğun ilgisinin olduğu, dış mekan açık-yeşil alanların kullanılmadığı belirlenmiştir. Kent halkının dış mekan kullanımlarındaki seçimleri, bu alanlarda hangi rekreasyonel tesisleri istedikleri, alışveriş merkezlerine gidiş nedenleri, uygun dış mekan düzenlemelerinin olması durumunda mekan kullanım isteklerinin hangi yönde olacağı gibi eğilimleri belirlemek amacıyla bir anket çalışması yapılmıştır. Anket kent merkezindeki Avm'lerde 1.5 aya yayılarak Şubat ve Mart 2018 tarihlerinde farklı saat ve günlerde yapılmıştır. Günlük %1 ziyaretçi olasılığı göz önüne alınarak anket sayısı 150 kişi olarak belirlenmiş olup birebir yürütülmüştür. Anket sonuçları SPSS for Windows 22.00 istatistik programı ile analiz edilmiş ve sonuçlar şekil ve tablolarla verilmiştir.

### Bulgular

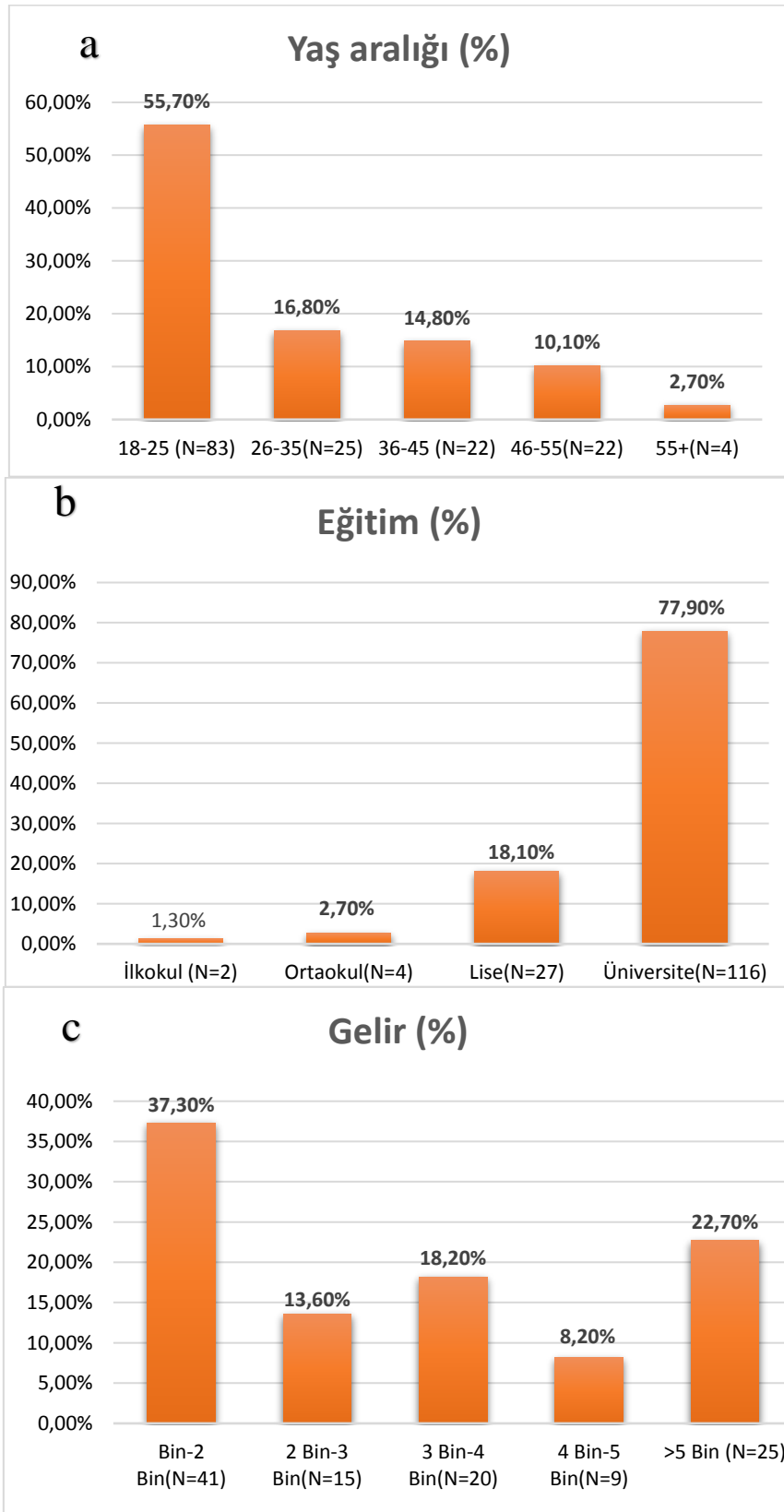
#### Ankete Katılanların Bireysel Özellikleri

Ankete katılanların büyük çoğunluğunu (%43) üniversite öğrencileri oluştururken, bunu %22.1 ile memurlar izlemiştir. Katılımcıların %63.3'ü kadın ve %36.7'si erkektir (Şekil 2, 3).

Gelir durumlarına bakıldığında bin-2 bin TL arası gelire sahip olanlar %37.3 ve 5 bin TL üstü kazancı olanlar ise %22.7 bulunmuştur (Şekil 3).



Şekil 2. Ankete katılanların özellikleri (a: meslek, b: cinsiyet)



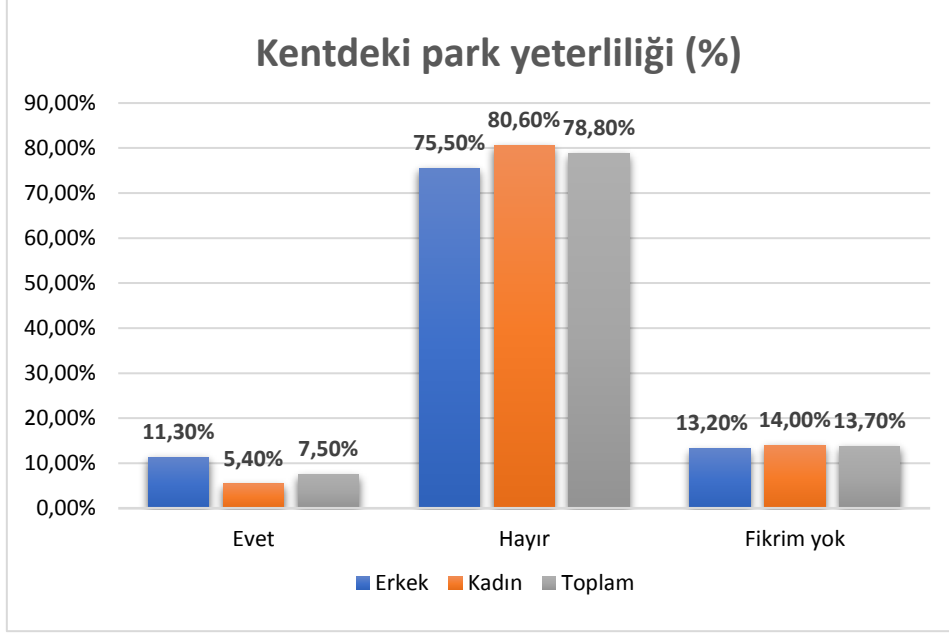
Şekil 3. Ankete katılanların yaş aralığı, eğitim ve gelir düzeyleri (a: yaş aralığı, b: eğitim c: gelir)



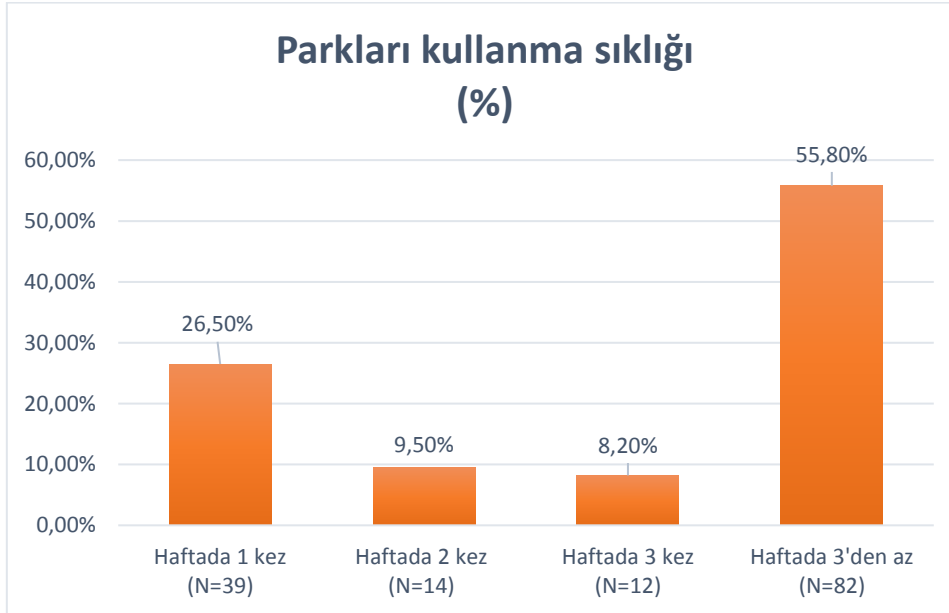
### Erzurum Kent Parklarının Yeterliliği ve Kullanım Sıklığı

Anket katılımcılarının %78.8'i kent merkezindeki parkların yeterli olmadığını belirtmiştir. Kadınlar parkları %80.6 yetersiz görürken, bu oran erkeklerde %75.5'dir (Şekil 4).

Ankete katılanlar parkları en fazla haftada 1 kez (%26.5) kullanırken, büyük çoğunluğunun (%55.8) parkları düzenli olarak kullanmadıkları belirlenmiştir. (Şekil 5).



Şekil 4. Erzurum kent merkezindeki parkların yeterliliği konusunda katılımcı görüşleri

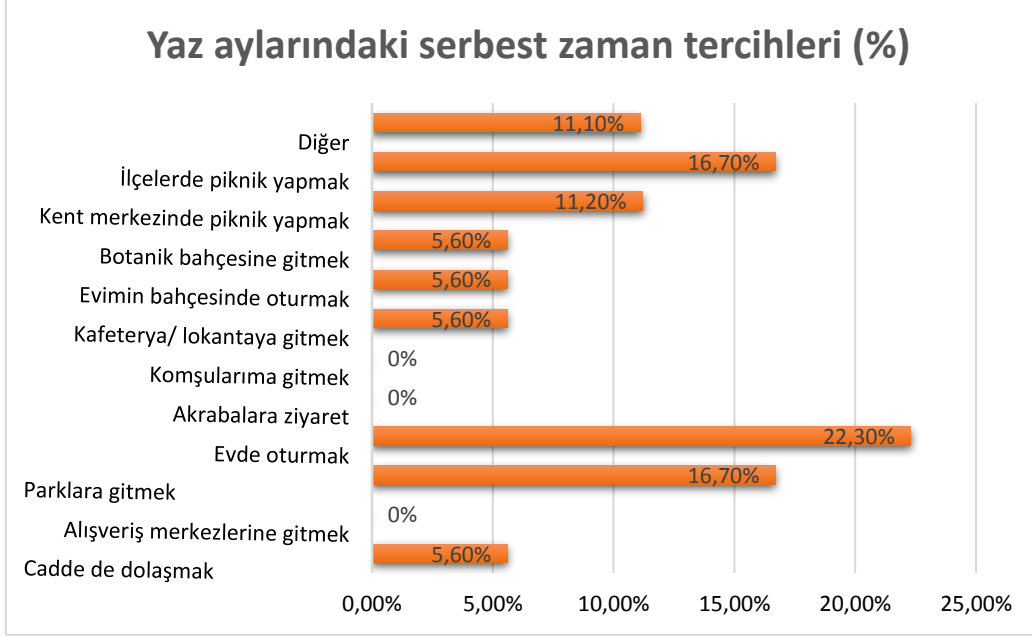


Şekil 5. Katılımcıların parkları kullanma sıklığı

### Katılımcıların Serbest Zaman Tercihleri

Yaz ve kış aylarında katılımcıların serbest zaman tercihleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yaz aylarında katılımcıların %22.3'ü evde oturmayı, %16.7'si parklara gitmeyi ve %16.7'si ilçelerde piknik yapmayı seçmişlerdir. Yaz aylarında insanlar daha çok dış

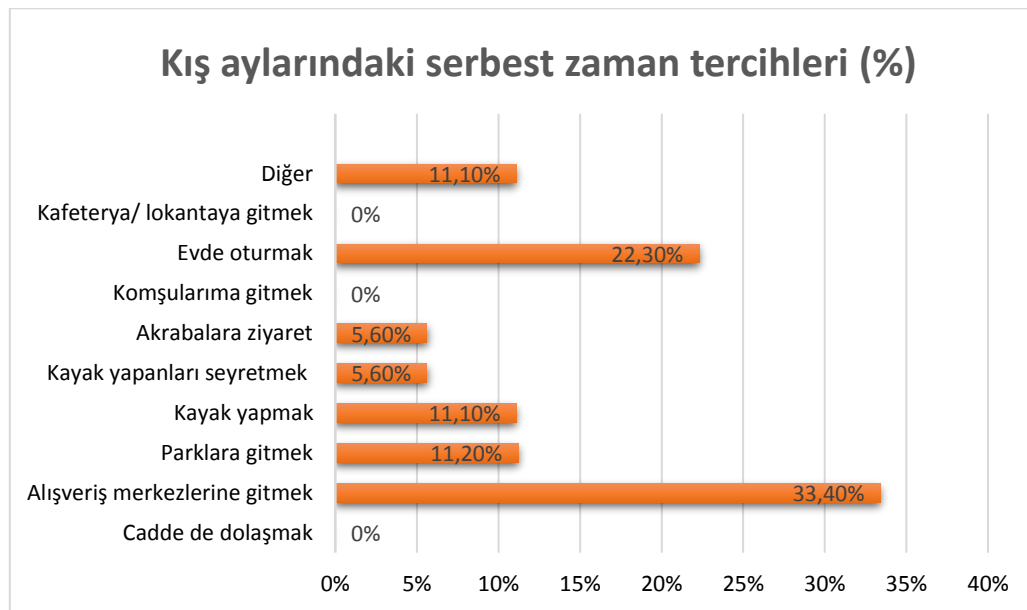
mekanları kullandıkları ortaya çıkmaktadır. Katılımcıların çoğunluğunun öğrenci ve memur olmasından dolayı komşulara ve akrabalara ziyaret yapmadıkları görülmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Katılımcıların yaz aylarındaki serbest/boş zaman tercihleri

Kış aylarında ise katılımcıların %33.4'ü alışveriş merkezine gitmek, %22.3 evde oturmak tercihinde bulunulmuştur. Şekil 7'de görüldüğü üzere soğuk

iklim bölgesinde yaşayan insanlar dışarıda bir süre geçirmek istediklerinde daha çok alışveriş merkezlerini yeğlemektedir.



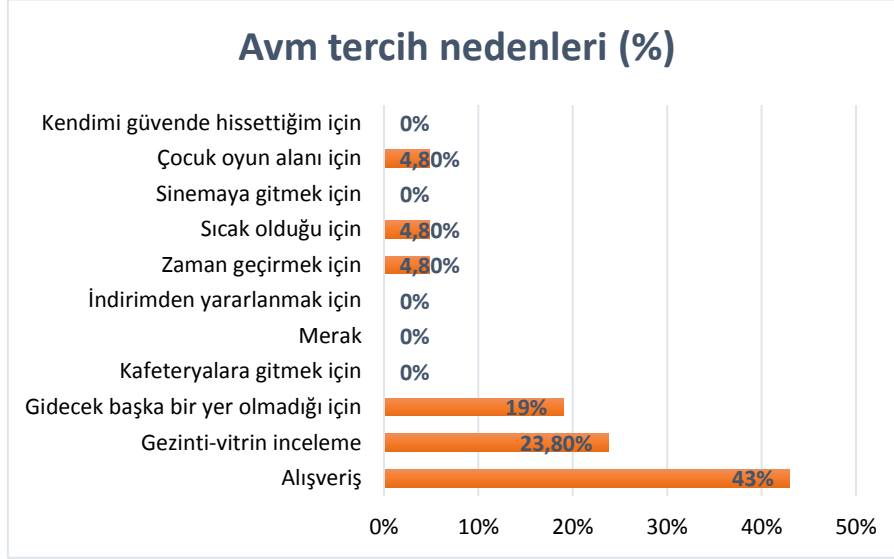
Şekil 7. Katılımcıların kış aylarında serbest zaman tercihleri

### Katılımcıların Alışveriş Merkezi Tercihleri

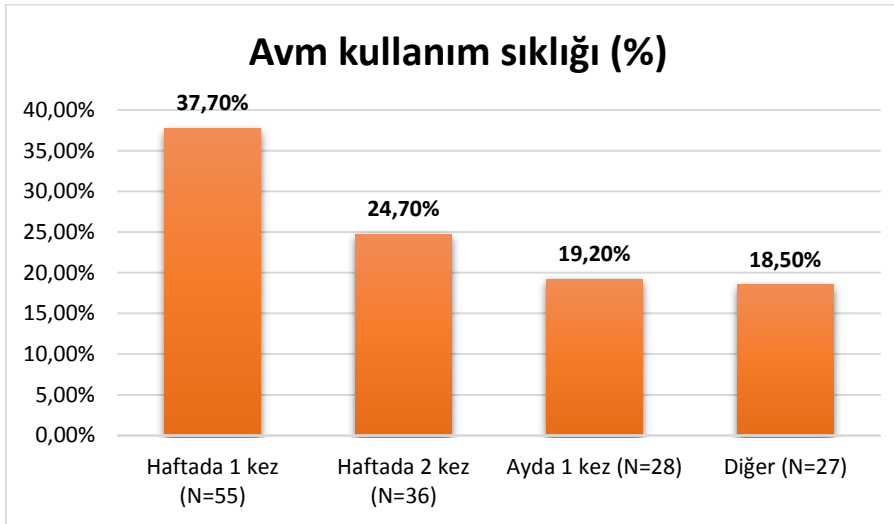
Alışveriş merkezlerini katılımcıların %43'ü alışveriş, %23.8'i ise gezinti-vitrin incelemek için tercih ettikleri belirlenmiştir. Bu da soğuk iklim bölgelerinde insanların %57'sinin alışveriş dışında dış

mekan yerine yine de alışveriş merkezlerini tercih ettiklerini göstermektedir (Şekil 8).

Katılımcıların %37.7'si alışveriş merkezlerini haftada 1 kez tercih ederken, %24.7'si ise haftada 2 kez tercih etmektedir (Şekil 9).



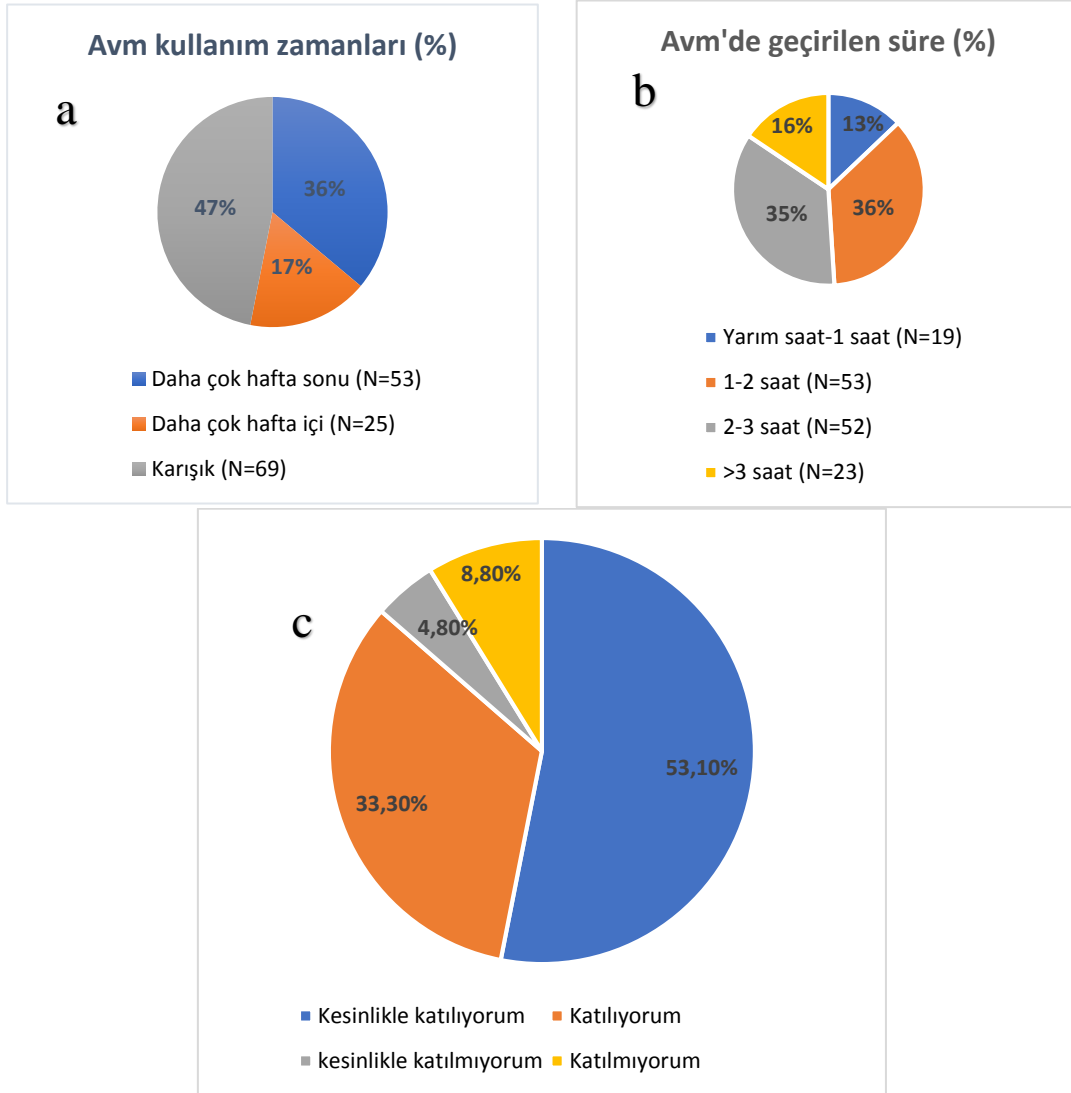
Şekil 8. Katılımcıların alışveriş merkezlerini tercih nedenleri



Şekil 9. Katılımcıların alışveriş merkezlerini kullanım sıklığı

Katılımcıların %46.9'u alışveriş merkezlerine farklı zamanlarda ve %36.1'i daha çok hafta sonu gittiklerini belirtmiştir. Katılımcıların %36.1'i alışveriş merkezlerinde 1-2 saat geçirirken, %35.4'ü 2-3 saat geçirdiklerini belirtmişlerdir. Katılımcıların büyük çoğunluğu (%86.4) kış aylarında dış mekanda

yapacak çok fazla faaliyet olmadığı için alışveriş merkezlerini seçtiklerini belirtmişlerdir. Erzurum kenti için yapılan bu çalışmada katılımcıların seçeneklerden alışveriş merkezlerini seçmeleri rekreatif tesislerin yetersizliğini ortaya koymuştur (Şekil 10).

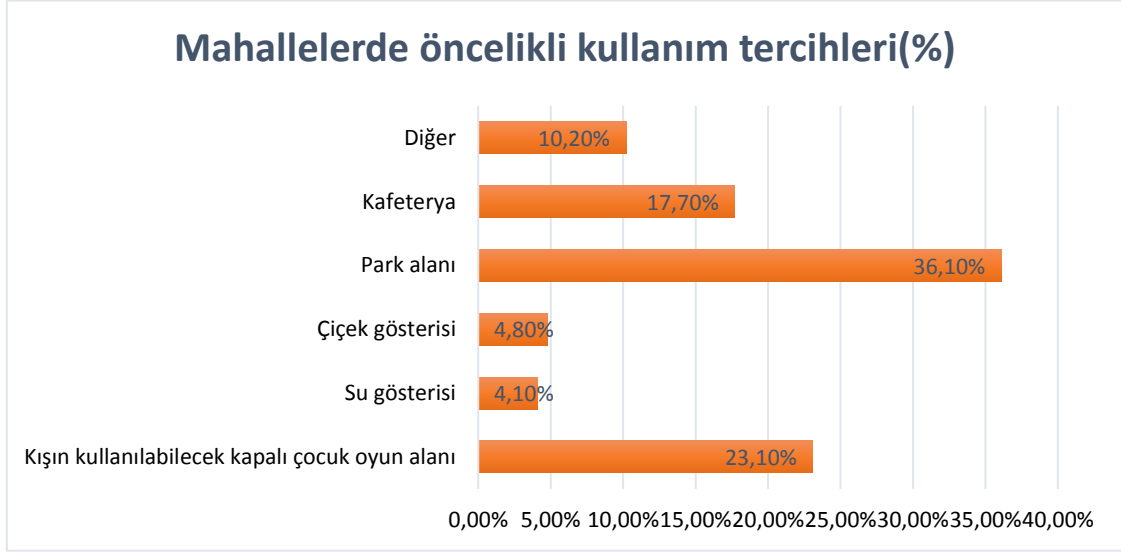


Şekil 10. Katılımcı tercihleri (a: Katılımcıların alışveriş merkezlerini kullanım zamanları b: Katılımcıların alışveriş merkezlerinde geçirdiği zaman geçirdiği zaman aralıkları c: Kış aylarında kent merkezinde seçenek olarak başka alan bulunmadığı için alışveriş merkezleri daha çok kullanılmak zorunda kalmaktadır)

#### Yaşam Mekanı Yakınında İstenen Dış Mekan Alan Kullanımları

Kent sakinleri yaşam mekanları çevresinde, %36.1'i park alanlarını ve %23.1'i kışın kullanabilecekleri kapalı çocuk oyun alanları

istenmektedir. Bu durum soğuk iklim bölgesindeki insanların isteklerinin dışarıda zaman geçirebilecekleri mekanlar olduğunu göstermektedir (Şekil 11).

