HOCA AHMET YESEVİ
2. ULUSLARARASI
BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ

6-8 Aralık 2019
ERZURUM
Atatürk Üniversitesi Kongre Merkezi

Uygulamalı Bilimler
TAM METİN KİTABI

Editörler
Prof. Dr. Necati UTLU
Doç. Dr. Betül APAYDIN YILDIRIM

ISBN 978-625-7029-56-8

KONGRE TAM METİN KİTABI

HOCA AHMET YESEVİ
2. ULUSLARARASI BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ

6-8 ARALIK 2019
Erzurum- TÜRKİYE

Editörler
Prof. Dr. Necati UTLU
Doç. Dr. Betül APAYDIN YILDIRIM

Institute Of Economic Development And Social Researches Publications® (The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TR: +90 342 606 06 75
E posta: kongreiksad@gmail.com
www.iksad.com
www.iksadkongre.org

Bu kitabın tüm hakları İKSAD'a aittir. İzinsiz kopyalanamaz ve çoğaltılamaz.
Kitapta bulunan eserlerin yasal ve etik sorumluluğu yazarlara aittir.
İksad Publications - 2019©

Yayın Tarihi : 23.12.2019

ISBN : '978-625-7029-56-8'

HOCA AHMET YESEVİ
2.Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi

6-8 ARALIK 2019
ERZURUM

DÜZENLEYEN KURUMLAR
İktisadi Kalkınma ve Sosyal Araştırmalar Enstitüsü

DÜZENLEME KURULU ÜYELERİ
PROF.DR. HACER HUSEYNOVA
DOÇ. DR. DINARA FARDEEVA
DR. ÖĞR. ÜYESİ MURATHAN KEHA
MUSTAFA LATIF EMEK

KONGRE BAŞKANI
PROF.DR. HACER HUSEYNOVA

RESMİ DİLLERİ
TÜRKÇE, RUSÇA, İNGİLİZCE, AZERİCE

KATILIMCI ÜLKELER
Türkiye, Azerbaycan, Gürcistan, Afganistan, Özbekistan, Kazakistan, Hollanda

Kabul Edilen Bildiri Sayısı
219 bildiri

Reddedilen Bildiri Sayısı
29 bildiri

DEĞERLENDİRME SÜRECİ
Tüm başvurular çift kör hakem değerlendirme sürecinden geçmiştir.

GENEL KOORDİNATÖR
Merve KIDIRYÜZ

ULUSLARARASI KONUŞMACILAR/KATILIMCILAR *(özet kitabına bakınız)*

ŞÜKUFE GADİMOVA (AZERBAYCAN) - 2. Sayfa

FARİT R. LATYPOV (RUSYA) – 162. Sayfa

FİRUZ FEVZİ (AFGANİSTAN) – 170. Sayfa

ДУЙСЕБЕКОВА Ж.М. (KAZAKİSTAN) – 385. Sayfa

N. MARİE CZOLOWSKI (HOLLANDA) – 386. Sayfa

SUNUM ŞEKLİ

Sözlü sunum

BİLİM VE DANIŞMA KURULU

Namık Kemal Üniversitesi

Dr. Ali Rıza ÖZTÜRKMEN, Harran University

Dr. Amanbay MOLDIBAEV, Taraz State Pedagogy University

Dr. Arsev Ayşen ARSLANOĞLU YILDIRAN, Artvin Coruh University

Dr. Aslı SAYLAN KIRMIZIGÜL, Erciyes University

Dr. Ayşe KAYA GÖKTEPE, Istanbul Şehir University

Dr. Botagul TURGUNBAEVA, Russia Natural Sciences Academy

Dr. Betül APAYDIN YILDIRIM, Ataturk University

Dr. Bengüsu TEZEL, Bolu Abant Izzat Baysal University

Dr. Durmuş Çağrı YILDIRIM, Namık Kemal University

Dr. Esra KIZILAY- Erciyes University

Dr. Hamide ULUPINAR-İzmir Katip Çelebi University

Dr. Hilal ÇOLAKOĞLU YENİAY, Gumushane University

Dr. İrfan KALAYCI, Inonu University

Dr. Maha Hamdan ALANAZI, Riyadh King Abdulaziz University

Dr. Mehmet YOLCU, Bitlis Eren University

Dr. Mehmet EROĞLU, Fırat University

Dr. Misliviy VLADEMIR, Ukraine Technical University

Dr. Mustafa KORKMAZ, Erzincan University

Dr. Mustafa GÜNEŞ, Dumlupınar University

Dr. Mustafa TALAS, Ömer Halisdemir University

Dr. Mustafa Erdem SAĞSÖZ, Ataturk University

Dr. Nazile ABDULLAZADE, Azerbaijan State Pedagogical University

Dr. Nesrin Karaca- Bursa Uludağ University

Dr. Pınar OĞUZHAN YILDIZ, Ataturk University

Dr. Öğr. Üyesi RAMAZAN SAYAR, Bayburt University

Dr. Recep ERTUĞAY, Ataturk University

Dr. Remzi TUNTAŞ- Van Yüzüncü Yıl University

Dr. Umran TURKYILMAZ, Gazi University

Dr. Salih OZTURK, Namık Kemal University

Dr. Seher ŞEYLAN, FMV Işık University

Dr. Sehrana KASIMI, Azerbaijan National Academy of Sciences

Dr. Shara MAZHITAEVA, Karaganda State University

Dr. Sarash KONYRBAEVA, Kazakh State Women's Pedagogy University

Dr. Sevdan YILMAZ, Canakkale 18 Mart University

Dr. Taleh HALİLOV, Azerbaijan Pedagogy University

Dr. Tuncay DEMİRER, Celâl Bayar University

Dr. Zhaparkwlova N. IKSANOVA, Al Farabi State National University

Dr. Nuri KAVAK, Eskişehir Osmangazi University

Dr. Mehmet Nuri ÇINARCI, Van 100 Yıl University

Dr. Çağla GÜR, International Cyprus University

FOTOĞRAF GALERİSİ

HOCA AHMET YESEVİ
KONGRESİ

SALON

HOCA AHMET YESEVİ
KONGRESİ

HOCA AHMET YESEVİ

2. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi

6-8 Aralık 2019- ERZURUM

Kongre Programı