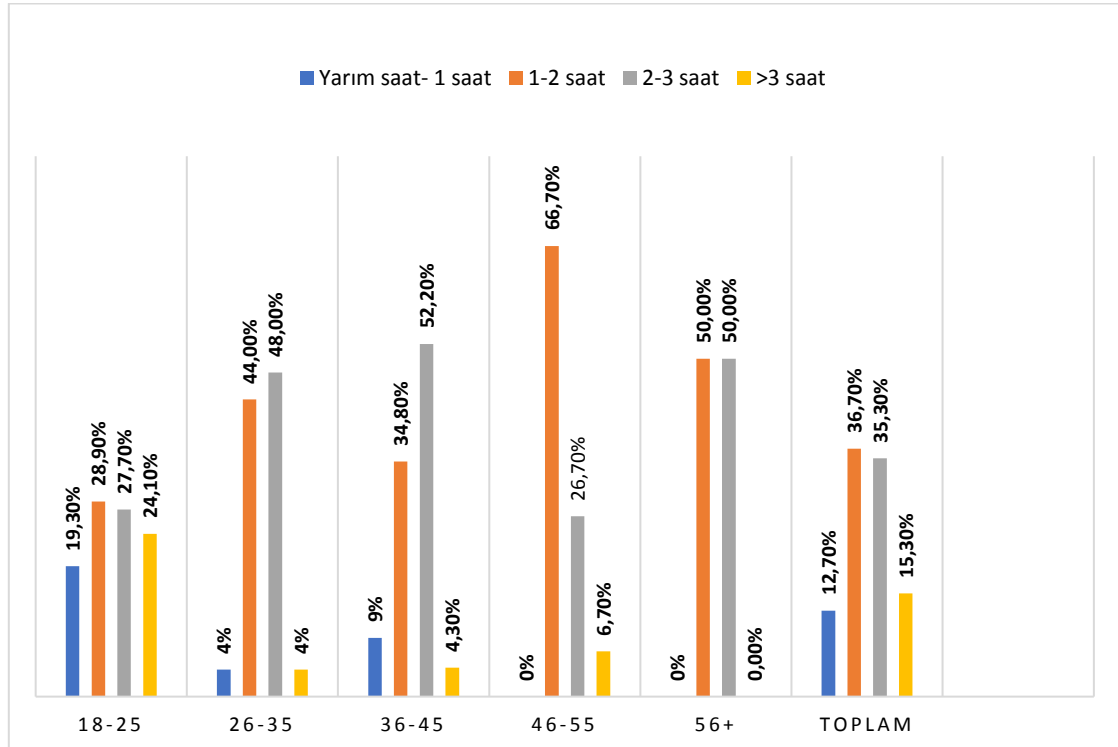


Şekil 11. Katılımcıların mahallelerindeki öncelikli tercihleri

#### Katılımcı Görüşlerinin İstatistik Yaklaşımı

Yapılan anketin istatistiksel değerlendirilmesinde, sonucun anlamlı olabilmesi için pearson chi-square (ki-kare) değerindeki asymp.sig kısmı 0.05 'ten küçük

olmalıdır. Bu anketin sonucunda anlamlı bulunan değerlerin analizi Tablo 1'de ve yaşa göre alışveriş merkezinde ne kadar zaman geçirdiklerinin dağılımı Şekil 12'de verilmiştir.



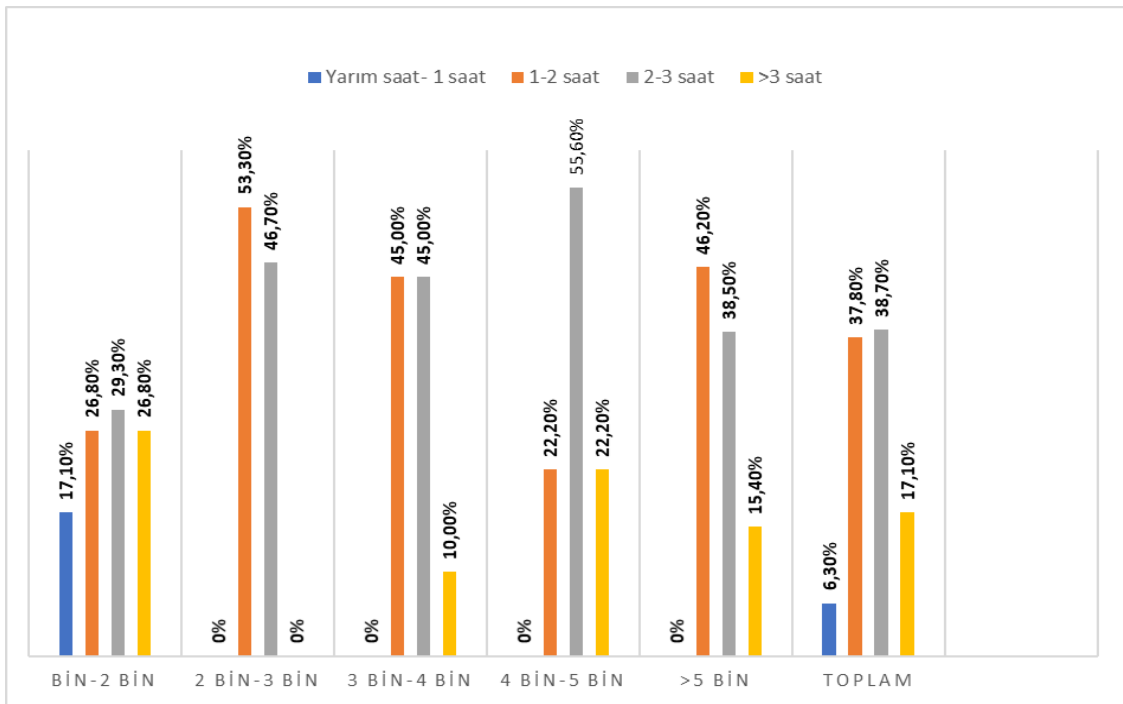
Şekil 12. Alışveriş merkezlerinde zaman geçirme aralığının yaşa göre dağılımı

Tablo 1. Alışveriş merkezlerinde zaman geçirme aralığının yaşa göre analizi

	Value	df	Asymp.Sig (2-sided)
Pearson Chi-Square (Ki-Kare)	29,981 <sup>a</sup>	12	0,008
Likelihood ratio (olabilirlik oranı)	30,467	12	0,002
Linear-by-linear association (doğrusal ilişki)	0,337	1	0,562
N of Valid Cases (geçerli olgular)	150		

Yapılan anketin analizinde pearson chi-square (ki-kare) değerindeki asymp.sig kısmı 0.05'ten küçük olduğu için anlamlıdır. Bu anketin sonucunda anlamlı

bulunan değerlerin analizi Tablo 2'de ve gelire göre alışveriş merkezlerinde zaman geçirme aralığı Şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 13. Gelire göre alışveriş merkezlerinde zaman geçirme aralığı

Tablo 2. Gelire göre alışveriş merkezlerinde zaman geçirme aralığı analizi

	Value	df	Asymp.Sig (2-sided)
Pearson Chi-Square (Ki-Kare)	23,197 <sup>a</sup>	12	0,026
Likelihood ratio (olabilirlik oranı)	27,596	12	0,006
Linear-by-linear association (doğrusal ilişki)	0,328	1	0,567
N of Valid Cases (geçerli olgular)	111		

## SONUÇ

Anket sonuçlarına göre katılımcıların %78.8'i kent merkezindeki parkların yeterli olmadığını belirtmiştir. Yaz aylarında serbest zaman isteklerine bakıldığında katılımcıların %22.3'ü evde oturmayı, %16.7'si parklara gitmeyi ve %16.7'si ilçelerde piknik yapmayı istedikleri belirlenmiştir. Sonuçlara göre yaz aylarında insanlar daha çok dış mekanları

tercih etmektedir. Kış aylarındaki serbest zaman isteklerine bakıldığında ise katılımcıların %33.4'ü alışveriş merkezine gitmek, %22.3 evde oturmak tercihinde bulunulmuştur. Katılımcıların büyük çoğunluğu (%86.4) kış aylarında dış mekanda yapacak çok fazla faaliyet olmadığı için alışveriş merkezlerine gittiklerini ifade etmişlerdir. Katılımcıların %43'ünün alışveriş merkezlerini alışveriş yapmak için,

%23.8'inin ise gezinti-vitrin incelemek için Avm'yi kullandıkları belirlenmiştir. Yani soğuk iklim bölgelerinde insanların %57'si alışveriş yapmadığı halde alışveriş merkezlerini kullanmaktadır. Çıkan sonuçlarda her ne kadar öğrenci sayısı fazla (%43) olsa da ankete katılım isteği ve Avm'lerin kullanan kişilerin yoğunluğundan dolayı çalışmanın verileri ortaya konmuştur. Çalışmanın ilerlemesi açısından ev sakinlerine de anket yapılabilir. Fakat yaşanan kentte çıplak gözle de kapalı peyzaj anlayışının benimsenmesi gerekliliği savunulmaktadır. Çünkü kapalı rekreasyon alanların eksikliği insanları alışveriş merkezlerinde zaman geçirmeye zorunlu bırakmaktadır. Yaşam mekanları yakınında istenilen dış mekan alan kullanımlarına bakıldığında ise katılımcıların %36,1'i park alanlarını ve %23,1'i kışın kullanabilecekleri kapalı çocuk oyun alanları istenmektedir. Erzurum kenti için yapılan bu çalışmada katılımcıların verdikleri cevaplar kış mevsiminde kullanılacak rekreasyonel tesislerin yetersizliğini ortaya koymuştur. Uzun kış mevsiminin hakim olduğu kentte özellikle kış aylarında kullanılacak rekreasyon alanlarına gerek vardır.

Yapılan bu çalışmada kışları uzun ve sert geçen kent merkezinde dış mekan açık yeşil alanlarının yıl boyunca kullanılacak donanımı bulunmadığı anlaşılmaktadır. Kış aylarında kapalı mekanda spor faaliyetlerine yönelik tesisler daha çok kamu kurumlarına ait olup, kış turizmüne yönelik tesisler daha çok belirli bir ekonomik yapıdaki kent sakinlerince kullanılmaktadır. Ülkemizin en önemli kış turizm merkezlerinden birisi durumunda olan Palandöken Kayak Merkezi kentimizin rekreasyonel taleplerinden çok turizm ağırlıklıdır. Yerel yönetimlerin bu merkezde ve kent içinde dış mekan kullanımlarına yönelik yapmış olduğu çalışmalar olumlu olmakla beraber farklı ekonomik, sosyal ve kültürel yapıdaki kent sakinlerinin yıl boyu yararlanabileceği açık yeşil alanlara gereksinim vardır. Kolay erişilebilen, ucuz, konforlu, güvenli, her yaş ve cinsiyetten insanların kullanabileceği kamusal dış mekanlar yeni bir anlayışla ele alınmalıdır. Özellikle kentin bölgemizin en gelişmiş yerleşkelerinden biri olması, ana ulaşım koridoruna sahip olması, kış turizmi ile dünyaya açılması, sağlık ve eğitim merkezi durumunda olması, iklim şartları vb gibi kaynak değerleri göz önüne alındığında yeni açık yeşil alan planlama ve tasarımlarına gidilmelidir. Kış aylarında özellikle kent parklarına işlev kazandırmaya yönelik kapalı mekan peyzaj tasarımları kentte ön planda tutulmalıdır. Kentte marka değeri kazandıracak ve kent insanına tüm yıl boyunca rekreasyonel fırsatlar sunacak büyük bir bölge parkı içerisinde iklim şartlarından etkilenilmeyecek ve her zaman kullanılacak peyzaj düzenlemelerine gidilmelidir. Böyle bir merkez aynı zamanda buz müzesi, buz sporları, biyoçeşitlilik müzesi, mini arboretum (bitki

müzesi), lokal alışveriş ve geleneksel el sanatları müzesi, yeme-içme vb. ünitelerle desteklenmelidir. Bu alanın yapımında parasal kaynak sorunu aşılması durumunda sadece yılın kısa bir bölümünde kullanılan çok sayıda parklar yerine kent, bölge ve ülkede örnek oluşturabilme fırsatı yakalanacaktır. Dünya'da bu tip kapalı rekreasyonel alanları bulunmaktadır (Eden Project) (Anonim, 2018d).

Sonuç olarak zor iklim şartlarının yaşandığı Erzurum gibi soğuk kent kimliği taşıyan kentsel mekanlarda dış mekan peyzaj düzenlemelerinde yeni yaklaşımlara gereksinim vardır. Dış mekan kullanımını bütün yıla yayma açısından özellikle de kış aylarında iklimi kontrol eden kış bahçeleri gibi kapalı peyzaj mekan düzenlemeleri maliyeti yüksek olmakla beraber iyi bir kış dostu peyzaj kullanımı olarak yararlı görülmektedir. Bu mekanlar aynı zamanda kentlerin marka değerlerini artırmada etkin rol üstlenebilirler. Sadece kent halkının rekreasyonel isteklerini karşılamakla kalmayıp, aynı zamanda kentin turizminin de çeşitlendirilmesine katkı sağlayacaktır.

#### KAYNAKLAR

- Anonim 2018b. [www.erkurum.bel.tr/IcerikDetay-erkurum\\_tarihi/19/1.html](http://www.erkurum.bel.tr/IcerikDetay-erkurum_tarihi/19/1.html) (Erişim Tarihi: 15 Mart 2018)
- Anonim, 2018a. <https://www.arkeolojikhaber.com> (Erişim Tarihi: 15 Mart 2018)
- Anonim, 2018c. <http://www.erkurumkulturturizm.gov.tr/TR-56063/cografya.html> (Erişim Tarihi: 16 Mart 2018)
- Anonim, 2018d. <https://www.edenproject.com> (Erişim Tarihi: 02 Nisan 2018)
- Baştürk, Ö., 2000. Peyzaj tasarım kriterleri açısından, açık mekanlarda insan-çevre etkileşimi. İstanbul Teknik Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 120 s.
- Bolund, P., Hunhammar, S., 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29 (2): 293-301.
- Boone, C.G., Buckley, G.L., Grove, J.M., Sister, C., 2009. Parks and people: An environmental justice inquiry in Baltimore, Maryland. *Annals of the Association of American Geographers*, 99 (4): 767-787.
- Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., Pullin, A.S., 2010. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and urban planning*, 97 (3): 147-155.
- Breuste, J., Haase, D., Elmquist, T., 2013. Urban landscapes and ecosystem services. *Ecosystem services in agricultural and urban landscapes*, 83-104.
- Byrne, J., Wolch, J., 2009. Nature, race, and parks: past research and future directions for

- geographic research. *Progress in Human Geography*, 33 (6): 743-765.
- Chen, W. Y., Jim, C.Y., 2010. Resident motivations and willingness-to-pay for urban biodiversity conservation in Guangzhou (China). *Environmental Management*, 45 (5): 1052-1064.
- Coolen, H., Meesters, J., 2012. Private and public green spaces: meaningful but different settings. *Journal of Housing and the Built Environment*, 27 (1): 49-67.
- Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R., Pauleit, S., 2007. Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built environment*, 33 (1): 115-133.
- Guzman, L.A., Oviedo, D., Rivera, C., 2017. Assessing equity in transport accessibility to work and study: The Bogotá region. *Journal of Transport Geography*, 58: 236-246.
- Heilig, G.K., 2012. *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs (DESA), Population Division, Population Estimates and Projections Section.
- Irmak A., Yilmaz S., Mutlu E., Yilmaz H., 2018. Assessment of the effects of different tree species on urban microclimate. *Environmental Science and Pollution Research*, 25 (16): 15802-15822.
- Jim, C.Y., Chen, W.Y., 2008. Assessing the ecosystem service of air pollutant removal by urban trees in Guangzhou (China). *Journal of Environmental Management*, 88 (4): 665-676.
- Kabisch, N., Haase, D., 2014. Green justice or just green? Provision of urban green spaces in Berlin, Germany. *Landscape and Urban Planning*, 122: 129-139.
- Kabisch, N., Qureshi, S., Haase, D., 2015. Human-environment interactions in urban green spaces- A systematic review of contemporary issues and prospects for future research. *Environmental Impact Assessment Review*, 50: 25-34.
- Konijnendijk, C.C., Annerstedt, M., Nielsen, A.B., Maruthaveeran, S., 2013. Benefits of urban parks. A systematic review. A Report for IFPRA.
- Kuo, F.E., Bacaicoa, M., Sullivan, W.C., 1998. Transforming inner-city landscapes: Trees, sense of safety, and preference. *Environment and Behavior*, 30 (1): 28-59.
- Laforteza, R., Carrus, G., Sanesi, G., Davies, C., 2009. Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress. *Urban Forestry & Urban Greening*, 8 (2): 97-108.
- Maas, J., Verheij, R.A., Groenewegen, P.P., De Vries, S., Spreeuwenberg, P., 2006. Green space, urbanity, and health: how strong is the relation?. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 60 (7): 587-592.
- Martin, C.A., Warren, P.S., Kinzig, A.P., 2004. Neighborhood socioeconomic status is a useful predictor of perennial landscape vegetation in residential neighborhoods and embedded small parks of Phoenix, AZ. *Landscape and Urban Planning*, 69 (4): 355-368.
- McPherson, E.G., 1992. Accounting for benefits and costs of urban greenspace. *Landscape and Urban Planning*, 22 (1): 41-51.
- Mensah, C.A., Andres, L., Perera, U., Roji, A., 2016. Enhancing quality of life through the lens of green spaces: A systematic review approach. *International Journal of Wellbeing*, 6 (1): 142-163.
- Nowak, D.J., 1994. Air pollution removal by Chicago's Urban forest, In: McPherson, E.G, D.J, Nowak and R. A. Rowntree. *Chicago's Urban Forest Ecosystem: Result of the Chicago's Urban Forest Climate Project*, USDA Forest Service General Technical Report, NE-186: 63-81.
- Özer, S., Irmak, M.A., Yilmaz, H., 2008. Determination of roadside noise reduction effectiveness of *Pinus sylvestris* L. and *Populus nigra* L. in Erzurum, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 144 (1-3): 191-197.
- Rigolon, A., Flohr, T.L., 2014. Access to parks for youth as an environmental justice issue: access inequalities and possible solutions. *Buildings*, 4 (2): 69-94.
- Simpson, J.R., 2002. Improved estimates of tree-shade effects on residential energy use. *Energy and Buildings*, 34 (10): 1067-1076.
- Skár, M., Krogh, E., 2009. Changes in children's nature-based experiences near home: From spontaneous play to adult-controlled, planned and organised activities. *Children's Geographies*, 7 (3): 339-354.
- Strohbach, M.W., Haase, D., 2012. Above-ground carbon storage by urban trees in Leipzig, Germany: Analysis of patterns in a European city. *Landscape and Urban Planning*, 104 (1): 95-104.
- Talen, E., Anselin, L., 1998. Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds. *Environment and Planning A*, 30 (4): 595-613.
- Tian, Y., Jim, C.Y., Wang, H., 2014. Assessing the landscape and ecological quality of urban green spaces in a compact city. *Landscape and Urban Planning*, 121: 97-108.
- Turner, W.R., Nakamura, T., Dinetti, M., 2004. Global urbanization and the separation of humans from nature. *Bioscience*, 54 (6): 585-590.



- Xiao, Y., Wang, Z., Li, Z., Tang, Z., 2017. An assessment of urban park access in Shanghai–Implications for the social equity in urban China. *Landscape and Urban Planning*, 157: 383-393.
- Yao, L., Liu, J., Wang, R., Yin, K., Han, B., 2014. Effective green equivalent-A measure of public green spaces for cities. *Ecological indicators*, 47: 123-127.
- Yılmaz, H., Irmak, M.A., 2012. Yerleşke Planlamasında Bitkisel Tasarım İlkeleri; Atatürk Üniversitesi Yerleşkesi Örneği. Atatürk Üniv. Yayınları, No:1011, Erzurum, 192 s.
- Yılmaz, H., Yıldız, N.D., Yılmaz, S., 2008. Effects of snow-reflected light levels on human visual comfort. *Environmental Monitoring and Assessment*, 144 (1-3): 367-375.

## Katı-Sıvı Ekstraksiyonda Kullanılan Modern Teknikler ve Bu Teknikler Arasında Ultrason Yardımlı Ekstraksiyonun Yeri

Memnune ŞENGÜL 

Elif Feyza TOPDAŞ\* 

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

(\*Sorumlu yazar e-mail: efeyza.topdas@atauni.edu.tr)

DOI: 10.17097/ataunizfd.466649

**Geliş Tarihi (Received Date): 02.10.2018**

**Kabul Tarihi (Accepted Date): 29.03.2019**

**ÖZ:** Son yıllarda biyomoleküller nutrasötik potansiyelleri nedeniyle ilgi çekmekte ve bu bileşenlerin çeşitli doğal kaynaklardan ekstraksiyonunda kullanılan tekniklerin geliştirilmesi yönünde yapılan çalışmalar artmaktadır. Bitki hücre duvarında bulunan hemiselüloz, nişasta ve pektin gibi polisakkaritlerin varlığı klasik ekstraksiyon tekniklerinin etkinliğini azaltmaktadır. Ayrıca klasik teknikler; uzun ekstraksiyon süreleri, fazla miktarda çözücü ihtiyacı, düşük ekstraksiyon seçiciliği, yüksek maliyet ve fazla miktarlarda çözücünün buharlaştırılma zorunluluğu gibi olumsuz yönlere de sahiptir. Bu nedenle, biyomoleküllerin etkin şekilde kazanımı için yeşil ve yeni ekstraksiyon tekniklerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan ultrason uygulaması ile oluşan mikron ebatındaki oyukcuklar hücre duvarında bozunmaya ve parçacık boyutlarında küçülmeye neden olmakta ve böylece kütle transferini hızlandırarak ekstraksiyon oranlarının artmasını sağlamaktadır. Ultrason yardımlı ekstraksiyon, işlem süresini kısaltmakla birlikte daha yüksek saflıkta ürün eldesi sağlamakta, enerji sarfiyatını azaltmakta ve daha az çözücü kullanımı ile çevreci bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu derlemede modern ekstraksiyon teknikleri bütünsel bir bakış açısı ile ele alınmakta ve bu teknikler içerisinde ultrason yardımlı ekstraksiyonun yeri detaylı olarak ifade edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekstraksiyon, Ultrason, Ultrason yardımlı ekstraksiyon, Biyomolekül

### Modern Techniques Used in Solid-Liquid Extraction and the Place of Ultrasound Assisted Extraction Among These Techniques

**ABSTRACT:** In recent years, biomolecules have attracted attention due to their nutraceutical potentials and studies on development of techniques for the extraction of these components from various natural sources are increasing. The presence of polysaccharides such as hemicelluloses, starch, pectin inside the plant cell wall, reduces the extraction efficiency of conventional extraction techniques. Also, conventional techniques has negative aspects namely, long extraction times, large amount of solvent, low extraction selectivity, high cost and the necessity of solvent evaporation in excess amounts. Therefore, there is a need for the development of green and new extraction techniques for the efficient recovery of biomolecules. By ultrasound application which is a modern extraction technique, micron sized cavities cause degradation in the cell wall and a decrease in particle size and so it accelerates mass transfer and increase the extraction rates. Ultrasonic extraction shortens the processing time and provides a higher product purity, reduces energy consumption and results in an environmentally friendly technology with less solvent usage. In this review, modern extraction techniques are considered from a holistic point of view and the location of the ultrasonic extraction among these techniques is expressed in detail.

**Keywords:** Extraction, Ultrasound, Ultrasound assisted extraction, Biomolecule

### GİRİŞ

Seçici çözücüler kullanılarak bitki veya hayvan dokularındaki biyoaktif bileşenlerin inört veya inaktif kısımlardan ayrılmasını içeren işlemler bütünü 'ekstraksiyon' olarak tanımlanmaktadır (Handa et al., 2008). Bitkisel ekstraktlar ise; bitkilerin yaprak, çiçek, tohum, kök veya kabuk kısımlarından bir ekstraksiyon prosedürü uygulanarak elde edilmiş aktif bileşenler veya bileşenlerin karışımı olarak tanımlanabilmektedir. İdeal bir ekstraksiyon yöntemi basit, ucuz, hızlı ve çevreci olmanın yanı sıra istenen bileşenin yüksek verimde elde edilmesini sağlamalıdır (Chemat et al., 2011). Ekstraksiyonda elde edilen biyoaktif bileşenler kayıp ve bozunmaya uğramadan ve ayrıca ilave saflaştırma gerektirmeden elde edilmelidir (Demir, 2015). Katı bir maddenin bileşenlerinden birinin veya bir bölümünün uygun bir çözücü kullanılarak elde edilmesi prensibine dayanan katı: sıvı ekstraksiyonda verim; çözücü türü, pH, katı-

sıvı oranları, partikül boyutu, sıcaklık ve süre gibi faktörlerden etkilenmektedir (İlbay, 2016). Bitkisel materyallerden biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu özellikle kozmetik, bitkisel kaynaklı ilaç ve gıda endüstrilerini ilgilendirmektedir (Vinatoru et al., 2017).

### Modern Ekstraksiyon Yöntemleri

Klasik ekstraksiyonda karşılaşılan; uzun ekstraksiyon süresi, yüksek maliyet, yüksek saflıkta çözücü ihtiyacı, büyük miktarlarda çözücünün buharlaştırılma zorunluluğu, düşük ekstraksiyon seçiciliği ve sıcaklığa hassas bileşenlerin termal bozunumu (Chemat, 2017) gibi olumsuzlukların giderilme çabaları, yeni ekstraksiyon tekniklerinin geliştirilmesini sağlamıştır (Azmir et al., 2013). Ultrason yardımlı ekstraksiyon, enzim yardımlı ekstraksiyon, mikrodalga yardımlı ekstraksiyon,

vurgulu elektrik alanı yardımcı ekstraksiyon, süperkritik akış ekstraksiyonu ile basınçlı sıvı ekstraksiyonu gibi yöntemler modern ekstraksiyon yöntemleri olarak geliştirilmiş olup; bu tekniklerden bazıları, ABD Çevre Koruma Kurumu tarafından belirlenen standartlara uyduğu için 'yeşil teknikler' olarak adlandırılmaktadır (EPA, 2017). Günümüzde geliştirilen ekstraksiyon tekniklerinde aranan temel özellikler; daha güvenilir kimyasalların kullanımı, enerji verimliliği tasarımı, yenilenebilir hammadde kullanımı, kirliliğin önlenmesi, kısaltılmış ekstraksiyon süresi, düşük maliyet ve kazaların önlenmesi şeklinde sıralanabilmektedir (Wen et al., 2018).

### 1. Vurgulu Elektrik Alanı Yardımlı Ekstraksiyon

Vurgulu elektrik alanı (VEA) son on yılda presleme, kurutma, ekstraksiyon ve difüzyon proseslerinin iyileştirilmesinde yararlı bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Barsotti and Cheftel, 1998; Angersbach et al., 2000; Vorobiev et al., 2005; Vorobiev and Lebovka, 2006). VEA'nın temel prensibi, bir seri elektrot arasına yerleştirilen ürüne 1-100 µs arasında değişen sürelerde elektrik vurguları uygulanarak hücre zarının yapısının parçalanması ve ekstraksiyonun etkinliğinin artırılmasıdır. VEA'a maruz kalan hücrede moleküller dipol özelliklerine dayanarak hücre içerisinde yüklerine göre membran yüzeyinin iki tarafında birikmektedirler. Biriken yüzey yükleri transmembran potansiyelini ve elektromekanik stresi artırmaktadır. Transmembran potansiyeli yaklaşık 1 Volt'luk kritik bir değeri aştığında membranın zayıf bölgelerinde yük taşıyıcı moleküller arasında itme meydana gelmekte ve porlar oluşmaktadır. Bu durum geçirgenlik şiddetinin artmasına neden olmaktadır (Azmir et al., 2013). Genelde, bitkilerin ekstraksiyonunda üstel bozunma darbelerine sahip basit devreler kullanılmaktadır. Sistem bitki materyalinin yerleştirildiği iki elektrottan oluşan bir işleme odasına sahiptir. Uygulama odasının tasarımına bağlı olarak VEA sürekli veya kesikli olarak çalışmaktadır (Puértolas et al., 2010). VEA uygulamasının etkinliği; spesifik enerji girişi, vurgu sayısı, uygulama sıcaklığı ve ekstrakte edilecek materyalin özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Heinz et al., 2003).

VEA uygulaması ile bitki materyalinin zar yapısı parçalanıp yok edilerek ekstraksiyon süresi kısaltılabilmekte ve kütle transferi artırılabilir. Toepfl et al. (2006) VEA'nın hücre zarı geçirgenliğini artırma özelliğinden yararlanarak; bitki dokusundan hücre içi bileşiklerin salınımını artırmak için kullanmıştır. 500 ile 1000 V/cm'lik orta düzeyde bir elektrik alanında 102-104 saniyede VEA uygulamasının sıcaklıkta fazla yükselme olmadan bitki dokusunun hücre zarına zarar verdiği tespit

edilmiştir (Fincan and Dejmek, 2002; Lebovka et al., 2002). Bu nedenle, ısıya duyarlı bileşenlerin degradasyonu VEA uygulaması ile en aza indirilebilmektedir (Ade-Omowaye et al., 2001). Ayrıca bu uygulama, sarf edilen enerji ve süreyi azaltmak için klasik ekstraksiyon öncesinde de bir ön işlem olarak uygulanabilmektedir (López et al., 2009).

Fincan et al. (2004), pancar köklerinden betanin ekstraksiyonu için kullanılan VEA işleminin dondurma ve mekanik presleme gibi işlemlere kıyasla daha etkin bir ekstraksiyon gerçekleştirdiğini ileri sürmektedir. Guderjan et al. (2005) ön işlem olarak uygulanan VEA'nın; mısırdan fitosterollerin geri kazanımının %32.4 ve soya fasulyesinden genistein ve daidzein izoflavonoidlerinin geri kazanımının ise %20-21 oranında arttığını rapor etmiştir. Corrales et al. (2008) üzüm atıklarından (sap, çekirdek ve kabuk) antosiyaninlerin ekstraksiyonunu gerçekleştirmek için kullandığı birçok yöntem arasında en iyi sonucu VEA yardımıyla bulduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde VEA uygulamasının polifenol ve antosiyaninlerin ekstraksiyonunda artış sağladığı Delsart et al. (2012) tarafından da rapor edilmektedir.

### 2. Enzim Destekli Ekstraksiyon

Bitki matriksindeki bazı fitokimyasallar hücre sitoplazmasında dağılmış halde bulunmakta ve bazı bileşikler rutin bir ekstraksiyon işleminde bir çözücü ile erişilemeyen hidrojen bağları veya hidrofobik bağlar ile polisakkarit-lignin ağında tutulmaktadır (Azmir et al., 2013). Enzimatik ön muamele, bağlı bileşiklerin serbest bırakılması veya genel anlamda verimin artırılması için etkili bir yol olarak görülmektedir (Rosenthal et al., 1996). Selülaz, α-amilaz ve pektinaz gibi spesifik enzimlerin ekstraksiyon esnasında ilavesi, hücre duvarının parçalanmasını sağlamakta ve polisakkaritler ile lipid bileşenlerinin hidrolizini artırmaktadır (Rosenthal et al., 1996; Singh et al., 1999). Enzim yardımcı ekstraksiyon için; enzim yardımcı sulu ekstraksiyon ve enzim yardımcı soğuk presleme olmak üzere iki farklı uygulama söz konusudur (Latif and Anwar, 2009). Enzim yardımcı sulu ekstraksiyon çeşitli tohumlardan yağların ekstraksiyonunda kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Hanmoungjai et al., 2001; Rosenthal et al., 1996, 2001; Sharma et al., 2002). Enzim yardımcı soğuk presleme sisteminde ise bir polisakkarit- protein kolloidi mevcut olmadığından enzimler tohumların hücre duvarının hidrolizinde kullanılmaktadır (Concha et al., 2004). Bitkinin nem içeriğinin (Dominguez et al., 1995) yanı sıra; enzim kompozisyonu ve konsantrasyonu, bitki materyalinin partikül boyutu, katı:sıvı oranı ve hidroliz süresi gibi parametreler enzim yardımcı ekstraksiyon için kilit faktörlerdir (Niranjan and Hanmoungjai, 2004). Bhattacharjee et al. (2006) enzimlerin toksik olmaması ve tutuşmaz özellikte olmalarından dolayı

bu ekstraksiyon yöntemini yağlı tohumlardan biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda ideal bir alternatif olarak nitelendirmektedir. Bu yöntemde organik kimyasallar yerine çözücü olarak su kullanıldığından çevre dostu bir teknoloji olarak kabul edilmektedir (Puri et al., 2012).

Gómez-García et al. (2012) tarımsal endüstriyel yan ürünlerden biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda enzim kullanımının etkin bir teknoloji olduğunu belirtmektedir. Maier et al. (2008) üzüm posasında 2:1 oranında pektinolitik ve selüloolitik enzim karışımını kullanarak fenolik asitler, antosiyanin olmayan flavonoidler ve antosiyaninleri ekstrakte etmiş ve sülfid yardımcı ekstraksiyona kıyasla daha yüksek verim alındığını ifade etmiştir. Ahududu posasından fenolik antioksidanların geri kazanımı amacıyla yapılan bir çalışmada hidro-alkolik ekstraksiyona enzim ilavesinin, enzimatik olmayan kontrole kıyasla daha iyi sonuç verdiği rapor edilmiştir (Laroze et al., 2010).

### 3. Mikrodalga Yardımlı Ekstraksiyon

Mikrodalga yardımcı ekstraksiyon, mikrodalga enerjisi kullanılarak materyalden sıvı içerisinde çözünen bileşenlerin ekstraksiyonunda kullanılabilir yeni bir yöntem olarak düşünülmektedir (Azmir et al., 2013). Mikrodalgalar 300 MHz ile 300 GHz aralığında bulunan elektromanyetik alanlardır. Mikrodalga yardımcı ekstraksiyon temelde mikrodalgaların polar özellikteki moleküller üzerine etkisine dayanmaktadır (Letellier and Budzinski, 1999). Elektromanyetik enerji iyonik iletim ve dipol dönüş mekanizmalarını takip ederek ısıya dönüşmektedir (Jain, 2009). İyonik iletkenlik esnasında ortamın akış iyonuna direnç göstermesi sonucu ısı oluşmaktadır. Diğer taraftan, iyonlar sıkça değişen alan işaretlerine göre yönlerini belirlemekte ve yönergelerin sürekli değişmesi moleküller arası çarpışmalara neden olarak ısı üretimine sebep olmaktadır (Azmir et al., 2013).

Mikrodalga yardımcı ekstraksiyon mekanizması Alupului (2012) tarafından da belirtildiği gibi üç ardışık basamak içermektedir. Birinci basamak, artan sıcaklık ve basınç etkisiyle materyal matriksinin aktif kısımlarından çözünen bileşenlerin ayrılmasını içermektedir. İkinci ve üçüncü basamaklar ise sırasıyla; çözücünün numune matriksi boyunca difüzyonu ve materyal matriksinden çözücüye çözünen bileşenlerin salınımını içermektedir. Bitki materyalinden biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonu için klasik yöntemlere göre daha hızlı ısıtma, artan ekstraksiyon verimi ve ekipmanların küçüklüğü sistemin avantajlarıdır (Cravotto et al., 2008). Ayrıca organik çözügen kullanımını azalttığı için mikrodalga yardımcı ekstraksiyon yöntemi çevreci bir teknoloji olarak nitelendirilmektedir (Alupului, 2012). Pan et al. (2013) yeşil çay yapraklarından polifenollerin ve

kafeinin ekstraksiyonu için uyguladıkları mikrodalga yardımcı ekstraksiyon işleminde oda sıcaklığında 20 saatte uyguladıkları diğer ekstraksiyon yöntemlerinden daha yüksek verim elde ettiklerini belirtmektedirler. Dhobi et al. (2009) *Silybum marianum*'dan flavolignin ve silybinin bileşiklerini mikrodalga yardımcı ekstraksiyonun yanı sıra; soxhlet ve maserasyon gibi klasik ekstraksiyon teknikleri ile de gerçekleştirmiş ve en yüksek verimi mikrodalga yardımcı ekstraksiyon ile elde etmişlerdir. Asghari et al. (2011) çeşitli bitkilerden sinemaldehit ve tanenin de içerisinde bulunduğu bazı biyoaktif bileşenlerin mikrodalga yardımcı ekstraksiyon yöntemi ile klasik yöntemlere göre daha hızlı ve kolay bir şekilde ekstrakte edildiğini rapor etmişlerdir. Wei et al. (2019), yalancı iğde (*Hippophae rhamnoides* L.)'den mikrodalga yardımcı ekstraksiyon ile elde ettikleri polisakkaritlerin in vitro ve in vivo antioksidan aktivitelerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, optimum polisakkarit ekstraksiyonunun 600 W mikrodalga gücü, 6 dakika, 10:1 sıvı:kati oranı ile 85°C sıcaklıkta elde edildiğini ve ayrıca 600 W mikrodalga gücünün yüksek verimde antioksidan polisakkarit salınımını sağladığını bildirmişlerdir. Mikrodalga yardımcı ekstraksiyon ile ultrason yardımcı ekstraksiyon yöntemlerinin kıyaslandığı bir çalışmada ise, misket limonu (*Citrus aurantiifolia*) kabuklarından doğal fenolik bileşiklerin eldesinde; mikrodalga yardımcı ekstraksiyona kıyasla ultrason yardımcı ekstraksiyonun doğal antioksidan ekstraktlarının eldesinde daha etkili olduğu ortaya koyulmuştur (Rodsamran and Sothornvit, 2019).

### 4. Basınçlı Sıvı Ekstraksiyonu

1996 yılında Richter ve arkadaşları tarafından bulunan yöntem günümüzde hızlandırılmış sıvı ekstraksiyonu, gelişmiş çözücü ekstraksiyonu veya yüksek basınçlı çözügen ekstraksiyonu gibi isimlerle bilinmektedir (Nieto et al., 2010). Basınçlı sıvı ekstraksiyonu çözücünün kaynama noktasının çok üzerinde ortamda çözücü kalması için yüksek basınç uygulamasıdır (Azmir et al., 2013). Uygulanan yüksek basınç, ekstraksiyonu kolaylaştırmaktadır. Bu teknik yüksek basınç ve sıcaklık kombinasyonu sayesinde az miktarda çözügen gereksiniminin yanı sıra hızlı bir ekstraksiyon da sağlamaktadır. Yüksek ekstraksiyon sıcaklığı, çözünürlük ve kütle transferini artırırken çözücülerin viskoziteleri ve yüzey gerilimlerini düşürerek daha yüksek analit çözünürlüğünü sağlamakta ve böylece ekstraksiyon verimini arttırmaktadır (Ibañez et al., 2012).

Yöntem, klasik soxhlet ekstraksiyonu ile kıyaslandığında çözügen ve zaman kullanımını belirgin şekilde düşürdüğü tespit edilmiştir (Richter et al., 1996). Wang and Weller (2006)'ya göre, basınçlı sıvı ekstraksiyonu tekniği çevresel matrikslerden yüksek sıcaklıklarda stabil olan organik kirleticilerin

uzaklaştırılmasında da etkin şekilde kullanılmaktadır. Ibañez et al. (2012) basınçlı sıvı ekstraksiyonu yöntemini deniz süngerlerinden biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda kullanmış ve etkin sonuçlar aldığını rapor etmiştir. Ayrıca, aynı araştırmacılar organik çözücü kullanımının oldukça düşük olması nedeniyle yöntemin çevreci bir ekstraksiyon uygulaması olduğunu belirtmişlerdir. Basınçlı sıvı ekstraksiyonu biyoaktif bileşenlerin ekstraksiyonunda başarıyla uygulanan bir yöntemdir. Optimize edilmiş şartlarda bu yöntem ile soya fasulyesinden izoflavonların ekstraksiyonu degradasyon olmaksızın gerçekleştirilmiştir (Rostagno et al., 2004). Shen and Shao (2005) tütünden terpenoidler ve sterollerin ekstraksiyonunu basınçlı sıvı ekstraksiyonunun yanı sıra soxhlet ekstraksiyonu ve ultrason yardımıyla ekstraksiyon yöntemleri ile gerçekleştirmiştir. Araştırmacılar verim, tekrarlanabilirlik, ekstraksiyon süresi ve çözücü kullanımı dikkate alındığında ultrason yardımıyla ekstraksiyon yöntemine göre basınçlı sıvı ekstraksiyonunun daha az etkili olduğunu ancak, klasik ekstraksiyon yöntemlerine iyi bir alternatif olabileceğini rapor etmişlerdir. Bu araştırmanın aksine; Mroczek and Mazurek (2009) lycorine ve galanthamine alkaloidlerinin ekstraksiyonunda basınçlı sıvı ekstraksiyonu şartlarını optimize etmiş ve sonuçların sıcak çözücü ekstraksiyonu, mikrodalga yardımıyla ekstraksiyon ve ultrason yardımıyla ekstraksiyon yöntemlerine kıyasla daha verimli olduğunu vurgulamışlardır. Luthria (2008) maydanoz bitkisinden fenolik bileşiklerin basınçlı sıvı yardımıyla ekstraksiyonu üzerine sıcaklık, basınç, parçacık boyutu, süre ve numune: çözücü oranı gibi parametrelerin oldukça etkili olduğunu belirlemiştir. Basınçlı sıvı ekstraksiyonu ayrıca propolisten kateşin, gallokateşin, epikateşin gallat, kafeik asit ve klorojenik asit gibi fenolik bileşiklerin ekstraksiyonunda da kullanılmaktadır (Erdogan et al., 2011).

### 5. Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu

Doğada maddeler katı, sıvı veya gaz halinde bulunmaktadır. Süperkritik durum ayırt edici bir hal olup, ancak bir maddenin kritik noktanın üstünde sıcaklık ve basınç altında tutulması ile erişilebilmektedir. Kritik nokta, karakteristik sıcaklık ve basınç değerlerinin üzerinde olan ve maddenin ayırt edici gaz ve sıvı fazlarının mevcut olmadığı noktadır (Incedy et al.,1998). Süperkritik durumda gaz ve/veya sıvının spesifik özellikleri ortadan kalktığı için sıcaklık ve basınç değiştirilerek süperkritik akışkan asla sıvılaştırılamamaktadır (Azmir et al., 2013). Süperkritik akışkan gaz benzeri difüzyon, viskozite ve yüzey gerilimi özellikleri ile; sıvı benzeri yoğunluk ve çözünme gücü özelliklerine sahiptir. Bu özellikler, bileşiklerin daha yüksek verimle

ekstraksiyonunu sağlamaktadır (Sihvonen et al., 1999).

Basit bir süperkritik akışkanlı ekstraksiyon sistemi; mobil fazlı bir tank, genelde akışkan olarak CO<sub>2</sub>, gazın basınçlandırılması için bir pompa, yardımcı çözücü, çözücü kap ve pompa, ekstraksiyon kabının içerisine konacağı bir fırın, içerideki yüksek basıncın ölçülmesi ve muhafazası için bir kontrol cihazı ve bir yakalama ünitesinden oluşmaktadır. Genellikle, kuru/ıslak gaz sayacı gibi farklı tipte sayaçlar da sisteme bağlanabilmektedir (Azmir et al., 2013).

Karbondioksit, süperkritik akışkan ekstraksiyonunda kullanılan ideal çözügendir. Bu çözücü için kritik sıcaklık oda sıcaklığına yakın (31°C) ve düşük kritik basınç 74 bar olmakla birlikte genelde sistem 100-450 bar arası ılımlı basınçlarda çalışma imkânı sunmaktadır (Temelli and Güçlü-Üstündag, 2005). Karbondioksitin tek dezavantajı lipidler ve yağlar gibi polar olmayan maddeler için ideal olmasına rağmen düşük polaritesinden dolayı çoğu farmasötikler ve ilaç örnekleri için uygun olmamasıdır. Bu olumsuz durum kimyasal modifiye edicilerin kullanımı ile giderilmektedir (Lang and Wai, 2001; Ghafoor et al., 2010).

Bitkilerden biyoaktif bileşenlerin süperkritik akışkan yardımıyla ekstraksiyonunda verimi etkileyen başlıca değişkenler; sıcaklık, basınç, parçacık boyutu, besleme materyalinin nem içeriği, ekstraksiyon süresi, CO<sub>2</sub> akış hızı ve çözücü: numune oranıdır (Temelli and Güçlü-Üstündag, 2005; Ibañez et al., 2012).

Son 10 yılda popüler hale gelmiş olan süperkritik akışkan ekstraksiyonu yaprak, çiçek, tohum, meyve gibi materyallerden etken bileşenlerin ekstraksiyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. Süperkritik akışkan ekstraksiyonun klasik ekstraksiyon yöntemlerine göre birçok avantajı bulunmaktadır: Süperkritik akışkan, diğer sıvı çözümlere göre daha yüksek difüzyon katsayısına ve daha düşük viskozite ile yüzey gerilimine sahip olduğundan numune matrisine daha fazla nüfuz etmekte ve klasik yöntemlerle kıyaslandığında ekstraksiyon süresini önemli ölçüde azaltmaktadır. Süperkritik akışkan numuneye tekrar tekrar geri gönderilerek tam bir ekstraksiyon sağlanmaktadır. Klasik ekstraksiyon yöntemlerinde çözünen maddenin çözücüden ayrılması oldukça zaman alıcı bir işlemdir. Süperkritik akışkan ekstraksiyonunda ayrılma süreci akışkan basıncının düşürülmesi ile kolaylıkla kısıtlanabilmektedir. Süperkritik akışkan ekstraksiyonunda oda sıcaklığında çalışıldığından sıcaklığa karşı hassas bileşenlerin ekstraksiyonu için ideal bir yöntemdir. Klasik ekstraksiyon yöntemlerine kıyasla daha az örnekle çalışılabilmektedir. Az miktarda organik çözücü kullanıldığından yöntem çevre dostu olarak nitelendirilebilmektedir. Süperkritik akışkanın geri kazanımı mümkündür ve

böylece atık oluşumu en aza indirgenmektedir (Lang and Wai, 2001).

Süperkritik akışkan ekstraksiyonunun en büyük dezavantajı ise; 80 atm üzerindeki yüksek basınçta çalışılmasından dolayı sistemin yatırım maliyetinin yüksek oluşudur. Diğer dezavantajı ise saf olarak nitelendirilen CO<sub>2</sub> tüplerinin içerisinde dahi bulunan %1-2 oranındaki oksijenin, oksidasyona duyarlı antioksidanlar gibi bileşenler ile tepkimeye girerek düşük miktarda da olsa bozunmalarına sebep olmasıdır (Cocero et al., 2000).

Süperkritik akışkan ekstraksiyonunun kullanıldığı çalışmalardan biri, İçen ve Gürü (2010) tarafından çayın sap ve lif atıklarından kafeinin ekstraksiyonu üzerinedir. Araştırmacılar maksimum kafein verimini 14.95 mg/g çay sapı atığı ve 18.92 mg/g çay lifi atığı olarak rapor etmişlerdir. Civanperçeminden esansiyel yağ ekstraksiyonunun gerçekleştirildiği bir çalışmada, akışkan olarak CO<sub>2</sub> kullanılarak 10 Mpa basınç ve 40-60°C sıcaklıkta süperkritik akışkan ekstraksiyonu uygulanmıştır. Elde edilen esansiyel yağın kamfor, 1,8-kineol, bornil asetat, terpinen ve terpinolen içerdiği saptanmıştır (Bocevska and Sovov'a., 2007). Kavoura et al. (2019), adaçayı (*Salvia fruticosa*)'nın süperkritik karbondioksit ekstraksiyonunda 60°C sıcaklıkta 100 bar ile 280 bar arası uygulanan basıncın ekstraksiyon verimini %5.2 ile %10.3 aralığında değiştirdiğini ve basınç arttıkça ekstraksiyon veriminin arttığını rapor etmişlerdir. Farklı bir çalışmada ise, Xu et al. (2011) polenden süperkritik karbondioksit ekstraksiyonu ile yağ, karotenoid, skualen ve steroller (kampesterol, stigmaterol, β-sitosterol ve β-amyrin) ekstrakte etmiş ve maksimum verimi 38.2 Mpa basınç ve 49.7°C'de belirlemiştir.

## 6. Ultrason Yardımlı Ekstraksiyon

Ultrason yardımlı ekstraksiyon yöntemi, elastik bir ortamda yayılan mekanik dalgalar olan ultrasonik dalgaları kullanarak bitki hücre duvarında bozunmayı sağlayan ve kütle transferini hızlandırarak istenen biyoaktif bileşenlerin klasik tekniklere kıyasla daha kısa sürede ve daha yüksek verimle elde edilmesini sağlayan bir tekniktir. Ayrıca, daha düşük enerji sarfiyatı ve daha az çözen kullanımı ile çevreci bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır (Vilkhu et al., 2008; Jadhav et al., 2009). 2010 yılından beri popülerlik kazanan ultrason yardımlı ekstraksiyon yöntemi günümüzde de sıklıkla kullanılmaktadır (Poongothai et al., 2010; Dabre et al., 2011; Márquez-Sillero et al., 2013; Gliszczyska-Swigło et al., 2015; Benkerrou et al., 2018; Kurek et al., 2018).

### Ultrason yardımlı ekstraksiyonun etki mekanizması

Ultrasonik dalgalar ilk olarak, 1881 yılında sodyum potasyum tartarat tetrahidrat kristalinin belirli

bir düzlemine alternatif bir voltaj uygulanması ve titreşim oluşumu ile elde edilen piezoelektrik etki ile üretilmiştir. Bunun dışında manyetostriktif yöntemler kullanılarak da ultrasonik dalgalar üretilebilmektedir (Mackersie et al., 2005). Salınlı ses dalgaları olan ultrasonik dalgaların diğer ses dalgalarından farkı frekans aralığıdır. İnsanların algılayabildiği ses dalgaları 16 Hz ile 16-20 kHz arasında iken; insanların duyma eşiğinin üzerinde fakat mikrodalga frekansının altında olan ultrasonik dalgalar 20 kHz ile 10 MHz aralığında yer almaktadır (Chemat et al., 2011).

Gıda bilimi ve teknolojisinde kullanılan ultrasonik dalgalar frekans ve yoğunluklarına göre iki gruba ayrılmaktadır. Yüksek frekanslı ultrason (tanısal ultrason) 100 kHz'in üzerinde olup düşük yoğunluğa sahiptir. Gıdaların kalite kontrolü ve fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılır ve tahrip edici değildir. Yüksek enerjili ultrason (yüksek yoğunluklu ultrason) ise 20 kHz ile 40 kHz aralığında değişen düşük frekansta ve yüksek yoğunlukta olan ultrasondur (Feng and Yang, 2011). Ortama salınan daha şiddetli ses salınımının eşlik ettiği yüksek enerji, mekanik etkiyi artırıp ısı ve kütle transferini hızlandırmakta ve gıda endüstrisi açısından uygulamayı daha etkin hale getirmektedir (Wang et al., 2018).

Ultrasonik dalgalar da diğer ses dalgalarına benzer şekilde, bir ortamdan geçerken parçacıkların boylamasına yer değiştirmelerinden dolayı (Mason, 1990) sıkıştırma ve gevşeme fazlarının oluşmasına sebep olmaktadır (Vinatoru et al., 2017). Ortamda piston görevi gören ses dalgası kaynağında piston açık pozisyonda iken sıkıştırma fazı oluşurken, kapalı konumda olduğunda gevşeme fazı meydana gelmektedir. Gevşeme fazı esnasında, büyüklüğü sıvının niteliği ve saflığına bağlı olan negatif bir basınç oluşmakta ve bu basınç molekülleri ayrı ayrı çekmektedir (Suslick, 1989; Mason and Lorimer, 2002). Gevşeme fazından tamamen farklı olan sıkıştırma fazında ise, sıvı fazı oluşturan moleküller geçici olarak yerlerinden koparak çevredeki diğer moleküllerle çarpışabilmektedirler (Chemat et al., 2017). Bir ses dalgası yeterince yüksek yoğunlukta ise gevşeme fazında kuvvetler arası çekim gücü aşılabilmekte ve sıvı içerisinde boşluklar meydana gelmektedir (Mason and Lorimer, 2002). Oluşan boşluklar 'kavitasyon kabarcıkları' olarak adlandırılmaktadır. Kararlı ve geçici kabarcıklar olarak iki şekilde sınıflandırılan kabarcıklardan kararlı olanlar; birçok sıkıştırma-gevşetme döngüsüne maruz kalarak bir denge boyutu etrafında çoğunlukla lineer olmayan bir şekilde salınımlarıdır. Geçici kabarcıklar ise, bir veya birkaç döngü sonrası başlangıç büyüklüğünü iki katına çıkarmaktadırlar (Mason and Lorimer, 2002; Leong et al., 2011). Büyüme, geçici kabarcığın gevşeme fazında ortamdaki çözünmüş halde bulunan buhar ve gazları

içerisine alması ve sıkıştırma fazında dışarı atamamasından kaynaklanmaktadır (Ashokkumar, 2011). Kritik büyüklüğe ulaşan kabarcıklar şiddetle çökmekte ve bu sırada yaklaşık 50-1000 atm basınç (Suslick 1999) ile 5000 K civarında sıcaklık (Flint and Suslick, 1999) açığa çıkarak geçici sıcak noktalar oluşmaktadır (Flint and Suslick, 1999). Oluşan sıcak noktalar kimyasal reaksiyon hızını önemli ölçüde artırmaktadır (Suslick et al., 1999). Kabarcıkların katı materyal yüzeyinde çöküşü sonucu ortamda sıcaklık ve basıncın yükselmesi mikrojetlerin oluşmasını sağlamaktadır. Mikrojetler yüzeyde soyulma, erozyon, hücre duvarının yıkımı ve hücre içeriğinin dışarı sızmasına neden olmakta ve böylece çeşitli kaynaklardan doğal bileşiklerin ekstraksiyonu sağlanmaktadır (Awad et al., 2012; Picó, 2013).

Son yıllarda gıda, kozmetik ve ilaç endüstrileri açısından önemli olan biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunda ultrason yardımcı ekstraksiyon yönteminin kullanımı üzerine yapılmış birçok çalışma mevcuttur (Caldeira et al., 2004; Xia et al., 2006; Chen et al., 2007; Barbero et al., 2008; Ma et al., 2009; Virot et al., 2010; Canales et al., 2017; Zhu et al., 2017; Caleja et al., 2017; Chen et al., 2018; Nipornram et al., 2018). *Limonium sinuatum* çiçeklerinden doğal antioksidanların ekstraksiyonu üzerine yapılan bir çalışmada; klasik ekstraksiyon tekniklerinden maserasyon ve soxhlet yöntemlerine göre ultrason uygulamasının antioksidan aktivite ve ekstraksiyon verimini artırdığı, ekstraksiyon süresini ise önemli ölçüde kısalttığı bildirilmiştir (Xu et al., 2017). Ma et al. (2009) ve Salar Bashi et al. (2012) ultrason yardımcı ekstraksiyonun modern yöntemlerden mikrodalga yardımcı ekstraksiyon ve süperkritik akışkan ekstraksiyonuna kıyasla daha ucuz olduğunu ve uygulamanın daha kolay olduğunu rapor etmektedir. Ma et al. (2008) ve Hossain et al. (2012) ultrason yardımcı ekstraksiyon ile elde edilen fenolik maddelerce zengin ekstraktlarda antioksidan aktivitenin yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Keten tohumlarından lignan ve bazı fenolik maddelerin ekstraksiyonunda kullanılan ultrason yardımcı ekstraksiyon yönteminin musilaj oluşumunda azalma ve ekstraksiyon verimini artırdığı çalışma da ultrason uygulamasının kütle transferini hızlandırdığını göstermektedir (Corbin et al., 2015). Hammi et al. (2015) *Zizyphus lotus* meyvesi için en iyi antioksidan aktivitenin sağlandığı ekstraksiyon koşulunu 63°C, %50 etil alkol konsantrasyonunda, 25 dak, 67 ml/g çözücü/katı materyal oranı ile ultrason yardımcı ekstraksiyon işlemi olarak bildirmiştir. Caleja et al. (2017) *Melissa officinalis* L.'den rosmarinik asit, Machado et al., (2017) *Eugenia brasiliensis*, *Rubus fruticosus* ve *Vaccinium myrtillus*'dan antosiyaninler, Velickovic et al. (2017) *Erica carnea* L.'den tannin, gallotanninler ve antosiyaninler, Carrillo et al. (2017) *Satureja macrostema*'dan fenolik bileşenlerin

ekstraksiyonunda kullanmış oldukları ultrason yardımcı ekstraksiyon işleminin etkinliğini vurgulamışlardır. Herrera and Luque de Castro (2004), uyguladıkları yarı otomatik ultrasonik yöntem (0.8 saniye aralıklı olarak toplam 30 saniye) ile çilek meyvesinden rutin, naringin, naringenin, kuersetin, elajik asit ve kaempferol gibi fenolik bileşikler etkin şekilde ekstrakte ettiklerini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, çalışmalarında ultrason yardımcı ekstraksiyon yöntemini kullanan Yang and Zhang (2008) *Euonymus alatus* (Thund.) Sieb yapraklarından rutin ve kuersetinin, Li et al. (2005) ise *Eucommia ulmodies* Oliv.'in taze yaprak, taze kabuk ve kurutulmuş kabuklarından klorojenik asidin diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek verimle kazanımının sağlandığını bildirmiştir. Yang et al. (2018) ise ultrason yardımcı ekstraksiyon uygulamasını pirinçten protein ekstraksiyonunda kullanmış ve ultrasonun verim, ürün saflığı ve modifiye edici özellikleri artırdığını bildirmiştir.

Ultrason yardımcı ekstraksiyonun bitkilerden bahsedilen biyoaktif bileşiklerin dışında aroma maddeleri (Caldeira et al., 2004; Xia et al., 2006; Canales et al., 2017; Santos et al., 2019), mineral maddeler (Santos et al. 2017) ve özellikle doğal renk maddelerinin (Shen et al., 2014; Joaquín-Cruz et al., 2015; Zhang and Wang, 2017; Machado et al., 2017; Pinela et al., 2019) ekstraksiyonunda da yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Yolmeh et al. (2014) annatto tohumundan ekstrakte ettikleri renk maddelerinin ultrason yardımcı ekstraksiyon yöntemi ile en yüksek verimde elde edildiğini ifade etmiştir. Sivakumar et al. (2009) farklı bitkilerden; Leungo et al. (2014) ise domatesin kabuk, tohum ve pulpundan ultrason yardımcı ekstraksiyon yöntemi ile ekstrakte edilen doğal renk maddelerinin sırasıyla; %13-%100 arasında ve %143 oranında artan verimle elde edildiğini bildirmişlerdir. Ancak, yapılan literatür taramasında yukarıda ifade edilen araştırma sonuçlarının aksini bildiren çalışmaların da mevcut olduğu görülmüştür. Zhao et al. (2006) (all-E)-astaksantin karotenoidinin, Biesaga (2011) ise mirisetin, kuersetin, kamferol, ramnetin gibi flavonoidlerin ultrason uygulaması ile degrade olduklarını ve ayrıca ultrasonik güç ve uygulama süresi artışının degradasyonda artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Benzer sonuçları tespit eden D'alessandro and Dimitrov (2014) da *Aronia melanocarpa* atık kısımlarından ultrason yardımcı antosiyanin ekstraksiyonunda elde edilen onyedi polifenolik bileşiğin düşük sıcaklıkta daha yüksek verimle elde edildiğini belirtmiştir.

#### **Ultrason yardımcı ekstraksiyonu etkileyen parametreler**

Ultrason yardımcı ekstraksiyonun başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için çeşitli işlem

değişkenlerinin detaylı olarak açıklanması gerekmektedir. Uygulanan işlem parametreleri ekstraksiyonu önemli düzeyde etkilemekte ve ekstraksiyon verimini değiştirmektedir. Ancak, verimin her zaman ekstraksiyon sürecinin tek hedefi olmadığını da düşünmek gerekmektedir. Uygulanan yöntemin temiz, yeşil ve sürdürülebilir olması da dikkate alınması gereken faktörlerdir. Sistemin tasarımı, ekstraksiyon süreci parametreleri, elektrik tüketimi, çözücü tipi ve matriks parçacıklarının boyutu bu faktörler arasında sayılabilmektedir (Capelo-Martínez et al., 2004; Santos and Capelo 2007; Shirsath et al., 2012). Ultrasonik dalgaların frekans, dalga boyu ve genlik gibi özellikleri akustik kavitasyonu ve dolayısıyla ekstraksiyonu etkilemektedir. Güç girişinin yanı sıra reaktör tasarımı ve prob şekli de süreci etkileyen faktörler arasındadır (Pingret et al., 2013). Ultrason yardımcı ekstraksiyonu etkileyen parametreler fiziksel parametreler ve ortam ile ilgili parametreler olmak üzere iki kategori altında ele alınmıştır:

#### a. Fiziksel parametreler

**Güç ve sıcaklık:** Sonokimyasal bir süreçte uygulanan akustik güç enerjisinin her zaman rapor edilmese de; doğrudan veya dolaylı olarak ölçülmesine izin veren bazı fiziksel yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler, ultrasonik dalgaların uygulanmasının ardından ortamdaki fiziksel ve kimyasal değişiklikleri ölçerek artan enerjiyi tahmin etmektedir. Akustik basıncın ölçülmesinde en yaygın kullanılan fiziksel yöntemler hidrofona ve optik mikroskoplar kullanılarak gerçekleştirilen alüminyum folyo yöntemi ve kolorimetrik yöntemdir (Margulis and Margulis, 2003). Kaviteasyon kabarcıklarının çöküşü sonrası oluşan OH• radikallerinin indirekt ölçümü de kullanılmakta olan kimyasal bir yöntemdir (Suslick et al., 2011). Birçok çalışma, yüksek ultrasonik gücün kesme kuvvetini artırdığını ve materyalde büyük değişikliklere neden olduğunu göstermektedir. Ancak, gıda endüstrisinde bu parametre en iyi sonucu elde etmek ve minimum güç kullanmak için optimize edilmiştir (Bermúdez-Aguirre et al., 2011). Genelde, ultrason yardımcı ekstraksiyonda en yüksek verimlilik ultrason gücünün artırılması, çözücü-katı temasını artırmak için gıdanın nem içeriğinin azaltılması ve ekstraksiyon süresini kısaltacak şekilde sıcaklığın ayarlanması ile gerçekleştirilmektedir (Chemat et al., 2017).

Seçilen ultrason frekansı da ekstraksiyon işlemini etkileyen faktörler arasındadır. Frekans, kabarcık rezonans boyutunu etkilemektedir. En çok kullanılan frekans aralığı 20 kHz ile 100 kHz arasındadır. Ultrason yardımcı ekstraksiyonda daha yüksek frekansların kullanımı sadece birkaç çalışmada incelenmiştir. Toma et al. (2001) 20 kHz'e kıyasla uyguladıkları diğer yüksek frekans aralıklarının

*Calendula officinale* yapraklarının yapısı üzerinde ultrasonun fiziksel etkilerini azalttığını rapor etmiştir. İlginç şekilde, Chukwumah et al. (2009) fıstık üzerine yaptığı bir çalışmada uygulanan frekansa göre ekstrakte edilen fenolik bileşenlerin değiştiğini 25 kHz'de daidzein ve genistein elde ederken, 80 kHz'de biyokanın A ve trans-resveratrolün ekstrakte edildiğini bildirmiştir. Ancak 80 kHz frekansta gerekli ekstraksiyon süresinin uzadığına dikkat çekilmiştir. González-Centeno et al. (2014) üzüm posasından fenoliklerin ekstraksiyonu amacıyla 40, 80 ve 120 kHz olmak üzere 3 farklı frekans uygulamış ve en etkin frekansın 40 kHz olduğunu rapor etmişlerdir.

Ultrason frekansı arttıkça sıvı içerisinde kaviteasyon üretimi ve dolayısıyla kaviteasyon yoğunluğu azalmaktadır (Mason and Lorimer, 2002). Yüksek frekansta akustik kaviteasyonun gerçekleşmesi oldukça zordur. Çünkü kaviteasyon baloncukları gevşetme çevrimi esnasında eski haline dönebilmek için bir miktar süreye ihtiyaç duymaktadır ve bu süre yüksek frekansta azalacağı için kaviteasyon kabarcıkları yeterince büyüemeyecektir. Gevşeme fazının süresi ultrasonik frekans ile ters orantılıdır. Bu nedenle yüksek frekansta kaviteasyon oluşturmak için daha büyük genlik değerleri gereklidir (Mason and Lorimer, 2002).

Düşük frekanslarda, geçici kaviteasyon kabarcıkları göreceli olarak daha az sayıdadır ancak kabarcık çapları büyüktür ve kimyasal etkilerinden dolayı fiziksel etkileri daha fazladır (Leong et al., 2011, Mason et al., 2011).

**Yoğunluk:** Ultrasonik yoğunluk, saniyede metrekaare emisyon yüzeyi için iletilen enerji olarak tanımlanmaktadır (Tiwari et al., 2015). Bu parametre transdüser genliği ve dolayısıyla ses dalgasının basınç genliği ile doğrudan ilişkilidir (Santos et al., 2009). Basınç genliğinin artması kabarcık çöküşünün şiddetini artırmaktadır. Kaviteasyon eşiğini aşmak için minimum bir ultrasonik yoğunluk değeri gereklidir. Ultrason yoğunluğu ekstraksiyon verimini etkileyen önemli faktörlerdendir. Yoğunluktaki artış sonokimyasal etkilerin de artışına neden olmaktadır (Mason and Lorimer, 2002). Genliğin (amplitüd) artması ultrason yoğunluğunu artırıp kaviteasyon yerine sıvının karışmasına ve dolayısıyla zayıf ultrason iletimine sebep olarak ultrasonik transdüserin hızla bozulmasına neden olabilmektedir. Ancak, yağ gibi yüksek viskoziteli sıvılarınla çalışılırken genlik değeri artırılmalıdır (Santos et al., 2009).

Wang et al. (2015) ultrason yardımcı ekstraksiyon ile pektin eldesi üzerine yapmış oldukları çalışmada, 20 kHz frekansta ultrasonik yoğunluk değerini 10.18-14.26 W/cm<sup>2</sup> olarak belirlemişlerdir. Ancak, Chemat et al. (2017)' de bu yoğunluk değerinin optimizasyona tabi tutulması gerektiği çünkü artan ultrasonik yoğunluğun ekstraksiyon



verimini çok arttıracığı anlamına gelmediği rapor edilmiştir.

**Ultrasonik reaktörlerin şekli ve boyutu:** Ultrasonik dalgalar katı yüzeylerde yansıdığından dolayı ultrasonik banyo kullanılması durumunda; reaksiyon kabının şekli oldukça önemlidir. Dalgaların en düşük düzeyde yansması için en iyi seçim altı düz konik şekilde cam numune kaplarıyla çalışmaktır (Loimer and Mason, 1987). Numune kabının duvar kalınlığı ultrason iletimini zayıflatmamak adına mümkün olduğunca minimum seviyede olmalıdır (Santos et al., 2009). Reaktör boyutlarının hesaplanması, maksimum verime ulaşmak ve ortama maksimum enerji transferini sağlamak için vericinin transdüserine göre konumu belirlenmelidir (Sun et al., 2011). Ultrasonik problar kullanıldığında hem dairesel hem de eksenel olarak yoğunluğun hızla azaldığı gözlemlenmektedir. Bu yüzden ultrasonik prob ile kap duvarı arasında, birbirlerine dokunmayacak şekilde minimum boşluk bırakılmalıdır (Santos et al., 2009). Ekstraksiyonda ultrasonik probun kullanılması durumunda prob şekli ve çapının ekstraksiyon üzerine etkili olabileceği düşünülmektedir. Probların çoğu ısı ve korozyona karşı dayanıklı olmaları nedeniyle titanyum alaşımından üretilmektedir. Ancak zamanla aşınan probların kullanılması ekstraksiyon ortamına metal parçaların geçişine neden olmaktadır. Payreks ve kuartz malzeme kullanımının metallerin ortama iletimi problemini çözebileceği düşünülmektedir (Cravotto et al., 2008).

#### **b. Ortam ile ilgili parametreler**

Ortam, ultrason yardımcı ekstraksiyon işleminin etkinliğinin artırılması için dikkate alınması gereken birçok unsuru içermektedir. Bu unsurlar aşağıda açıklanmıştır.

**Çözgen:** Ultrason yardımcı ekstraksiyon işleminde ekstraksiyon verimi üzerine, hedef metabolitlerin çözünürlüğünün yanı sıra çözücünün viskozite, yüzey gerilimi ve buhar basıncı gibi fiziksel parametrelerin de etkisi vardır. Bu fiziksel parametreler akustik kavitasyon üzerine etkilidir (Mason and Lorimer, 2002). Bir sıvıda kavitasyonun başlaması için gevşeme döngüsünde negatif basıncın sıvıyı oluşturan moleküller arasındaki koheziv kuvvetlerin üstesinden gelmesi gerekmektedir. Viskozite veya yüzey geriliminin artması moleküler etkileşimlerde artışa neden olarak kavitasyon eşiğini önemli ölçüde yükseltmektedir. Bu yüzden yüksek viskoziteli sıvılarla çalışılırken genlik değeri yükseltilmelidir. Çünkü örnek viskozitesi artınca ultrasonik cihaz hareketine (örneğin prob ucu) karşı örneğin direnci artmaktadır. Bu nedenle kavitasyonla sonuçlanacak gerekli mekanik titreşimleri elde edebilmek için yüksek yoğunluk (veya yüksek amplitüd değeri) önerilmektedir. Ultrason yardımcı ekstraksiyon işleminde yüksek buhar basıncına sahip

çözücülere kıyasla kavitasyon kabarcıklarının çöküşü daha yoğun olduğundan düşük buhar basıncı çözücüler tercih edilmektedir (Santos et al., 2009). Buhar basıncı sıvı ortamın sıcaklığına da bağlıdır.

**Sıcaklık:** Çözücü özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden biri de sıcaklıktır. Sıcaklık artışı viskozite ve yüzey geriliminde düşüşe sebep olurken; buhar basıncını artırmaktadır. Buhar basıncında meydana gelen artış ise, kabarcıklar içerisine daha fazla çözücü buharı girmesine neden olarak çok sayıda daha az şiddette çökecek kabarcıkların oluşumuna neden olacak ve dolayısıyla daha yüksek sıcaklıklarda sonikasyon etkisi azalacaktır (Santos et al., 2009). Bu nedenle düşük sıcaklık dereceleri tercih edilmekte ve genelde sıcaklık artışını sınırlandırmak için sıcaklık kontrolü yapılmaktadır (Sališová et al., 1997). Genellikle belli bir seviyeye kadar olan sıcaklık artışının ekstraksiyon verimini artırdığı bilinmektedir (Palma et al., 2013). Sonikasyon uygulanmamış örneklerle kıyaslandığında 20 ile 70°C arasındaki sıcaklık artışının ekstraksiyon verimini artırdığı bazı araştırmacılar tarafından rapor edilmektedir (Shirsath et al., 2012; Chemat et al., 2017). Bu etki, kavitasyon kabarcıklarının sayısının artması, çözücü-katı temas alanının daha fazla olması, çözgen difüzyonunun artması ve dolayısıyla istenen bileşiklerin hücre içinden çıkışı ve çözünürlüklerinin artmasına sebep olmaktadır. Bununla birlikte sıcaklık çözücünün kaynama noktasına yakın olduğu zaman bu etkinin azaldığı tespit edilirken aynı zamanda; çoğu araştırmacı 30°C'nin altındaki düşük sıcaklığın verimlilik üzerine yararlı etkisini bildirmektedir (Palma and Barroso, 2002, Zhang et al., 2008; Esclapez et al., 2011). Sıcaklığın hedef bileşiğe göre seçilmesi önemlidir (Zhang et al., 2009a; Zhang et al., 2009b). Dolayısıyla, sıcaklığa karşı hassas bileşiklerin bozulmasını önlemek için sıcaklık kontrolü gerekmektedir.

**Çözünmüş gazların varlığı ve dış basınç:** Ortamda gazların olmaması kavitasyon kabarcığı oluşumunu zorlaştırmaktadır. Çünkü kavitasyon kabarcıkları sıvıda çözünmüş gazlardan oluşmaktadır (Pétrier et al., 2008). Çözünen gazlar çözücü içerisinde yeni kavitasyon kabarcıklarının oluşturulması için adeta çekirdek görevi üstlenmektedir (Mason and Lorimer, 2002; Leong et al., 2011). Genel olarak ekstraksiyon alanında çözücü içerisinde çözünmüş gaz bileşimi kontrol edilememektedir. Dış basıncın artması durumunda, kavitasyonu sağlamak için daha büyük bir akustik basınç gerekecektir. Ancak, kavitasyon eşiğine dış basıncın altında (>1atm) ulaşırsa kavitasyon kabarcıklarının çöküş yoğunluğu basınçsız ortama göre daha yüksek olmakta ve dolayısıyla sonokimyasal etki artmaktadır (Santos et al., 2009; Leong et al., 2011).

**Matriks parametreleri:** Ultrason yardımlı ekstraksiyonun hedefi ve hedef moleküle bağlı olarak bitki matriksi taze (alg veya maya gibi) veya kuru (bitkiler, yağlı tohumlar gibi) olarak kullanılabilir. Matrikse uygulanan ön işlemler oldukça önemlidir ve ekstraksiyon verimliliğini etkileyebilmektedir (Vinatoru, 2001). Hedef bileşenin çözünürlük ve stabilitesi ile seçilen çözücü ve sıvı ortam sıcaklığı ekstraksiyon verimini etkilemektedir. Benzer şekilde, ekstraksiyon sistemi heterojen ve gözenekli bir ortam olduğundan kavitasyon kabarcıklarının boyutu da ekstraksiyon verimi üzerine etkilidir. Maddenin katı/sıvı oranı ve parçacık boyutu gibi diğer faktörler de ekstraksiyon etkinliği ile alakalıdır. Ekstraksiyon verimi; bitki materyalinin yapısı, esnekliği veya bileşim farklılıklarına bağlı olarak farklı derecelerde değişebilmektedir (Vilku et al., 2011).

#### **Ultrason yardımlı ekstraksiyonda kullanılan ekipmanlar**

Ultrason, farklı muamele şekillerine göre numuneler üzerinde doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki farklı şekilde etki göstermektedir (Kek et al., 2013). Doğrudan etki, ses dalgasının direkt olarak numuneye etki etmesi ile görülürken; dolaylı etki ses dalgasının numuneye ulaşmadan önce ortamda bulunan kaplara ulaşması ile gerçekleşmektedir. Ultrasonik problar laboratuvarlarda yaygın kullanılan (Santos et al., 2007) cihazlardır. Bazı çalışmalar ultrasonik probun kullanılması durumunda kütle transferinde artış olduğunu göstermiştir (Legay et al., 2011). Bu artış ultrasonik dalgaların yayılması sürecinde herhangi bir engelle karşılaşmaksızın doğrudan numune ile temas etmesinden kaynaklanmaktadır (Capelo-Martínez, 2009). Ancak, ultrasonik probun uzun süreli kullanım sonucu korozyona uğraması (Wibetoe et al., 1999) ve sistemin açık olması durumunda uçucu bileşenlerin kaybı sistemin en büyük dezavantajıdır. Probu sistemin dışında ultrasonik banyolar ise örnekler üzerine ultrasonun dolaylı olarak etki etmesini sağlamaktadırlar (Santos et al., 2007).

Probu ultrason cihazı ve ultrasonik banyoların her ikisinde de ultrasonik güç kaynağı olarak bir güç çevirici (transdüser) kullanılmaktadır. Piezoelektrik dönüştürücü, ultrasonik reaktörler içerisinde en yaygın kullanılan tiptir.

Ultrasonik banyo, en çok bilinen ve kullanılan ultrasonik cihaz türüdür. Genellikle bir veya daha fazla ultrasonik dönüştürücü ile paslanmaz çelik bir tanktan oluşmaktadır. Ultrasonik banyolar genellikle 40 kHz civarı frekansta çalışmakta ve bir sıcaklık kontrol mekanizması ile donatılmaktadırlar. Oldukça ucuz ve kolay erişilebilir olmalarının yanı sıra çok sayıda örnek ile aynı anda çalışma imkânı sunmaktadırlar. Bununla birlikte probu sistem ile karşılaştırıldığında; numuneye direkt gönderilen

düşük ultrason gücü sistemin dezavantajıdır. Sisteme verilen ultrasonik yoğunluk su ve analizde kullanılan cam malzemeler tarafından zayıflatılmaktadır. Son zamanlarda ekstraksiyon uygulamaları için bu olumsuzlukların sınırlandırıldığı 25 kHz'de çalışan yeni banyo sistemleri geliştirilmiştir. Bu banyolar, soğutma/ısıtma sistemleri sayesinde su dolaşımı ile sıcaklık kontrolünü sağlayan çift katmanlı bir manto ile donatılmış paslanmaz çelik bir reaktörden oluşmaktadırlar. Sistem, probu ultrason sistemine göre daha az verimlidir ancak, cihazın kullanım kolaylığı ve aynı anda birden fazla numuneyi işleme alma imkanı nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Chemat et al., 2017)

Küçük hacimli ekstraksiyon uygulamalarında ultrasonik problar sıklıkla tercih edilen sistemlerdir. Prob sistemi ultrasonik banyolara kıyasla daha güçlüdür çünkü gönderilen ultrasonik yoğunluk küçük bir yüzeyden iletilmektedir. Genelde 20 kHz civarında çalışmakta ve dönüştürücü reaktöre daldırılmış bir proba bağlanmaktadır. Böylece minimum enerji kayıplarıyla ekstraksiyon ortamına ultrasonun doğrudan iletimi sağlanmaktadır. Farklı uzunluk, çap ve uç şekillerine sahip prob çeşitleri mevcuttur. Prob seçimi uygulama ve numune hacmine göre yapılmaktadır. Prob tarafından sıvı ortama iletilen ultrasonik yoğunluk reaktörde hızla sıcaklık yükselmesine neden olmaktadır. Reaktörün çift ceketli bir soğutucu sistem ile soğutulması ekstraksiyon için gereklidir. Bu durum probu sistem için bir dezavantajdır (Vinatoru, 2015).

Son yıllarda ultrasonik ekstraksiyon tekniğinin soxhlet ekstraksiyonu ve distilasyon gibi klasik ekstraksiyon yöntemleri ile kombine edildiği yenilikçi teknolojiler de hızla geliştirilmektedir (Chemat et al., 2017).

#### **SONUÇ**

Bir bitkiden istenen bir bileşiğin ekstraksiyonunu gerçekleştirmek için kullanılacak tekniğin seçiminde; ekstraksiyon etkinliği ve tekrarlanabilirliği, uygulanan prosedürün kolaylığı, süre, maliyet ve güvenlik gibi parametrelerin tümü göz önünde bulundurulmalıdır. Öte yandan, biyoaktif bileşiklerin ve bu bileşiklerce zenginleştirilmiş fonksiyonel gıdaların artan ekonomik değeri gelecekte daha ileri ekstraksiyon yöntemlerinin geliştirilmesini sağlayacaktır.

Günümüzde özellikle gıda, kozmetik ve ilaç endüstrileri açısından önemli olan biyoaktif bileşiklerin kazanımında yaygın olarak kullanılan ultrason yardımlı ekstraksiyon yöntemi; ultrasonik dalgalar yardımıyla bitki hücre duvarının bozunmasını sağlayan ve kütle transferini hızlandırarak istenen biyoaktif bileşenlerin klasik tekniklere kıyasla daha kısa sürede ve daha yüksek verimle elde edilmesini sağlayan bir uygulamadır. Ayrıca, daha düşük enerji

sarfıyatı ve daha az çözügen kullanımı ile çevreci bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda ultrason yardımlı ekstraksiyonun yanı sıra; enzim yardımlı ekstraksiyon, mikrodalga yardımlı ekstraksiyon, vurgulu elektrik alanı yardımlı ekstraksiyon, süperkritik akış ekstraksiyonu ile basınçlı sıvı ekstraksiyonu gibi etkin yöntemlerin yanı sıra bu yöntemlerin klasik ekstraksiyon yöntemleri ile kombine halleri de kullanılmaktadır.

Ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından çevre düzenlemeleri çerçevesinde getirilen kısıtlama ve düzenlemeler ile desteklenen ve her geçen gün daha da geliştirilen 'yeşil ekstraksiyon teknikleri'sayesinde; daha az enerji sarfıyatı, maliyet ve süre ile daha güvenilir kimyasalların kullanıldığı yeni alternatif teknolojiler geliştirilecek ve gıda sektörünün yanı sıra birçok farklı alanda kullanılabilirlerdir.

#### KAYNAKLAR

- Ade-Omowaye, B.I.O., Angersbach, A., Taiwo, K.A., Knorr, D., 2001. Use of Pulsed Electric Field Pre-Treatment to Improve Dehydration Characteristics of Plant Based Foods. *Trends In Food Science and Technology*, 12 (8): 285-295.
- Alupului, A., 2012. Microwave Extraction of Active Principles From Medicinal Plants. *U.P.B. Science Bulletin, Series B*, 74 (2).
- Angersbach, A., Heinz, V., Knorr, D., 2000. Effects of Pulsed Electric Fields on Cell Membranes in Real Food Systems. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1 (2): 135-149.
- Asghari, J., Ondruschka, B., Mazaheritehrani, M., 2011. Extraction of Bioactive Chemical Compounds From the Medicinal Asian Plants by Microwave Irradiation. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5 (4): 495-506.
- Awad, T.S., Moharram, H.A., Shaltout, O.E., Asker, D., Youssef, M.M., 2012. Applications of Ultrasound In Analysis, Processing and Quality Control of Food: A review. *Food Research International*, 48: 410-427.
- Ashokkumar, M., 2011. The Characterization of Acoustic Cavitation Bubbles – An Overview, *Ultrasonic Sonochemistry*, 18: 864–872.
- Azmir, J., Zaidul, I.S.M., Rahman, M.M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M.H.A., Ghafoor, K., Norulaini, N.A.N., Omar, A.K.M., 2013. Techniques for Extraction of Bioactive Compounds From Plant Materials: A Review. *J. Food Eng.*, 117 (4): 426-436.
- Barbero, G.F., Liqid, A., Palma, M., Barroso, C.G., 2008. Ultrasound-Assisted Extraction of Capsaicinoids From Peppers. *Talanta*, 75: 1332-1337.
- Barsotti, L., Cheftel, J.C., 1998. Traitement Des Aliments Par Champs Electriques Pulses. *Science Des Aliments*, 18: 584-601.
- Benkerrou, F., Bey, M.B., Amrane, M., Louaileche, H., 2018. Ultrasonic-Assisted Extraction of Total Phenolic Contents from *Phoenix dactylifera* and Evaluation of Antioxidant Activity: Statistical Optimization of Extraction Process Parameters. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12 (3): 1910-1916.
- Bermúdez-Aguirre, D., Mobbs, T., Barbosa-Cánovas, G., 2011. Ultrasound applications in food processing, In *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. Feng, H., Barbosa-Canovas, G., Weiss, J. (eds). Springer, New York, USA, pp. 65–105.
- Bhattacharjee, P., Singhal, R.S., Tiwari, S.R., 2006. Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Cottonseed Oil. *Journal of Food Engineering*, 79 (3): 892–989.
- Biesaga, M., 2011. Influence of Extraction Methods on Stability of Flavonoids. *Journal of Chromatography A*, 1218 (18): 2505-2512.
- Bocevská, M., Sovov' A.H., 2007. Supercritical CO<sub>2</sub> Extraction of Essential Oil from Yarrow, *Journal of Supercritical Fluids*, 40: 360-367.
- Caldeira, I., Pereira, R., Clímaco, M.C., Belchior, A. and Bruno De Sousa, R., 2004. Improved Method for Extraction of Aroma Compounds in Aged Brandies and Aqueous Alcoholic Wood Extracts Using Ultrasound. *Analytica Chimica Acta*, 513: 125-134.
- Caleja, C., Barros, L., Prieto, M.A., Barreiro, M.F., Oliveira, M.B.P.P. and Ferreira, I.C.F.R., 2017. Extraction of Rosmarinic Acid from *Melissa officinalis* L. by Heat-, Microwave- and Ultrasound-Assisted xtraction Techniques: A Comparative Study Through Response Surface Analysis. *Separation and Purification Technology*, 186: 297-308.
- Canales, R., Guíñez, M., Bazán, C., Reta, M., Cerutti, S., 2017. Determining Heterocyclic Aromatic Amines in Aqueous Samples: A Novel Dispersive Liquid-Liquid Micro-Extraction Method Based on Solidification of Floating Organic Drop and Ultrasound Assisted Back Extraction Followed by UPLC-MS/MS. *Talanta*, 174: 548-555.
- Capelo-Martínez, J.L., Ximénez-Embún, P., Madrid, Y., Cámara, C., 2004. Advanced Oxidation Processes for Sample Treatment in Atomic Spectrometry. *TrAC, Trends Anal. Chem.*, 23: 331-340.
- Capelo-Martínez, J.L., 2009. *Ultrasound in Chemistry: Analytical Applications*, JohnWiley & Sons.
- Carrilloa, A.N., Aguilar-Santamaría, M.A., Vernon-Carter, E.J., Jiménez-Alvaradod, R., Cruz-Sosaa,

- F., Román-Guerrero, A., 2017. Extraction of Phenolic Compounds from *Satureja Macrostema* Using Microwave-Ultrasound Assisted and Reflux Methods and Evaluation of Their Antioxidant Activity and Cytotoxicity. *Industrial Crops and Products*, 103: 213-221.
- Chemat, F., Rombaut, N., Sicaire, A.G., Meullemiestre, A., Fabiano-Tixier, A.S., Abert-Vian, M., 2017. Ultrasound Assisted Extraction of Food and Natural Products. Mechanisms, Techniques, Combinations, Protocols and Applications. A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34: 540-560.
- Chemat, F., Zill-e-Huma, Khan, M.K., 2011. Applications of Ultrasound in Food Technology: Processing, Preservation and Extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18 (4): 813-835.
- Chen, F., Sun, Y., Zhao, G., Liao, X., Hu, X., Wu, J., Wang, Z., 2007. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Anthocyanins in Red Raspberries and Identification of Anthocyanins in Extract Using High-Performance Liquid Chromatography-Mass Spectrometry. *Ultrason. Sonochem.*, 14: 767-778.
- Chen, S., Zeng, Z., Hu, N., Bai, B., Wang, H. and Suo, Y., 2018. Simultaneous Optimization of the Ultrasound-Assisted Extraction for Phenolic Compounds Content and Antioxidant Activity of *Oxyechium ruthenicum* Murr. Fruit Using Response Surface Methodology. *Food Chemistry*, 242: 1-8.
- Chukwumah, Y.C., Walker, L.T., Verghese, M., Ogutu, S., 2009. Effect of Frequency and Duration of Ultrasonication on the Extraction Efficiency of Selected Isoflavones and Trans-Resveratrol From Peanuts (*Arachis hypogaea*). *Ultrasonic Sonochemistry*, 16: 293-299.
- Cocero, M.J., Gonzalez, S., Perez, S., Alonso, E., 2000. Supercritical Extraction of Unsaturated Products: Degradation of Beta Carotene Supercritical Extraction Processes, *Journal of Supercritical Fluids*, 19: 39-44.
- Concha, J., Soto, C., Chamy, R., Zuniga, M.E., 2004. Enzymatic Pretreatment on Rosehip Oil Extraction: Hydrolysis and Pressing Conditions. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 81 (6): 549-552.
- Corbin, C., Fidel, T., Leclerc, E.A., Barakzoy, E., Sagot, N., Falguieres, A., Renouard, S., Blondeau, J.P., Ferroud, C., Doussot, J., Laine, E., Hano, C., 2015. Development and Validation of An Efficient Ultrasound Assisted Extraction of Phenolic Compounds From Flax (*Linum usitatissimum* L.) Seeds. *Ultrasonic Sonochemistry*, 26: 176-185.
- Corrales, M., Toepfl, S., Butza, P., Knorr, D., Tauschera, B., 2008. Extraction of Anthocyanins From Grape By-Products Assisted by Ultrasonics, High Hydrostatic Pressure or Pulsed Electric Fields: A Comparison. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9 (1): 85-91.
- Cravotto, G., Boffa, L., Mantegna, S., Perego, P., Avogadro, M., Cintasc, P., 2008. Improved Extraction of Vegetable Oils Under High-Intensity Ultrasound and/or Microwaves. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15 (5): 898-902.
- Dabre, R., Azad, N., Schwämmle, A., Lämmerhofer, M., Lindner, W., 2011. Simultaneous Separation and Analysis of Water- and Fat-Soluble Vitamins on Multi-Modal Reversed-Phase Weak Anion Exchange Material by HPLC-UV. *J. Sep. Sci.*, 34: 761-772.
- D'alessandro, L.G., Dimitrov, K., 2014. Kinetics of Ultrasound Assisted Extraction of Anthocyanins From *Aronia melanocarpa* (Black chokeberry) wastes. *Chemical Engineering Research and Design*, 92 (10): 1818-1826.
- Delsart, C., Ghidossi, R., Poupot, C., Cholet, C., Grimi, N., Vorobiev, E., Milisic, V., Peuchot, M.M., 2012. Enhanced Extraction of Phenolic Compounds From Merlot Grapes By Pulsed Electric Field Treatment. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63 (2): 205-211.
- Demir, E., Serdar, G., Sökmen, M., 2015. Comparison of Some Extraction Methods for Isolation of Catechins and Caffeine From Turkish Green Tea. *International Journal of Secondary Metabolite*, 2 (2): 16-25.
- Dhobi, M., Mandal, V., Hemalatha, S., 2009. Optimization of Microwave Assisted Extraction of Bioactive Flavolignan-Silybinin. *Journal of Chemical Metrology*, 3 (1): 13-23.
- Dominguez, H., Ntiiez, M.J., Lema, J.M., 1995. Enzyme-Assisted Hexane Extraction of Soybean Oil. *Food Chemistry*, 54 (2): 223-231.
- EPA, 2017. [http://www.epa.gov/greenchemistry/pubs/about\\_gc.html](http://www.epa.gov/greenchemistry/pubs/about_gc.html). (Erişim Tarihi: 21 Aralık 2017).
- Erdogan, S., Ates, B., Durmaz, G., Yilmaz, I., Seckin, T., 2011. Pressurized Liquid Extraction of Phenolic Compounds from Anatolia Propolis and Their Radical Scavenging Capacities. *Food and Chemical Toxicology*, 49 (7): 1592-1597.
- Esclapez, M.D., García-Pérez, J.V., Mulet, A., Cárcel, J.A., 2011. Ultrasound-Assisted Extraction of Natural Products. *Food Engineering Reviews*, 3: 108-120.
- Feng, H., Yang, W. 2011. Ultrasonic process. In *Handbook on nonthermal processing Technologies* (ed.) Daniel, F.F., Balasubramaniam, Zhang, H., Ames, I.A; Wiley.
- Fincan, M., De Vito, F., Dejmek, P., 2004. Pulsed Electric Field Treatment for Solid-Liquid

- Extraction of Red Beetroot Pigment. *Journal of Food Engineering*, 64 (3): 381-388.
- Fincan, M., Dejmek, P., 2002. In Situ Visualization of the Effect of A Pulsed Electric Field on Plant Tissue. *Journal of Food Engineering*, 55 (3): 223-230.
- Flint E.B., Suslick K.S., 1991. The Temperature of Cavitation, *Science*, 253: 1397-1399.
- Ghafoor, K., Park, J., Choi, Y.H., 2010. Optimization of Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Bioactive Compounds From Grape Peel (*Vitis labrusca* B.) by Using Response Surface Methodology. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11 (3): 485-490.
- Gliszczynska-Swigło, A., Rybicka, I., 2015. Simultaneous Determination of Caffeine and Water-Soluble Vitamins ' In Energy Drinks by HPLC With Photodiode Array and Fluorescence Detection. *Food Anal. Methods*, 8: 139-146.
- Gómez-García, R., Martínez-Ávila, G.C.G., Aguilar, C.N., 2012. Enzyme-Assisted Extraction of Antioxidative Phenolics From Grape (*Vitis vinifera* L.) Residues. *3 Biotech.*, 2 (4): 297-300.
- González-Centeno, M.R., Knoerzer, K., Sabarez, H., Simal, S., Rosselló, C., Femenia, A., 2014. Effect of Acoustic Frequency and Power Density on the Aqueous Ultrasonic-Assisted Extraction of Grape Pomace (*Vitis vinifera* L.). *A Response Surface Approach*, *Ultrason. Sonochem.*, 21: 2176-2184.
- Guderjan, M., Töpfl, S., Angersbach, A., Knorr, D., 2005. Impact of Pulsed Electric Field Treatment on the Recovery and Quality of Plant Oils. *Journal of Food Engineering*, 67 (3): 281-287.
- Hammi, K.M., Jdey, A., Abdely, C., Majdoub, H., Ksouri, R., 2015. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Antioxidant Compounds From Tunisian *Zizyphus lotus* Fruits Using Response Surface Methodology. *Food Chemistry*, 184: 80-89.
- Handa, S.S., Khanuja, S.P.S., Longo, G., Rakesh, D.D., 2008. Extraction Technologies for Medicinal and Aromatic Plants. United Nations Industrial Development Organization and The International Centre for Science and High Technology. Icsunido Is Supported by the Italian Ministry of Foreign Affairs, 35-51.
- Hanmoungjai, P., Pyle, D.L., Niranjana, K., 2001. Enzymatic Process for Extracting Oil and Protein From Rice Bran. *Journal of The American Oil Chemists Society*, 78 (8): 817-821.
- Heinz, V., Toepfl, S., Knorr, D., 2003. Impact of Temperature on Lethality and Energy Efficiency of Apple Juice Pasteurization by Pulsed Electric Fields Treatment. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4 (2): 167-175.
- Herrera, M.C., Luque De Castro, M.D., 2004. Ultrasound-Assisted Extraction for the Analysis of Phenolic Compounds In Strawberries. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 379 (7-8): 1106-1112.
- Hossain, M.B., Brunton, N.P., Patras, A., Tiwari, B., O'donnell, C.P., Martindiana, A.B., Barry-Ryan, C., 2012. Optimization of Ultrasound Assisted Extraction of Antioxidant Compounds From Marjoram (*Origanum majorana* L.) Using Response Surface Methodology. *Ultrasonic Sonochemistry*, 19 (3): 582-590.
- Ibañez, E., Herrero, M., Mendiola, J.A., Castro-Puyana, M., 2012. Extraction and Characterization of Bioactive Compounds With Health Benefits From Marine Resources: Macro and Micro Algae, Cyanobacteria, and Invertebrates. In: Hayes, M. (Ed.), *Marine Bioactive Compounds: Sources, Characterization and Applications*. Springer, pp. 55-98.
- Incedy, J., Lengyel, T., Ure, A.M., 1998. *Supercritical Fluid Chromatography and Extraction. Compendium of Analytical Nomenclature (Definitive Rules 1997)*, Third Ed. Blackwell Science.
- İçen, H., Gürü, M., 2010. Effect of Ethanol Content on Supercritical Carbon Dioxide Extraction of Caffeine From Tea Stalk and Fiber Wastes. *Journal of Supercritical Fluids*, 55 (1): 156-160.
- İlbay, Z., 2016. *Turunçgil Meyve ve Yapraklarının Farklı Ekstraksiyon Yöntemleriyle Ekstraksiyonu ve Matematik Modellemesi*. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Temel İşlemler ve Termodinamik Bilim Dalı. Doktora Tezi, 168 s.
- Jadhav, D., Rekha, B.N., Parag, R.G., Virendra, K.R., 2009. Extraction of Vanillin From Vanilla Pods: A Comparison Study of Conventional Soxhlet and Ultrasound Assisted Extraction. *Journal of Food Engineering*, 93: 421-426.
- Jain, T., 2009. Microwave Assisted Extraction for Phytoconstituents – An Overview. *Asian Journal of Research in Chemistry*, 2 (1): 19-25.
- Joaquín-Cruz, E., Dueñas, M., García-Cruz, L., Salinas-Moreno, Y., Santos-Buelga, C., García-Salinas, C., 2015. Anthocyanin and Phenolic Characterization, Chemical Composition and Antioxidant Activity of Chagalapoli (*Ardisia compressa*) Fruit: A Tropical Source of Natural Pigments. *Food Research International*, 70: 151-157.
- Kavoura, D., Kyriakopoulou, K., Papaefstathiou, G., Spanidi, E., Gardikis, K., Loulia, V., Aligiannis, N., Krokida, M., Magoulasa, K., 2019. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of *Salvia fruticosa*. *The Journal of Supercritical Fluids* 146: 159-

- 164.
- Kek, S., Chin, N., Yusof, Y., 2013. Direct and Indirect Power Ultrasound Assisted Pre-Osmotic treatments In Convective Drying of Guava Slices. *Food Bioprod. Process.*, 91: 495-506.
- Kurek, M.A., Karp, S., Wyrwisz, J., Niu, Y.G., 2018. Physicochemical Properties of Dietary Fibers Extracted From Gluten-Free Sources: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), Amaranth (*Amaranthus caudatus*) and Millet (*Panicum miliaceum*). *Food Hydrocolloids*, 85: 321-330.
- Lang, Q., Wai, C.M., 2001. Supercritical Fluid Extraction in Herbal and Natural Product Studies A Practical Review. *Talanta*, 53 (4): 771-782.
- Laroze, L., Soto, C., Zúñiga, M.E., 2010. Phenolic Antioxidants Extraction From Raspberry Wastes Assisted by-Enzymes. *Electronic Journal of Biotechnology*, 13 (6): 1-11.
- Latif, S., Anwar, F., 2009. Physicochemical Studies of Hemp (*Cannabis sativa*) Seed Oil Using Enzyme-Assisted Cold-Pressing. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111 (10): 1042-1048.
- Lebovka, N.I., Bazhal, M.I., Vorobiev, E., 2002. Estimation of Characteristic Damage Time of Food Materials in Pulsed-Electric Fields. *Journal of Food Engineering*, 54 (4): 337-346.
- Legay, M., Gondrexon, N., Le Person, S., Boldo, P., Bontemps, A., 2011. Enhancement of Heat Transfer by Ultrasound: Review and Recent Advances, *Int. J. Chem. Eng.*
- Leong T., Ashokkumar M.S., 2011. Kentish, The Fundamentals of Power Ultrasound: A Review, *Acoust. Aust.*, 39: 54-63.
- Letellier, M., Budzinski, H., 1999. Microwave Assisted Extraction of Organic Compounds. *Analisis*, 27 (3): 259-270.
- Luengo, E., Condon, S., Condon, S., Álvarez, I., Raso, J., 2014. Improving the Extraction of Carotenoids From Tomato Waste by Application of Ultrasound Under Pressure. *Separation and Purification Technology*, 136: 130-136.
- Li, H., Chen, B., Yao, S., 2005. Application of Ultrasonic Technique for Extracting Chlorogenic Acid From *Eucommia ulmoides* Oliv. (*E. Ulmodies*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 12 (4): 295-300.
- Lorimer, J.P., Mason, T.J., 1987. Sonochemistry. Part 1 – The Physical Aspects. *Chem. Soc. Rev.* 16: 239-74.
- López, N., Puértolas, E., Condón, S., Raso, J., Álvarez, I., 2009. Enhancement of the Extraction of Betanine From Red Beet Root by Pulsed Electric Fields. *Journal of Food Engineering*, 90 (1): 60–66.
- Luthria, D.L., 2008. Influence of Experimental Conditions on the Extraction of Phenolic Compounds From Parsley (*Petroselinum crispum*) Flakes Using a Pressurized Liquid Extractor. *Food Chemistry*, 107 (2): 745-752.
- Ma, Y. Q., Chen, J. C., Liu, D. H., Ye, X.Q., 2009. Simultaneous Extraction of Phenolic Compounds of Citrus Peel Extracts, Effect of Ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16: 57–62.
- Ma, Y., Ye, X., Hao, Y., Xu, G., Xu, G., Liu, D., 2008. Ultrasound-Assisted Extraction of Hesperidin From Penggan (*Citrus reticulata*) Peel, *Ultrasonic Sonochemistry*, 15 (3): 227-232.
- Machado, A.P.F, Pereira A., Barbero, G.F., Martínez, J., 2017. Recovery of Anthocyanins From Residues of *Rubus fruticosus*, *Vaccinium myrtillus* and *Eugenia brasiliensis* By Ultrasoundassisted Extraction, Pressurized Liquid Extraction and Their Combination. *Food Chemistry*, 231: 1-10.
- Mackersie, J.W., Timoshkin, I.V., MacGregor, S.J., 2005. Generation of High-Power Ultrasound by Spark Discharges in Water. *IEEE Trans. Plasma Sci.*, 33 (5): 1715-1724.
- Maier, T., Göppert, A., Kammerer, D.R., Schieber, A., Carle, R., 2008. Optimization of a Process for Enzyme-Assisted Pigment Extraction From Grape (*Vitis vinifera* L.) pomace. *European Food Research and Technology*, 227 (1): 267-275.
- Margulis, M.A., Margulis, I.M., 2003. Calorimetric Method for Measurement of Acoustic Power Absorbed in A Volume of A Liquid. *Ultrasonic Sonochemistry*, 10: 343-345.
- Márquez-Sillero, I., Cárdenas, S., Valcárcel, M., 2013. Determination of Water-Soluble Vitamins in Infant Milk and Dietary Supplement Using a Liquid Chromatography On-Line Coupled to A Corona-Charged Aerosol Detector. *J. Chromatogr. A*, 1313: 253-258.
- Mason, T.J., 1990. *Chemistry With Ultrasound*, Elsevier Applied Science, New York.
- Mason, T.J., Copley, A.J., Graves, J.E., Morgan, D., 2011. New Evidence for the Inverse Dependence of Mechanical and Chemical Effects on the Frequency of Ultrasound, *Ultrasonic Sonochemistry*, 18: 226-230.
- Mason, T.J., Lorimer, J.P., 2002. General principles, In *Applied Sonochemistry: Uses of Power Ultrasound in Chemistry and Processing*, Mason, T.J., Lorimer J.P. (eds), Wiley-Vch Verlag, Germany, pp. 25-74.
- Mroczek, T., Mazurek, J., 2009. Pressurized Liquid Extraction and Anticholinesterase Activity-Based Thin-Layer Chromatography With Bioautography of Amaryllidaceae Alkaloids. *Analytica Chimica Acta*, 633 (2): 188-196.
- Nieto, A., Borrull, F., Pocurull, E., Marcé, R.M., 2010.

- Pressurized Liquid Extraction: A Useful Technique to Extract Pharmaceuticals and Personal-Care Products From Sewage Sludge. *Trends In Analytical Chemistry*, 29 (7): 752-764.
- Nipornram, S., Tochampa, W., Rattanatraiwong, P., 2018. Optimization of Low Power Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds From Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco Cv. Sainampung) Peel. *Food Chemistry*, 241: 338-345.
- Niranjan, K., Hanmoungjai, P., 2004. Enzyme-aided aqueous extraction. In *Nutritionally Enhanced Edible Oil Processing*. Dunford, N.T., Dunford, H.B. (eds), Aocs Publishing.
- Palma, M., Barbero, G.F., Pineiro, Z., Liazid, A., Barroso, C.G., Rostagno, M.A., Prado, J.M., Meireles, M.A.A., 2013. Natural Product Extraction: Principles and applications, Chapter 2: Extraction of natural products: principles and fundamental aspects, In: Rostagno, M.A., Prado, J.M. (eds), *The Royal Society of Chemistry*, UK, pp. 58-88.
- Palma, M., Barroso, C.G., 2002. Ultrasound-Assisted Extraction and Determination of Tartaric and Malic Acids From Grapes and Winemaking by-Products. *Analytica Chimica Acta*, 458: 119-130.
- Pan, X., Niu, G., Liu, H., 2003. Microwave-Assisted Extraction of Tea Polyphenols and Tea Caffeine From Green Tea Leaves. *Chemical Engineering and Processing*, 42 (2): 129-133.
- Pétrier, C., Gondrexon, N., Boldo, P., 2008. *Ultrasons Et Sonochimie, Techniques De L'ingénieur Chimie Verte: Optimisation Des Modes De Séparation. D'activation Et De Synthèse Base Documentaire: Tib493duo*.
- Picó, Y. 2013. Ultrasound-Assisted Extraction for Food and Environmental Samples. *Trends in Analytical Chemistry*, 43: 84-99.
- Pinela, J., Prieto, M.A., Pereira, E., Jabeur, I., Barreiro, M.F., Barros, L., Ferreira, I.J.F.R., 2019. Optimization of Heat and Ultrasound-Assisted Extraction of Anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa* Calyces for Natural Food Colorants. *Food Chemistry*, 275: 309-321.
- Pingret, D., Fabiano-Tixier, A.S., Chemat, F., 2013. Chapter 3: Ultrasound-Assisted Extraction. In *natural product extraction: Principles and applications*. Rostagno, M.A., Prado, J.M. (eds). *The Royal Society of Chemistry*, UK, pp. 89-112.
- Ponmurugan, K., Al-Dhabi N.A., Maran, J.P., Karthikeyan, K., Moothy, I.G., Sivarajasekar, N., Manoj, J.J.B., 2017. Ultrasound Assisted Pectic Polysaccharide Extraction and Its Characterization From Waste Heads of *Helianthus annuus*. *Carbohydrate Polymers*, 173: 707-713.
- Poongothai, S., Ilavarasan, R., Karrunakaran, C.M., 2010. Simultaneous and Accurate Determination of Vitamins B1, B6, B12 and Alpha-Lipoic Acid in Multivitamin Capsule by Reverse-Phase High Performance Liquid Chromatographic Method. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.*, 2: 133-139.
- Puértolas, E., López, N., Saldaña, G., Álvarez, I., Raso, J., 2010. Evaluation of Phenolic Extraction During Fermentation of Red Grapes Treated by A Continuous Pulsed Electric Fields Process at Pilot-Plant Scale. *Journal of Food Engineering*, 119 (3): 1063-1070.
- Puri, M., Sharma, D., Barrow, C.J., 2012. Enzyme-Assisted Extraction of Bioactives From Plants. *Trends in Biotechnology*, 30 (1): 37-44.
- Richter, B.E., Jones, B.A., Ezzell, J.L., Porter, N.L., Avdalovic, N., Pohl, C., 1996. Accelerated Solvent Extraction: A Technology for Sample Preparation. *Analytical Chemistry*, 68 (6): 1033-1039.
- Rodsamrana, P., Sothornvita, R., 2019. Extraction of Phenolic Compounds from Lime Peel Waste Using Ultrasonicassisted and Microwave-Assisted Extractions. *Food Bioscience*, 28: 66-73.
- Rosenthal, A., Pyle, D.L., Niranjan, K., 1996. Aqueous and Enzymatic Processes for Edible Oil Extraction. *Enzyme Microbial Technology*, 19 (6): 402-420.
- Rosenthal, A., Pyle, D.L., Niranjan, K., Gilmour, S., Trinca, L., 2001. Combined Effect of Operational Variables and Enzyme Activity on Aqueous Enzymatic Extraction of Oil and Protein From Soybean. *Enzyme and Microbial Technology*, 28 (6):499-509.
- Rostagno, M.A., Palma, M., Barroso, C.G., 2004. Pressurized Liquid Extraction of Isoflavones From Soybeans. *Analytica Chimica Acta*, 522 (2): 169-177.
- Salar Bashi, D., Mortazavi, S.A., Rezaei, K., Rajaei, A., Karimkhani, M.M., 2012. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compounds From Yarrow (*Achillea beibrestinii*) by Response Surface Methodology. *Food Science and Biotechnology*, 21 (4): 1005-1011.
- Sališová, M., Toma, Š., Mason, T.J., 1997. Comparison of Conventional and Ultrasonically Assisted Extractions of Pharmaceutically Active Compounds From *Salvia officinalis*, *Ultrasonic Sonochemistry*, 4: 131-134.
- Santos, D.C.M.B., Carvalho, L.S.B., Lima, D.C., Leão, D.J., Teixeira, L.S.G., Gracas, M., 2017. Korndetermination of Micronutrient inerals in Coconut Milk by ICP-OES After Ultrasound-Assisted Extraction Procedure. *Journal of Food*

- Composition and Analysis, 34(1): 75-80.
- Santos, H.M., Capelo, J.L., 2007. Trends in Ultrasonic-Based Equipment for Analytical Sample Treatment. *Talanta*, 73: 795-802.
- Santos, H.M., Lodeiro, C., Capelo-Martínez, J.L., 2009. The Power of Ultrasound, In: Capelo-Martínez J. L. (Ed.), *Ultrasound in chemistry: Analytical applications*, Wiley-Vch Verlag, Germany, pp. 1-16.
- Santos, K.A., Gonçalves, J.E., Cardozo-Filho, L., da Silva, E.A., 2019. Pressurized Liquid and Ultrasound-Assisted Extraction of A-Bisabolol from Candeia (*Eremanthus erythropappus*) Wood. *Industrial Crops and Products*, 130: 428-435.
- Sharma, A., Khare, S.K., Gupta, M.N., 2002. Enzyme-Assisted Aqueous Extraction of Peanut Oil. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 79 (3): 215-218.
- Shen, J., Shao, X., 2005. A Comparison of Accelerated Solvent Extraction, Soxhlet Extraction, and Ultrasonic-Assisted Extraction for Analysis of Terpenoids and Sterols in Tobacco. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 383 (6): 1003-1008.
- Shen, Y., Zhang, X., Prinyawiwatkul, W., Xu, Z., 2014. Simultaneous Determination of Red and Yellow Artificial Food Colourants and Carotenoid Pigments in Food Products. *Food Chemistry*, 157: 553-558.
- Shirsath, S.R., Sonawane, S.H., Gogate, P.R., 2012. Intensification of Extraction of Natural Products Using Ultrasonic Irradiations-A Review of Current Status. *Chemistry of Engineering Process*, 53: 10-23.
- Sihvonen, M., Järvenpää, E., Hietaniemi, V., Huopalahti, R., 1999. Advances in Supercritical Carbon Dioxide Technologies. *Trends in Food Science and Technology*, 10 (6-7): 217-222.
- Singh, R.K., Sarker, B.C., Kumbhar, B.K., Agrawal, Y.C., Kulshreshtha, M.K., 1999. Response Surface Analysis of Enzyme-Assisted Oil Extraction Factors for Sesame, Groundnut, and Sunflower Seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 36 (6): 511-514.
- Sivakumar, V., Lakshmi, A.J., Vijayeeswaree, J., Swaminathan, G., 2009. Ultrasound Assisted Enhancement in Natural Dye Extraction From Beetroot for Industrial Applications and Natural Dyeing of Leather. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16: 782-789.
- Sun, Y., Liu, D., Chen, J., Ye, X., Yu, D., 2011. Effects of Different Factors of Ultrasound Treatment on the Extraction Yield of the All-Trans- $\beta$ -Carotene From Citrus Peels. *Ultrasonic Sonochemistry*, 18: 243-249.
- Suslick, K.S., 1989. The chemical effects of ultrasound, *Sci. Am.* 260: 80-86.
- Suslick, K.S., Didenko, Y., Fang, M.M., Hyeon, T., Kolbeck, K.J., Mcnamara, W.B., Mdeleleni, M. M., Wong, M., 1999. Acoustic Cavitation and Its Chemical Consequences. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser. A*, 357: 335-353.
- Suslick, K.S., Eddingsaas, N.C., Flannigan, D.J., Hopkins, S.D., Xu, H., 2011. Extreme Conditions During Multibubble Cavitation: Sonoluminescence As A Spectroscopic Probe. *Ultrasonic Sonochemistry*, 18: 842-846.
- Temelli, F., Güçlü-Üstündag, Ö., 2005. Supercritical Technologies for Further Processing of Edible Oils. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. John Wiley & Sons, Inc.
- Tiwari, B.K., 2015. Ultrasound: A Clean, Green Extraction Technology, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 71: 100-109.
- Toepfl, S., Mathys, A., Heinz, V., Knorr, D., 2006. Review: Potential of High Hydrostatic Pressure and Pulsed Electric Fields for Energy Efficiency and Environmentally Friendly Food Processing. *Food Review International*, 22 (4): 405-423.
- Toma, M., Vinatoru, M., Paniwnyk, L., Mason, T.J., 2001. Investigation of the Effects of Ultrasound on Vegetal Tissues During Solvent Extraction. *Ultrasonic Sonochemistry*, 8: 137-142.
- Velickovic, V., Durovic, S., Radojkovic, M., 2017. Application of Conventional and Non-Conventional Extraction Approaches for Extraction of *Erica carnea* L.: Chemical Profile and Biological Activity of Obtained Extracts. *Journal of Supercritical Fluids*, 128: 331-337.
- Vilkhu, K., Manasseh, R., Mawson, R., Ashokkumar, M., 2011. Ultrasonic recovery and modification of food ingredients, In *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. Feng, H., Barbosa-Canovas, G., Weiss J. (eds). Springer, New York, USA, pp. 345-368.
- Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., Bates, D., 2008. Applications and Opportunities for Ultrasound Assisted Extraction in the Food Industry-A Review. *Innovative Food Science Emerging Technology*, 9: 161-169.
- Vinatoru, M., 2015. Ultrasonically Assisted Extraction (UAE) of Natural Products Some Guidelines for Good Practice and Reporting, *Ultrason. Sonochem.*, 25: 94-95.
- Vinatoru, M., 2001. An Overview of Ultrasonically Assisted Extraction of Bioactive Principles From Herbs. *Ultrasonic Sonochemistry*, 8: 303-313.
- Vinatoru, M., Mason, T.J., Calinescu, I., 2017. Ultrasonically Assisted Extraction (UAE) and Microwave Assisted Extraction (MAE) of Functional Compounds From Plant Materials. *Trends In Analytical Chemistry*, 97: 159-178.



- Virost, M., Tomao, V., Le Bourvellec, C., Renard, M.C.G.C., Chemat F., 2010. Towards the Industrial Production of Antioxidants From Food Processing By-Products With Ultrasound-Assisted Extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 17: 1066-1074.
- Vorobiev, E., Jemai, A.B., Bouzrara, H., Lebovka, N.I., Bazhal, M.I., 2005. Pulsed Electric Field Assisted Extraction of Juice from Food Plants. In *Novel Food Processing Technologies*. Barbosa-Canovas, G., Tapia, M.S., Cano, M.P. (eds). Crc Press, New York, pp. 105-130.
- Vorobiev, E., Lebovka, N.I., 2006. Extraction of intercellular components by pulsed electric fields. In: *Pulsed Electric Field Technology for the Food Industry*. Raso, J., Heinz, V. (eds). Fundamentals and Applications. Springer, New York, pp. 153-194.
- Wang, L., Weller, C.L., 2006. Recent Advances in Extraction of Nutraceuticals From Plants. *Trends In Food Science & Technology*, 17 (6): 300–312.
- Wang, W., Chen, W., Zou, M., Lv, R., Wang, D., Hou, F., Feng, H., Maa, X., Zhong, J., Tian D., Ye, X., Liu, D., 2018. Applications of Power Ultrasound in Oriented Modification and Degradation of Pectin: A Review. *Journal of Food Engineering*, 234: 98-107.
- Wang, W., Ma, X., Xu, Y., Cao, Y., Jiang, Z., Ding, T., Ye, X., Liu, F.X., 2015. Ultrasound Assisted Extraction of Pectin From Grapefruit Peel: Optimization and Comparison with the Conventional Method. *Food Chemistry*, 178: 106-114.
- Wei, E., Yang, R., Zhao, H., Wang, P., Zhao, S., Zhai, W., Zhang, Y., Zhou, H., 2019. Microwave-Assisted Extraction Releases the Antioxidant Polysaccharides From Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Berries. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123: 280-290.
- Wen, C., Zhang, J., Zhang, H., Dzah, C.S., Zandile, M., Duan, Y., Ma, H., Luo, X., 2018. Advances in Ultrasound Assisted Extraction of Bioactive Compounds From Cash Crops. *Ultrasonics-Sonochemistry*, 48: 538-549.
- Wibetoe, G., Takuwa, D.T., Lund, W., Sawula, G., 1999. Coulter Particle Analysis Used Forstudying the Effect of Sample Treatment in Slurry Sampling Electrothermal Atomicabsorption Spectrometry. *Fresenius' J. Anal. Chem.*, 363: 46-54.
- Xia, T., Shi, S., Wan, X., 2006. Impact of Ultrasonic-Assisted Extraction on the Chemical and Sensory Quality of Tea Infusion. *Journal of Food Engineering*, 74: 557-560.
- Xu, D.P., Zheng, J., Zhou, Y., Li, Y., Li,S., Li, H.B., 2017. Ultrasound-Assisted Extraction of Natural Antioxidants From the Flower of *Limonium sinuatum*: Optimization and Comparison with Conventional Methods *Food Chemistry*, 217: 552-559.
- Xu, X., Dong, J., Mu, X., Sun, L., 2011. Supercritical CO<sub>2</sub> Extraction of Oil, Carotenoids, Squalene and Sterols From Lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn) Bee Pollen. *Food and Bioproducts Processing*, 89: 47-52.
- Yang, X., Li, Y., Li, S., Oladejo, A.O., Wang, Y., Huang, S., Zhou, C., Ye, X., Ma, H., Duan, Y., 2018. Effects of Ultrasound-Assisted  $\alpha$ -Amylase Degradation Treatment With Multiple Modes on the Extraction of Rice Protein. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40: 890-899.
- Yang, Y., Zhang, F., 2008. Ultrasound-Assisted Extraction of Rutin and Quercetin From *Euonymus alatus* (Thunb.) Sieb. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15 (4): 308-313.
- Yolmeh, M., Najafi, M.B.H., Farhoosh, R. 2014. Optimisation of Ultrasound-Assisted Extraction of Natural Pigment From Annatto Seeds by Response Surface Methodology (RSM). *Food Chemistry*, 155: 319-324.
- Zhang H.F., Yang X.H., Zhao L.D., Wang, Y., 2009a. Ultrasonic-Assisted Extraction of Epimedin C From Fresh Leaves of Epimedium and Extraction Mechanism. *Innovative Food Science Emerging Technology*, 10: 54-60.
- Zhang Q.A., Zhang Z.Q., Yue X.F., Fan X.H., Li T., Chen S.F., 2009b. Response Surface Optimization of Ultrasound-Assisted Oil Extraction From Autoclaved Almond Powder. *Food Chemistry*, 116: 513-518.
- Zhang Z.S., Wang L.J., Li, D., Jiao, S.S., Chen, X.D., Mao Z.H., 2008. Ultrasound Assisted Extraction of Oil From Flaxseed. *Seperation and Purification Technology*, 62: 192-198.
- Zhang, Q.A., Wang, T.T., 2017. Effect of Ultrasound Irradiation on the Evolution of Color Properties and Major Phenolic Compounds In Wine During Storage. *Food Chemistry*, 234: 372-380.
- Zhao, L.I., Zhao, G., Chen, F., Wang, Z., Wu, J., Hu, X., 2006. Different Effects of Microwave and Ultrasound on the Stability of (All-E)-Astaxanthin. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 54 (21): 8346-8351.
- Zhu, Z., Wu, Q., Di, X., Li, S., Barba, F.J., Koubaa, M., Roohinejad, S., Xiong, X., He, J., 2017. Multistage Recovery Process of Seaweed Pigments: Investigation of Ultrasound Assisted Extraction and Ultra-Filtration Performances. *Food and Bioproducts Processing*, 104: 40-47.

## Ekmeğin Besinsel Özelliklerinin İyileştirilmesi

Hacer MERAL\*<sup>ID</sup>

Mehmet Murat KARAOĞLU<sup>ID</sup>

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

(\*Sorumlu yazar e-mail: [hacer.meral@atauni.edu.tr](mailto:hacer.meral@atauni.edu.tr))

DOI: 10.17097/ataunizfd.496393

**Geliş Tarihi (Received Date): 04.12.2018**

**Kabul Tarihi (Accepted Date): 19.03.2019**

**ÖZ:** Buğdayın tarımının yapılmaya başlandığı zamandan günümüze kadar insanlar beslenmelerinde ekmeğe yer vermişlerdir. Son zamanlarda, rafine undan yapılan ekmeğin tüketiminin artması buğdayda bulunan önemli besin maddelerinin vücuda alınımını kısıtlamaktadır. Yetersiz ve dengesiz beslenme günümüzün önemli beslenme sorunlarını oluşturmaktadır. Özellikle dar gelirli kesim başta olmak üzere, toplumun dengeli beslenmesi için ekmeğin zenginleştirilmesi araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Baklagillerden balığa, yağlı tohumlardan çeşitli meyve-sebzelere kadar birçok ürün ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Gıda sanayinde kullanılan çeşitli besin değeri yüksek gıda a(r)tıkları bile ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanılabilir. Ekmeğin bu gibi bileşenlerle fonksiyonel hale getirilmesi tüketicinin de dikkatini çekmekte ve bu ürünlere olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Karbonhidrat içeriğinin yüksek olmasından dolayı enerji ve glisemik indeksi değeri yüksek olan normal ekmeğin protein, mineral madde, esansiyel yağ asidi, fenolik madde ve diyet lifi gibi beslenmede önemli olan maddeler bakımından zenginleştirilmesi mümkün olmaktadır. Protein kaynaklarına ulaşmanın zorlaştığı günümüzde, proteince zenginleştirilmiş ekmeğin tüketimi bu eksikliği giderebilir. Son zamanlarda obezite, kardiyovasküler ve diyabet gibi hastalıklar oldukça yaygınlaşmıştır. Bu hastalıkların yaygınlaşmasında diyet lifi tüketiminin düşüklüğü ve hareketsiz yaşam tarzının benimsenmesi büyük öneme sahiptir. Günlük diyetle önemli bir yer tutması nedeni ile ekmeğin diyet lifi bakımından zenginleştirilmesinin bu gibi hastalıkların görülme sıklığını azaltmada önemli işlev üstleneceği açıktır.

**Anahtar Kelimeler:** Ekmeğin Beslenme, Ekmeğin zenginleştirilmesi, Fonksiyonel gıda

### Improvement of Nutritional Properties of Bread

**ABSTRACT:** People have given place to bread in their nutrition from the time of wheat agriculture to nowadays. Recently increasing white bread consumption has limited taking essential nutrients from whole wheat to body. It seems that inadequate and unbalanced diet constitutes today's important nutritional problems. Researchers are attracted to the bread enrichment in order to balance the nutrition of the every individuals in society, especially people with low income. From legumes, fish, oil seeds to a variety of fruits and vegetables like many products were used to bread enrichment and positive results were obtained. Even some of food industry residue, which contain high nutritional value, can be used to bread enrichment. The functionalization of bread with such components also interest to consumers and interest in these products is increasing day by day. Due to the high carbohydrate content, wheat bread with high energy and glycaemic index can be enriched with substances that are important in nutrition such as protein, mineral, essential fatty acid, phenolic substance and dietary fibre. It is difficult to access the protein resources nowadays but consumption of the bread, which is enriched with protein, can overcome this deficiency. Low dietary fibre consumption and sedentary lifestyle are thought to be of great importance in the prevalence of these diseases. It is certain that dietary fibre enrichment of the bread, which has taken a significant place in our diet, can reduce the incidence of such diseases.

**Keywords:** Bread, Nutrition, Bread fortification, Functional food

### GİRİŞ

Fonksiyonel gıdalara olan talep gün geçtikçe artmakta ve son zamanlarda fonksiyonel fırıncılık ürünleri daha fazla gündeme gelmektedir (Rahaie et al., 2014). Ekmeğin dünyanın her yerinde üretilen ve en çok tüketilen gıdalardan biridir. Ekmeğin protein ya da diğer gıda bileşenlerince zenginleştirilmesi yetersiz beslenmenin önüne geçmede en etkin yollardan biri olarak görülmektedir (Menon et al., 2015; Callejo et al., 2016). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne (FAO) göre zenginleştirme; popülasyonda veya belirli bir popülasyonda bir ya da daha fazla besin maddesinin kanıtlanmış eksikliğinin önlenmesi veya düzeltilmesi amacıyla, normal olarak gıdada bulunup bulunmamasından bağımsız olarak, temel besin maddelerinin gıdaya eklenmesidir (Anonim, 1995). Gelişmekte olan ülkelerde, tahıl ürünlerine dayalı bir beslenme yaygın olmakla birlikte, toplumun önemli bir kısmı dengeli beslenme için yeterince bütçe

ayırılmamaktadır. Diğer gıda maddelerine göre daha ekonomik, ulaşılması daha kolay ve beslenme alışkanlıkları bakımından daha çok tüketilen ekmeğin çeşitli besin bileşenleri bakımından zenginleştirilmesi toplumun önemli bir kısmının dengeli ve sağlıklı beslenmesinin sağlanmasında önemli bir yere sahiptir (Hobbs et al., 2014; Cavalcante et al., 2016).

Son yıllarda insanların yaşam tarzlarının değişmesi sonucunda fiziksel aktivite azalması ve beslenme alışkanlıklarındaki değişiklikler, tip 2 diyabet, kalp hastalıkları ve bazı kronik hastalıkların artmasına yol açmıştır. Beslenme alışkanlıklarındaki en önemli değişiklikler yüksek lifli gıdalar, tam tahıllar, meyve ve sebzeler yerine hızlı sindirilebilen karbonhidrat bakımından zengin "fast food" türü tüketimin artmasıdır. Diyetle besinsel lif oranının azalması ve glisemik indeksi yüksek gıdaların tüketiminin artması kronik hastalıkların

yaygınlaşmasının önemli bir sebebi olarak gösterilmektedir. Beslenmede, yüksek lif ve düşük glisemik indeksli gıdalara daha fazla yer verilmesi, glisemik kontrolünün sağlanmasının yanı sıra vücut ağırlığının yönetimini de kolaylaştırdığı bir gerçektir. Obezite ve tip 2 diyabet, kalp hastalığı riskini artırıcı yönde etkili olurken, yüksek lif içerikli gıdalarla beslenme serum lipidinden kaynaklanan risk faktörlerinin yanı sıra diğer biyomarkırları da modifiye ederek kalp hastalığı riskini azaltmaktadır (Hu et al., 2009; Kendall et al., 2010; Hager et al., 2011).

Son yıllarda, proteince zengin gıdaların, ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanılmasına yönelik yapılan araştırmaların sayısı oldukça artmıştır. Özellikle alternatif bitkisel protein kaynakları, ekmeğin dokusal ve duyuşsal kalitesine uyumluluğundan dolayı, bu alanda gittikçe önem kazanmaktadır (Föste et al., 2014). Baklagiller, sebzeler, süt ve balık gibi gıdalar ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanılarak olumlu sonuçlar alınabilmektedir. Günümüzde ekmek hala insanların beslenmesinde en temel gıda maddesidir. Öğütme aşamasında buğdayın, besin değeri yüksek rüşeym ve fonksiyonel özelliklere sahip kepek kısımları ayrıldığı için özellikle rafine undan üretilen ekmek ve benzeri fırın ürünlerinde besin değerinin önemli derecede düştüğü belirtilmiştir (Indrani et al., 2015; Pasqualone et al., 2017).

Günümüzde, tüketici bilincinin artmasına paralel olarak sağlıklı ve fonksiyonel gıdalara olan ilgi de artmaktadır. Düşük fiyatından dolayı, gelir düzeyi düşük insanların kolay ulaşabildiği en temel gıda maddesi olan ekmek genelde iyi bir karbonhidrat, dolayısıyla günlük diyetinde iyi bir enerji kaynağıdır. Bununla birlikte, özellikle rafine undan yapılan ekmekler protein, mineral, esansiyel yağ asidi ve diyet lifi açısından yeterli bir kaynak değildir. Bu sebeple, özellikle ekmeğin protein, besinsel lif, vitamin ve minerallerce zenginleştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Fırın ürünlerinin zenginleştirilmesinde başta bitkisel kaynaklı olmak üzere, proteince zengin gıdalardan elde edilen karışımlar kullanılmaktadır (Bastos et al., 2014; Diana et al., 2014; Indrani et al., 2015).

#### **Ekmeğin baklagil ve diğer proteinli gıdalar ile zenginleştirilmesi**

Fasulye, mercimek, nohut ve soya gibi baklagiller iyi bir protein, nişasta ve diyet lifi kaynağıdır. Baklagillerin, özellikle protein içeriklerinin yüksek olması, bu ürünleri ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanılmaları için çekici hale getirmektedir. Bu bitkiler kuru ağırlıklarının %18.5-30'u kadar protein, %35-52'si kadar nişasta ve %14.6-26.3'ü kadar da diyet lifi içerirler. Bu gıdalar yüksek oranlarda lizin, lösin, aspartik asit, glutamik asit ve

arjinin içermekte ve tahıllar ile birlikte tüketildiğinde dengeli bir amino asit alımını sağlamaktadırlar (Mohammed et al., 2012; Mondor et al., 2014; Bigne et al., 2016; Summo et al., 2016; Turfani et al., 2017).

Baklagiller tahılların aksine, kükürt içeren amino asitler açısından yetersiz olmalarına rağmen yüksek oranda lizin içerirler. Soya, nohut, fasulye, yulaf kepeği gibi gıda maddelerinin öğütülerek rafine undan yapılan ekmeğe katılmaları bu ekmeğin besin kalitesini olumlu yönde etkilemektedir. Bu sebepten rafine undan yapılan ekmeğin, baklagil unları ile zenginleştirilmesi, günlük diyetinde esansiyel amino asitlerin yeterli seviyede alınmasını sağlayabilmektedir. Yalnızca amino asitlerle kalmayıp baklagiller insan sağlığı üzerinde antitrombotik ve tansiyonu düşürücü gibi olumlu etkilere sahip olan çeşitli biyoaktif peptitleri de içermektedirler. Ayrıca, fasulyede bulunan Glu-Phe, Ile-Arg ve Lys-Phe gibi peptitlerin antitrombotik etki gösterdikleri ve baklagil tüketiminin kolesterolü düşürdüğü de rapor edilmiştir (Mohammed et al., 2012; Bigne et al., 2016; Summo et al., 2016).

Yapılan çalışmalarda baklagillerin kardiyovasküler hastalıklar, tip 2 diyabet, bazı kanser türleri, fazla kilo ve obezite riskini azalttığı belirlenmiştir. Proteinlere ilave olarak baklagiller yüksek miktarlarda karbonhidrat, diyet lifi, vitamin, mineral, oligosakkarit ve fenolik maddeler içermektedirler. Baklagil unları ile zenginleştirilmiş hamur, içerdiği fenolik maddeler sayesinde, serbest radikalleri yakalayarak antioksidan özellik göstermektedir. Bu gibi olumlu katkılarına rağmen baklagil unlarının rafine undan yapılan ekmeğe ilave edilmesi hamur yapısını zayıflattığı için ekmek hacmi ve ekmek içi elastikiyetini düşürmekte ve ekmek için sertliğini artırmaktadır. Yapılan çalışmalarda optimum tüketim kalitesine sahip ekmek üretimi için baklagil unlarının genel olarak %10 (w/w) seviyesinde rafine undan yapılan ekmek üretiminde kullanılabilirliği belirtilmiştir (Rizzello et al., 2014; Indrani et al., 2015).

Fırıncılık ürünlerinde amino asit dengesinin geliştirilebilmesi için çimlendirilmiş baklagillerden elde edilen unların da bu ürünlerin üretiminde kullanılabilirliği bildirilmektedir. Ekmeğin protein içeriğinin artırılması amacıyla yapılan çalışmalarda, farklı seviyelerde (%10, %20, %30) nohut unu ilavesinin, ekmeğin besin ve tüketim kalitesi üzerine etkileri araştırılmış ve %20 ilave seviyesine kadar hamurun teknolojik özelliklerinin kontrol grubu örneklere yakın değerler verdiği belirtilmiştir (Mohammed et al., 2012; 2014).

Mercimek ve beyaz fasulyeden ekstrakte edilen proteinler teknolojik özellikler açısından çalışılmış ve bu protein ekstraktlarının ekmek üretiminde kullanılmasının ekmek içi yumuşaklık değerleri üzerine olumlu yönde etkili olduğu bildirilmiştir.

Beyaz fasulye ve mercimek proteinleri yüksek su bağlama kapasitesine sahip oldukları için, fırıncılık ürünlerinde yalnızca besin değerini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda ürün tazeliğini artırarak raf ömrünün uzamasına olumlu yönde etki etmektedir. Bu üstün özelliklerine rağmen, mercimek ve beyaz fasulye proteinlerini içeren bir diyet metiyonin amino asidinin alımının yetersizliğine neden olabilmektedir. Metiyonin amino asidi, metabolizmada protein sentezini başlatmak gibi önemli fonksiyonlara sahiptir. Bu eksiklik, metiyonin zengin diğer tahıllar ve dengeli bir diyetle kapatılabilmektedir (Bildstein et al., 2008).

Börülce gibi baklagiller protein (esansiyel amino asit), karbonhidrat, diyet lifi, vitamin (tiyamin, niyasin, riboflavin, pridoksin ve folik asit), mineral (P, Fe, K, Mg, Zn ve Mn), düşük miktarda lipit ve doymamış yağ asitleri gibi gıda bileşenleri bakımından dengeli beslenme için oldukça önemli bir yere sahiptir. Börülce unu ilavesi ile fırıncılık ürünlerinde demir, bakır, fosfor, magnezyum, manganez, çinko gibi mineraller artırılabilir. Ayrıca, ekmeğin una börülce unu ilavesiyle elde edilen ekmeğin standart formüle kıyasla daha düşük kalori değerine sahip olmaktadır. Geleneksel nişasta kaynaklarıyla (manyok, patates, mısır, pirinç) kıyaslandığında, börülceden elde edilen nişastanın, fırıncılık ürünlerinin teknolojik kalitesini de yükselttiği belirtilmektedir. Börülcede bulunan nişasta sayesinde hamur daha düşük bir özgül ağırlığa sahip olduğu için ürünün hacmini artırmakta, rengini açmakta ve depolama süresince nemin azalmasını engellemektedir. Ayrıca, börülce gluten içermediğinden çölyak hastaları için üretilen glutensiz fırıncılık ürünlerinin zenginleştirilmesinde de rahatlıkla kullanılabilir (Cavalcante et al., 2016).

Kabuğu soyulmuş bakla ununun buğday ununa ilave edildiği bir çalışmada (Abdel-Kader, 2001), üretilen ekmeğin protein, yağ, kalsiyum, fosfor ve demir içeriklerinin arttığı belirlenmiştir. Bakla unu, buğday ununa göre daha yüksek oranda lizin ve histidin amino asidi içermektedir. Bakla ununun ilave edildiği örneklerde tüm esansiyel amino asit miktarlarının arttığı ifade edilmekle birlikte yalnızca metiyonin miktarının düştüğü belirlenmiştir. Bu durum baklanın metiyonin oranının buğdaya nazaran daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

Kinoa tohumunun ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanıldığı çalışmalarda olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Kinoa, 100 g kuru madde de %14 ile %20 arasında protein içermektedir. Kinoa da baskın olarak bulunan amino asitler diğer tahıllarda daha az miktarlarda bulunan metiyonin, lizin ve treonindir. Gluten proteinlerini içermemesi, kinoanın çölyak hastalarının beslenmesinde kullanılma potansiyelini artırmaktadır. Yüksek

protein içeriğinin yanı sıra kinoa; kalsiyum, demir, çinko ve magnezyum minerallerince de oldukça zengindir. Ekmek gibi fırıncılık ürünlerinin kinoa ile zenginleştirilmesinin çölyak hastalarının yanı sıra, yetersiz beslenme ile karşı karşıya olan bireyler için de faydalı olacağı belirtilmektedir (Föste et al., 2014; Swieca et al., 2014; Rizzello et al., 2016; Demir ve Kılınç, 2016; Giritlioğlu ve Dizlek, 2018).

Maş fasulyesi (*Vigna radiata*), baklagiller familyasından olup protein, diyet lifi, mineral ve vitaminler açısından oldukça zengindir. Maş fasulyesinin protein oranı yaklaşık %24 olup tahılların yaklaşık olarak üç katı kadardır. Indrani et al. (2015), tarafından yapılan bir çalışmada, maş fasulyesi ekmeğinin zenginleştirilmesinde kullanılmış ve ekmeğin unun maş fasulyesi ile katılanmasıyla ekmeğin protein ve diyet lifi miktarının önemli derecede artırılacağı bildirilmiştir.

*Thinopyrum intermedium*, Triticeae takımına ait genellikle hayvan beslenmesinde kullanılan çok yıllık bir bitkidir. Avrupa, Batı Asya ve Kuzey Afrika'da endemik bir tür olarak yetiştirilmekle birlikte günümüzde dünyanın çeşitli yerlerinde de yetiştirilmeye başlanmıştır. *T. intermedium* protein ve esansiyel amino asitlerce oldukça zengin olup, sistein ve metiyonin içeriği buğdaya göre 1.4 kat daha fazladır. Bu bitkinin tohumu buğdaya nazaran daha küçük olduğundan, kabuk ve diyet lifi oranı da buğdaydan fazladır. Ekmeğinin bu bitkinin unu ile zenginleştirilmesinin, protein içeriğinin yanı sıra diyet lifi içeriğini de artıracığı bildirilmektedir (Marti et al., 2016).

Buğday ununa yağlı tohum unlarının katılması da ekmeğinin besin değerinin artırılmasına yardımcı olabilmektedir. Susam ununun buğday ununa katılması ile ekmeğinin protein, mineral, esansiyel amino asit ve özellikle buğdayda az olan lizin açısından zenginleşeceği belirtilmektedir (El-Adawy, 1995).

Ekmeğinin tek bir kaynak yerine farklı kaynaklardan elde edilen karışımlarla zenginleştirilmesi de söz konusudur. Yapılan bir çalışmada, tam yağlı soya, çimlenmiş maş fasulyesi ve mango çekirdeği unlarından elde edilen karışımlar ekmeğinin zenginleştirilmesinde kullanılmış ve bu karışımlar ilave edilerek üretilen ekmeğin protein içerikleri önemli derecede artarken fiziksel özellikleri kontrol ekmeğine yakın bulunmuştur. Organoleptik analizlerde ise meyve çekirdeği unlarının miktarının artmasının renk ve tat puanlarını düşürdüğü bildirilmiştir. Sonuç olarak bu kaynakların, ekmeğinin özellikle protein bakımından zenginleştirilmesinde kullanılacağı ve mango çekirdeği gibi yağlı tohumların doğal yağ ikamesi olarak formülasyonlara ilave edilebileceği belirtilmiştir (Menon et al., 2015).

Ekmeğinin soya unu ile zenginleştirilmesi besinsel değerini artırmasının yanı sıra hamurun su tutma ve

şişme kapasitesini artırarak işlenmesini de kolaylaştırmaktadır. Soya fasulyesinin çığ olarak kullanılması ekmeklerde istenmeyen bir fasulye tadı oluşmasına neden olmaktadır. Bu durumu engellemek için soyanın çimlendirilmesi ya da ısıtma işlemi uygulanması gerekmektedir. Protein oranının yüksek olmasının yanı sıra çeşitli mikrobeyin elementleri ve fitokimyasalları da içeren soya, ekmeğin zenginleştirilmesinde kolaylıkla kullanılabilir (Shin et al., 2013).

Balık işleme sanayinde büyük miktarlarda balık kalıntı ve atıkları oluşmaktadır. Balığın kendisi birçok besin maddesini ihtiva ettiği için balık kalıntıları da bu besinlerden payını almaktadır. Bu durum göz önünde bulundurularak yapılan bir çalışmada kırmızı kuyruklu Brycon (*Brycon cephalus*) balığının kalıntılarından elde edilen un, ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanılmıştır. Belirtilen balık unu ilave edilerek üretilen ekmeklerde protein, esansiyel yağ asitleri, mineral maddeler (özellikle fosfor ve kalsiyum), A, D ve B kompleks vitamin miktarları artmış, karbonhidrat miktarı ise azalmıştır. Balık unu katılmış ekmeklerin duyu özelliklerinin ise kontrol ekmeğinden daha iyi veya kontrol ekmeğine yakın olduğu belirtilmiştir. Araştırma sonuçları, düşük maliyetli balık kalıntılarının ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanılabileceğini göstermiştir (Bastos et al., 2014).

Süt ve ürünleri de ekmeğin besin değerinin artırılmasında kullanılabilir. Bu ürünler ekmeğin kalsiyum, protein ve bazı esansiyel amino asitlerinin (lisin, metiyonin ve triptofan gibi) miktarlarını artırabilir. Ekmeğin zenginleştirilmesinin yanı sıra süt ürünleri, hamurun işlenmesini kolaylaştırmakta ve renk, tat, kabuk tekstürü gibi kalite özelliklerini de geliştirmektedir. Peynir altı suyu tozu tahıl ürünlerinin zenginleştirilmesinde kullanılan başlıca bileşendir (Kenny et al., 2000).

#### **Ekmeğin diyet lifi oranı yüksek gıdalar ile zenginleştirilmesi**

İnce bağırsakta sindirilemeyen, buna karşılık kalın bağırsakta fermente olan, bitki hücre duvarında bulunan lignin türevleri, selüloz, hemiselüloz, pektin gibi yapı polimerleri, inülin ve oligofruktoz gibi oligosakkaritler diyet lifi olarak tanımlanmaktadır (Burdurlu ve Karadeniz, 2003). Diyet liflerinin günlük olarak 25-40 g tüketimi kabızlığın önlenmesi ve kolonik divertikül oluşumunun engellenmesi için önerilmektedir. Diyet lifi tüketimiyle birlikte dışkı miktarında meydana gelen artış, diyet liflerinin bağırsak içi faaliyetlerinin bir sonucudur (Scheppach et al., 2004; Le Bleis et al., 2015; Fendri et al., 2016; Noort et al., 2017). İnce bağırsakta sindirilmeyen diyet lifi, kaynağına bağlı olarak, kalın bağırsakta diyet lifindeki polisakkarit zincirler bakteriler tarafından

fermente edilebilmektedir. Baskın fermentasyon ürünlerinden özellikle asetat, propianat ve n-bütirat gibi kısa zincirli yağ asitleri kolon tarafından emilerek kolon hastalıkları ile ilgili birçok yararlı etki göstermektedirler (Scheppach et al., 2004).

Codex Alimentarius diyet lifini, insanların bağırsaklarındaki enzimler tarafından hidrolize edilemeyen ve 10 ya da daha fazla monomer yapı içeren karbonhidrat polimerleri olarak tanımlamaktadır. Diyet lifleri dışkı kütlesini artırarak geçiş süresini kısaltmakta, kandaki toplam ve LDL kolesterol miktarını düşürmekte, yemek sonrası kan şekeri ve insülin seviyelerini azaltmakta, midedeki aşırı asitliği tamponlayarak mideyi korumaktadır. Düşük diyet lifi alımı diyabet, obezite, kronik kalp hastalıkları ve bağırsak kanseri ile ilişkilendirilmektedir. Rafine unun polisakkarit formundaki diyet lifi içeriği %2-4 arasında değiştiğinden unla diyet lifi ilave edilmesi ile ekmeğin sağlık üzerine olumlu etkilerinin artacağı ifade edilmektedir. Ekmeğin zenginleştirilmesinde yalnızca suda çözünemeyen diyet liflerinin kullanılması fonksiyonelliklerinin ve fermente olma kapasitelerinin kısıtlı olmasından dolayı istenmeyen bir durumdur. Suda çözünemeyen diyet liflerinin aksine çözünebilirler, bağırsak florasında fermente olarak istenilen metabolik etkileri gösterebilmektedirler. Suda çözünebilir diyet liflerinin (pektin, galaktomannan gibi) su tutma kapasiteleri çözünemeyen bir diyet lifi olan selülozdan daha iyidir. Suda çözünen ve çözünmeyen diyet liflerinin birlikte ekmeğin formülasyonuna ilave edilmesi lifin fonksiyonel özelliklerinden tam olarak yararlanılmasında daha etkili olmaktadır (Anonim, 1985; Gül ve Dizlek, 2008a; 2008b; Kotancılar et al., 2010; Kendall et al., 2010; Sivam et al., 2010; Almeida et al., 2013; Le Bleis et al., 2015; Singh et al., 2015; Summo et al., 2016).

Tam buğday ekmeğinin diyet lifi, protein, vitamin ve bazı mikro besin elementleri ile antioksidanlar bakımından daha zengin olduğu için sağlıklı beslenmede daha çok tercih edilmesi gerektiği bildirilmektedir. Tam buğday ekmeğinin kuru maddede diyet lifi oranı %7-8 arasında değişirken rafine un dan üretilen ekmekte bu oran %2-3'e kadar düşmektedir. Rafine un dan yapılan ekmeğin tüketici tarafından daha çok tercih edildiği ve diyet lifine zayıf olduğu için, bu ekmeğin diyet lifi açısından zenginleştirilmesi çalışmalarına önem verilmesi gerektiği gündeme gelmiştir (Rubel et al., 2015).

Tam tahıl unları, diyet lifi bakımından zengin kaynaklar olmakla birlikte ekmeğin lif içeriğini artırmak için hindiba, gılgam, meyve ve sebzeler de kullanılabilir. Tam buğday unu insanlar için oldukça ucuz bir diyet lifi ve mikro besin elementi kaynağıdır. Üstelik bazı gıdaların glisemik indeks ve

kalorilerini düşürmek için de kullanılabilir. Yüksek miktarlarda lif içeren ekmeklerin kardiyovasküler hastalıkları engellemek, sindirim sistemini düzenlemek, kan kolesterol seviyesini düşürmek, mineral emilimini artırmak, bağışıklık sistemini geliştirmek, diyabet ve kolon kanserini önlemek gibi istenilen fizyolojik ve metabolik etkileri bulunmaktadır. Aynı zamanda, tahıllarda bulunan diyet liflerin yeterli tüketilmesi durumunda insülin duyarlılığı artmakta ve buna bağlı olarak diyabet riski azalmaktadır (Rahaie et al., 2014; Rubel et al., 2015; Kurek et al., 2017).

Hurma (*Phoenix dactylifera*) tohumları, hurmanın işlendiği işletmeler tarafından atık olarak ayrılmaktadır. Bu tohumlarda yüksek miktarlarda diyet lifi, tanin, enzime dirençli nişasta, anabolik ajanlar ve selenyum bulunması son zamanlarda fonksiyonel bir gıda artığı olarak dikkatleri üzerine çekmektedir. Ekmeğin zenginleştirilmesinde hurma tohumu ununun kullanılması ekmeklerin besin değerini artırmakta ve bayatlama süresini geciktirmektedir (Najafi et al., 2016).

Dengeli ve biyolojik aktivitesi yüksek aminoasit kompozisyonu sahip olan karabuğday (karabaş) aynı zamanda Zn, Cu, Mn gibi mikro elementler ve K, Na, Ca, Mg gibi makro elementler açısından da oldukça zengindir. Karabuğday ununun karbonhidrat içeriği buğday ununa göre daha az olmasına rağmen, diyet lifi buğday unundan daha fazladır. Karabuğday rutin, kuersetin, kaempferol-3-rutinosid ve az miktarda flavonol trigliserid gibi yüksek antioksidan etkilere sahip flavonol glikozitlerini de içermektedir. Yapılan çalışmalar, karabuğdayın kronal kalp hastalıkları riskini azaltan, kan şekeri seviyesini düşüren ve bazı kanser tiplerini önleyen rutin flavonolününü birçok meyve-sebze ve tahıldan daha fazla içerdiğini göstermektedir. Buğday ununa karabuğday unu ilavesi bu undan üretilen ekmeğin besin değeri artırılmakla birlikte sağlığa daha faydalı hale getirmektedir (Rahaie et al., 2014).

Çeltiğin pirince dönüştürülmesi prosesinde, pirinç tanelerinin soyulması ile elde edilen pirinç kepeği; protein, mineral, yağ asidi ve diyet lifi açısından oldukça zengin bir yan üründür. Yapılan çalışmalarda, pirinç kepeğinin suda çözünmeyen kısmının yüksek miktarda diyet lifi (%62.73) ve protein (%8.35), suda çözünen kısmının ise yüksek miktarda diyet lifi (%82.94) düşük miktarda protein (%2.69) içerdiği tespit edilmiştir. Pirinç kepeği yüksek oranda diyet lifi içerdiği için dışkı miktarını artırmak, kan kolesterolünü düşürmek ve kolon kanserini önlemek gibi önemli biyolojik etkiler göstermektedir. Bu olumlu etkilerinden dolayı pirinç kepeğinin ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanılabilirliği belirtilmektedir (Hu et al., 2009; Rahaie et al., 2014).

Tam çavdar unu ve bu undan üretilen fırın ürünleri diyet lifi, vitamin, mineral ve farklı biyolojik aktif bileşenler için iyi bir kaynaktır. Bu nedenle, çavdar ekmeği ve diğer çavdar ürünleri dışkı miktarını artırmakta, intestinal geçiş süresini kısaltmakta, ikincil safra asitlerinin konsantrasyonunu azaltmakta, kadın ve erkeklerde bağırsak fonksiyonları için faydalı ve plazmada bağırsak bakterileri tarafından üretilen lignin, enterolakton konsantrasyonunu artırmaktadır. Epidemiyolojik çalışmalar tahıllarda bulunan diyet liflerinin kolon kanserine karşı koruyucu etkisi olduğunu göstermektedir. Çavdarın probiyotik bir bakteri olan *Bifidobacterium longum* gelişimini artırdığı ifade edilmektedir. Çavdar ekmeği doğrudan tüketilebileceği gibi, rafine una çavdar unu ilavesiyle ekmeğin zenginleştirilmesinde de kullanılabilir (Martinez-Villaluenga et al., 2009; Koletta et al., 2014; Rahaie et al., 2014).

Fonksiyonel ve besinsel özellikleri yüksek bir tahıl olan arpanın yüksek konsantrasyonda  $\beta$ -D-glukan (özellikle suda çözünebilir  $\beta$ -glukan) içerdiği bilinmektedir. Arpanın  $\beta$ -glukanca zengin fraksiyonları belirli bir konsantrasyonda buğday ununa ilave edildiğinde ekmeğin hacmini artırmaktadır.  $\beta$ -glukanın hamurdaki hava kabarcıklarını stabilize edip yapışmalarını önleyerek ekmeğin içi yapısını geliştirdiği ifade edilmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalar buğday ununa arpa unu ilavesinin ekmeğin antioksidan özelliklerini de artırdığını göstermektedir. (Rahaie et al., 2014; Blandino et al., 2015).

Soya fasulyesinin protein (%38–40), yağ (%18–20) ve lizin (%5–6) içeriğinin yüksek olması, bu baklagili protein ve kalori açısından yetersiz beslenmenin aşılmasında önemli bir potansiyel haline getirmektedir. Yapılan çalışmalarda, soya ve arpa ununun ayrı ayrı ya da birlikte sırasıyla %10 ve %15 oranında ekmeğe ilave edilmesinin, ekmeğin duyuşsal özelliklerini bozmadan bunun protein, lizin, diyet lifi,  $\beta$ -glukan ve mineral içeriğini önemli derecede artırdığı belirtilmiştir (Rahaie et al., 2014).

Fındık içi üretiminde fırçalama ve kavurma işlemlerinden sonra elde edilen fındık iç kabuğu antioksidan özelliğe sahip bazı fenolik bileşenler ve diyet lifi bakımından oldukça zengin bir yan üründür. Fındık kabuğu ununun buğday ununa ilavesi ile üretilen ekmeklerde kabuk rengi oldukça koyulaşmış, en iyi ekmeğin hacmi kontrol örneğinde görülürken, %5 fındık kabuğu içeren ekmeklerin hacmi kontrole en yakın bulunmuştur. Buğday ununa %5 ile %10 arasında fındık kabuğu unu ilavesi ile üretilen ekmeklerde tüketim kalitesi fazla bozulmadan ekmeğin diyet lifi ve antioksidan madde içeriğinin önemli derecede artırılabilirliği bildirilmiştir (Anıl, 2009).

İnülin ticari olarak en çok karahindibadan elde edilmekte ve acımsı bir tat barındırmaktadır.

Yerelmasından elde edilen inülinin acımsı tat içermemesi bu ürünün fırıncılık ürünlerinin zenginleştirilmesinde kullanılmasını daha olağan kılmaktadır. Rubel et al. (2015) tarafından yapılan çalışmada, yerelmasından ekstrakte edilen inülince zengin karbonhidrat tozu ekmeğin diyet lifi açısından zenginleştirilmesinde kullanılmış ve yerelmasından elde edilen ekstraktın prebiyotik aktivitesinin, karahindibadan elde edilenden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Rafine undan yapılan ekmeğin %5 yerelması ekstraktı ile zenginleştirilmesi ekmekte istenilmeyen özelliklerin oluşmasına sebep olurken, %2.5 oranında yapılan zenginleştirme önemli değişikliklere yol açmamış ve rafine undan yapılan ekmeğin inülince zengin yerelması ekstraktı ile zenginleştirilmesini mümkün kılmıştır.

#### **Ekmeğin diğer bileşenlerce zenginleştirilmesi**

Biyolojik olarak aktif bileşikler olan fitokimyasallar, güçlü antioksidan aktiviteleri nedeni ile antiviral, antialerjik, antimitojenik ve antikanserojenik özelliklere sahip olmakla birlikte birçok kronik hastalığın önlenmesinde de etkilidirler. Özellikle meyve sebzeler ve tam tahıllar fenolik bileşikler bakımından oldukça zengindir. Tahıl taneleri, içerdikleri fitokimyasal maddeler (fenolik bileşikler, karotenoidler ve E vitamini) nedeniyle iyi bir doğal besinsel antioksidan kaynağıdır. Buğdayda bulunan fenolik asitlerin önemli bir kısmı, tanenin alöron, perikarp ve embriyo hücre duvarlarında bulunmakta ve buğdayın öğütülmesi sırasında besinsel antioksidanlarca zengin kepek tabakası uzaklaştırılmaktadır (Yılmaz, 2011; Bagdi et al., 2016). Dolayısıyla rafine undan yapılan ekmeklerin antioksidan aktivitesi çok düşük olup bu ekmeklerin antioksidanca zenginleştirilmesi büyük önem arz etmektedir. Yapılan bir çalışmada (Yılmaz, 2011), meyve suyu endüstrisinde yan ürün olan nar kabuğundan elde edilen ekstrakt, ekmek formülasyonuna ilave edilerek ekmeğin antioksidan aktivitesi artırılmaya çalışılmış, tüketim kalitesi göz önünde bulundurularak 5 g/kg nar kabuğu ekstraktı ile ekmeklerin antioksidan aktivitesi bakımından zenginleştirilebileceği bildirilmiştir.

Zerdeçal, yüksek miktarlarda fenolik madde içeren doğal bir antioksidandır. %4 oranında zerdeçal ilavesinin, ekmeğin tat ve tekstürel özelliklerinde fazla bir olumsuz etkiye sebep olmadan antioksidanca zenginleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Benzer olarak fenolik maddelere zengin ebegümeci, yeşil çay, üzüm çekirdeği, nar kabuğu, limon kabuğu, guava gibi meyveler, soğan zarı dâhil bazı sebzeler ve tahıl ürünlerinin de ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanılabileceği belirtilmektedir (Swieca et al., 2013; Rahaie et al., 2014; Alves and Perrone, 2015; Fu et al., 2015; Gawlik-Dziki et al., 2015; Fakhfakh et al., 2017).

Keten tohumu, özellikle omega 3, omega 6 yağ asitleri, çeşitli antioksidanlar, fenolik bileşenler, diyet lifi ve lignin bileşenleri bakımından oldukça zengindir (Borlu, 2009; Bartkiene et al., 2014; Seczyk et al., 2017). Bu gıda bileşenlerinin, kardiyovasküler hastalıklar, kanser, menopo ve prostat gibi birçok hastalığın önlenmesinde önemli rol oynadığı belirtilmiştir. Borlu (2009) tarafından yapılan bir çalışmada keten tohumu ve çimlenmiş keten tohumu unları lavaş ekmeği üretiminde kullanılmış ve özellikle çimlenme ile omega 3 ve omega 6 yağ asitleri oranının arttığı, %10 oranında keten tohumu ve çimlenmiş keten tohumu unu ilavesinin lavaş ekmeği için olumlu sonuçlar verdiği ve keten tohumunun bu ekmeklerin zenginleştirilmesinde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Hobbs et al. (2014), yaptıkları çalışmada ekmeği pancar, kırmızı pancar, havuç, domates, kırmızıbiber ve kişniş otu ile zenginleştirerek tüketici beğenisindeki değişimi incelemişlerdir. Kontrol olarak rafine undan yapılan ekmek esas alınmış ve meyveler ile zenginleştirilmiş ekmekler ile kontrol grubu arasında tüketici beğenisi açısından önemli bir fark olmadığı bulunmuştur. Ekmek, bu gibi meyveler ile zenginleştirilerek meyvelerin yapısında bulunan yararlı bileşenlerin tüketiminin artırılabilceği belirtilmiştir.

#### **SONUÇ**

Ekmeğin çeşitli besin kaynakları kullanılarak zenginleştirilmesi ile toplumda farklı ekonomik seviyelerdeki bireylerin yetersiz ve dengesiz beslenmelerinin önüne geçilebileceği düşünülmektedir. Rafine undan yapılan beyaz ekmeğin glisemik indeksi yüksek olmakla birlikte protein, diyet lifi ve bazı yararlı gıda bileşenleri içeriği oldukça yetersizdir. Bu derlemede ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanılabilecek gıda ve gıda bileşenleri üzerinde durulmuştur. Yapılan araştırmalarda, birçok gıda ve gıda bileşeninin, rafine una tavsiye edilen oranlarda ilavesi ile duyu özelliklerinin korunarak, ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanılabileceği belirtilmektedir. Beslenmemizde önemli bir yere sahip olan ekmeğin, zenginleştirilmesi çalışmaları yetersiz ve dengesiz beslenmenin önlenmesine büyük katkı sağlayacağı ve günümüzde oldukça sık görülen diyabet, obezite, kanser ve kardiyovasküler hastalıkların oranının da düşmesine önemli derecede yardımcı olacağı düşünülmektedir.

#### **KAYNAKLAR**

- Abdel-Kader, Z.M., 2001. Enrichment of Egyptian 'Balady' bread. Part 2. Nutritional values and biological evaluation of enrichment with decorticated cracked broad beans flour (*Vicia faba* L.). *Nahrung/Food*, 1: 31-34.
- Almeida, E.L., Chang, Y.K., Steel, C.J., 2013. Dietary fibre sources in bread: Influence on

- technological quality. *LWT - Food Sci. and Tech.*, 50: 545-553.
- Alves, G., Perrone, D., 2015. Breads enriched with guava flour as a tool for studying the incorporation of phenolic compounds in bread melanoidins. *Food Chemistry*, 185: 65-74.
- Anil, M., 2009. Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. *J. of Food Eng.*, 80: 61-67.
- Anonim, 1985. Codex Alimentarius Commission, Guidelines on Nutrition Labelling. CAC/GL, 2-1985.
- Anonim, 1995. FAO Technical Consultation on Food Fortification: Technology and Quality Control. ISBN 92-5-103884-8. Food and Agricultural Organization, Rome.
- Bagdi, A., Toth, B., Lorincz, R., Szendi, S., Gere, A., Kokai, Z., Sipos, L., Tömösközi, S., 2016. Effect of aleurone-rich flour on composition, baking, textural, and sensory properties of bread. *LWT - Food Sci. and Tech.*, 65: 762-769.
- Bartkiene, E., Schleinig, G., Juodeikiene, G., Vidmantiene, D., Krungleviciute, V., Rekstyte, T., Basinskiene, L., Stankevicius, M., Akuneca, I., Ragazinskiene, O., Maruska, A., 2014. The influence of lactic acid fermentation on biogenic amines and volatile compounds formation in flaxseed and the effect of flaxseed sourdough on the quality of wheat bread. *LWT - Food Sci. and Tech.*, 56: 445-450.
- Bastos, S.C., Tavares, T., Pimenta, M.E.D.S.G., Leal, R., Fabricio, L.F., Pimenta, C.J., Nunes, C.A., Pinheiro, A.C.M., 2014. Fish filleting residues for enrichment of wheat bread: chemical and sensory characteristics. *J. Food Sci. Tech.*, 51(9): 2240-2245.
- Bigne, F., Puppo, F.C., Ferrero, C., 2016. Fibre enrichment of wheat flour with mesquite (*Prosopis* spp.): Effect on breadmaking performance and staling. *LWT - Food Sci. and Tech.*, 65: 1008-1016.
- Bildstein, M., Lohmann, M., Hennigs, C., Krause, A., Hilz, H., 2008. An enzyme-based extraction process for the purification and enrichment of vegetable proteins to be applied in bakery products. *Eur. Food Res. Tech.*, 228: 177-186.
- Blandino, M., Locatelli, M., Gazzola, A., Coïsson, J.D., Giacosa, S., Travaglia, F., Bordiga, M., Reyneri, A., Rolle, L., Arlorio, M., 2015. Hull-less barley pearling fractions: Nutritional properties and their effect on the functional and technological quality in bread-making. *J. of Cereal Sci.*, 65: 48-56.
- Borlu, M. H. 2009. Lavaş Ekmeğine Farklı Seviyelerde Ketan (*Linum usitatissimum*) Tohumu Unu Katkılanmasının Hamur ve Ekmek Özellikleri Üzerine Etkisi, Omega 3, Omega 6 Yağ Asitleri ve Lignan Açısından Değişimin Belirlenmesi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, Türkiye, 49 s.
- Burdurlu, S., Karadeniz, F., 2003. Gıdalarda Diyet Lifinin Önemi. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 7(15): 18-25.
- Callejo, M.J., Benavente, E., Ezpeleta, J.I., Laguna M. J., Carrillo J.M., Rodríguez-Quijano, M., 2016. Influence of teff variety and wheat flour strength on breadmaking properties of healthier teff-based breads. *J. of Cereal Sci.*, 68: 38-45.
- Cavalcante, R.B.M., Morgano, M.A., Silva, K.J.D., Rocha, M. De M., Araujo, M.A.M., Moreira-Araujo, R.S.R., 2016. Cheese bread enriched with biofortified cowpea flour. *Ciência e Agrotecnologia*, 40 (1): 97-103.
- Diana, M., Rafecas, M., Quilez, J., 2014. Free amino acids, acrylamide and biogenic amines in gammaaminobutyric acid enriched sourdough and commercial breads. *J. of Cereal Sci.*, 60: 639-644.
- El-Adawy, T.A. 1995. Effect of sesame seed proteins supplementation on the nutritional, physical, chemical and sensory properties of wheat flour bread. *Plant foods for human nutrition*, 48: 311-326.
- Fakhfakh, N., Jdir, H., Jridi, M., Rateb, M., Belbahri, L., Ayadi, M.A., Nasri, M., Zouari, N., 2017. The mallow, *Malva aegyptiaca* L. (Malvaceae): Phytochemistry analysis and effects on wheat dough performance and bread quality. *LWT - Food Sci. and Tech.*, 75: 656-662.
- Fendri, L.B., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., Chaabouni, S.E., Ghribi-Aydi, D., 2016. Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. *LWT - Food Sci. and Tech.*, 73: 584-591.
- Föste, M., Nordlohne, S.D., Elgeti, D., Linden, M.H., Heinz, V., Jekle, M., Becker, T., 2014. Impact of quinoa bran on gluten-free dough and bread characteristics. *Eur. Food Res. Tech.*, 239: 767-775.
- Fu, J.T., Chang, Shiau, Y.H., Shiau, S.S., 2015. Rheological, antioxidative and sensory properties of dough and Mantou (steamed bread) enriched with lemon fiber. *LWT - Food Sci. and Tech.*, 61: 56-62.
- Giritlioğlu, E. ve Dizlek, H., 2018. Sakaroz İkamesi Olarak Farklı Tip ve Düzeylerde Şeker Otu (*Stevia rebaudiana bertonii*) Bazlı Tatlandırıcı Kullanılmasının Bisküvi Nitelikleri Üzerine Etkileri. *Gıda Dergisi*, 43 (1): 21-33.
- Gawlik-Dziki, U., Kaszuba, K., Piwowarczyk, K., Świeca, M., Dziki, D., Czyż, J., 2015. Onion Skin Raw Material for The Production of



- Supplement That Enhances the Health-Beneficial Properties of Wheat Bread. *Food Research Int.*, 73: 97-06.
- Gül, H. ve Dizlek, H., 2008a. Ekmek Üretiminde Kepek Kullanılmasının Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:37, Türkiye 10. Gıda Kongresi Bildiriler Kitabı, 383-386.
- Gül, H. ve Dizlek, H., 2008b. Pentozanların Hamur ve Ekmek Nitelikleri Üzerine Etkileri. *Gıda Dergisi*, 33 (6): 291-295.
- Hager, A., Ryan, L.A.M., Schwab, C., Ganzle, M.G., O'Doherty, J.V., Arendt, E.K., 2011. Influence of the soluble fibres inulin and oat  $\beta$ -glucan on quality of dough and bread. *Eur. Food Res. Tech.*, 232: 405–413.
- Hobbs, D.A., Ashouri A., George T.W., Lovegrove, J.A., Methven, L., 2014. The Consumer Acceptance of Novel Vegetable Enriched Bread Products As a Potential Vehicle to Increase Vegetable Consumption. *Food Research Int.*, 58: 15–22.
- Hu, G., Huang, S., Cao, S., Ma, Z., 2009. Effect of enrichment with hemicellulose from rice bran on chemical and functional properties of bread. *Food Chem.*, 115: 839-842.
- Indrani, D., Milind, Sakhare, S.D., Inamdar, A.A., Rao, G.V., 2015. Development of protein and fiber enriched breads by supplementation of roller milled fractions of green gram. *J Food Sci Tech.*, 52(1): 415-422.
- Kendall, C.W.C., Esfahani, A., Jenkins, D.J.A., 2010. The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*, 24: 42-48.
- Kenny, S., Wehrle, K., Stanton, C., Arendt, E.K., 2000. Incorporation of dairy ingredients into wheat bread: effects on dough rheology and bread quality. *Eur. Food Res. Tech.*, 210: 391-396.
- Kilinç, M. ve Demir, M.K., 2016. Kinoa: Besinsel Ve Antibesinsel Özellikleri. *J. of Food and Health Sci.*, 2 (3): 104-111.
- Koletta, P., Irakli, M., Papageorgiou, M., Skendi, A., 2014. Physicochemical and technological properties of highly enriched wheat breads with wholegrain non wheat flours. *J. of Cereal Sci.*, 60: 561-568.
- Kotancılar, H., Gerçekaslan, K., Karaoğlu, M.M., Boz, H., 2010. Besinsel Lif Kaynağı Olarak Enzime Dirençli Nişasta. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 40 (1): 103-107.
- Kurek, M.A., Wyrwisz, J., Karp, S., Brzeska, M., Wierzbicka, A., 2017. Comparative analysis of dough rheology and quality of bread baked from fortified and high-in-fiber flours. *J. of Cereal Sci.*, 74: 210-217.
- Le Bleis F., Chaunier, L., Chiron, H., Della Valle, G., Saulnier, L., 2015. Rheological properties of wheat flour dough and French bread enriched with wheat bran. *J. of Cereal Sci.*, 65: 167-174.
- Marti, A., Bock, J.E., Pagani, M.A., Ismail, B., Seetharaman, K., 2016. Structural characterization of proteins in wheat flour doughs enriched with intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) flour. *Food Chem.*, 194: 994-1002.
- Martinez-Villaluenga, C., Michalska, A., Frias, J., Piskula, M.K., Vidal-Valverde, C., Zielinski, H., 2009. Effect of Flour Extraction Rate and Baking on Thiamine and Riboflavin Content and Antioxidant Capacity of Traditional Rye Bread. *J. of Food Sci.*, 74: 49-55.
- Menon, L., Majumdar, S.D., Ravi, U., 2015. Development and analysis of composite flour bread. *J. Food Sci. Tech.*, 52(7): 4156–4165.
- Mohammed, I., Ahmed, A.R., Senge, B., 2012. Dough rheology and bread quality of wheat–chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products*, 36: 196-202.
- Mohammed, I., Ahmed, A.R., Senge B., 2014. Effects of chickpea flour on wheat pasting properties and bread making quality. *J. Food Sci Tech.*, 51(9): 1902-1910.
- Mondor, M., Guevremont, E., Villeneuve, S., 2014. Processing, characterization and bread-making potential of malted yellow peas. *Food Bioscience*, 7: 11–18.
- Najafi, M.B.H., Pourfarzad, A., Zahedi, H., Ahmadian-Kouchaksaraie, Z., Khodaparast, M.H.H., 2016. Development of sourdough fermented date seed for improving the quality and shelf life of flat bread: study with univariate and multivariate analyses. *J. Food Sci. Tech.*, 53(1): 209-220.
- Noort, M.W.J., Mattila, O., Katina, K., van der Kamp, W.J. 2017. Health Bread: Wholegrain and high fibre breads with optimised textural quality. *J. of Cereal Sci.*, 78: 1-9.
- Pasqualone, A., Laddomada, B., Centomani, I., Paradiso, V.M., Minervini, D., Caponio, F., Summo, C., 2017. Bread making aptitude of mixtures of re-milled semolina and selected durum wheat milling by-products. *LWT - Food Sci. and Tech.*, 78: 151-159.
- Rahaie, S., Gharibzahedi, S.Y.T., Razavi, S.H., Jafari, S.M., 2014. Recent developments on new formulations based on nutrient-dense ingredients for the production of healthy-functional bread: a review. *J Food Sci Tech.*, 51 (11): 2896-2906.
- Rizzello, C.G., Calasso, M., Campanella, D., Angelis, M.D., Gobbetti, M., 2014. Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the

- nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. *Int. J. of Food Micro.*, 180: 78-87.
- Rubel, I.A., Perez, E.E., Manrique, G.D., Genovese, D.B., 2015. Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. *Food Structure*, 3: 21-29.
- Scheppach, W., Luehrs, H., Melcher, R., Gostner, A., Schaubert, J., Kudlich, T., Weiler, F., Menzel, T., 2004. Antiinflammatory and anticarcinogenic effects of dietary fibre. *Clinical Nutrition Supplements*, 1: 51-58.
- Sivam, A.S., Sun-Waterhouse, D., Quek, S.Y., Perera, C.O., 2010. Properties of Bread Dough with Added Fiber Polysaccharides and Phenolic Antioxidants: A Review *J. of Food Sci.*, 75: 163-174.
- Shin, D., Kim, W., Kim, Y., 2013. Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour. *Food Chem.*, 141: 517-523.
- Singh, A., Gupta, P., Shukla, G., Wadhwa, N., 2015. Quality attributes and acceptability of bread made from wheat and *Amorphophallus paeoniifolius* flour. *J. Food Sci. Tech.*, 52 (11): 7472-7478.
- Seczyk, L., Swieca, M., Dziki, D., Anders A., Gawlik-Dziki, U., 2017. Antioxidant, nutritional and functional characteristics of wheat bread enriched with ground flaxseed hulls. *Food Chem.*, 214: 32-38.
- Summo, C., Centomani, I., Paradiso, V.M., Caponio, F., Pasqualone, A., 2016. The effects of the type of cereal on the chemical and textural properties and on the consumer acceptance of pre-cooked, legume-based burgers. *LWT - Food Sci. and Tech.*, 65: 290-296.
- Swieca, M., Gawlik-Dziki, U., Dziki, D., Baraniak, B., Czyz, J., 2013. The influence of protein-flavonoid interactions on protein digestibility in vitro and the antioxidant quality of breads enriched with onion skin. *Food Chem.*, 141: 451-458.
- Swieca, M., Seczyk, L., Gawlik-Dziki, U., Dziki, D., 2014. Bread enriched with quinoa leaves-The influence of protein-phenolics interactions on the nutritional and antioxidant quality. *Food Chem.*, 162: 54-62.
- Turfani, V., Narducci, V., Durazzo, A., Galli, V., Carcea, M., 2017. Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours. *LWT - Food Sci. and Tech.*, 78: 361-366.
- Yılmaz, Ö.M., 2011. Türkiye’de Yetiştirilen Başlıca Buğday Çeşitlerinin Antioksidan Aktivitelerinin ve Fenolik Asit Dağılımlarının Belirlenmesi ve Ekmeğin Nar Kabuğu Ekstraktı ile Zenginleştirilmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, 80 s.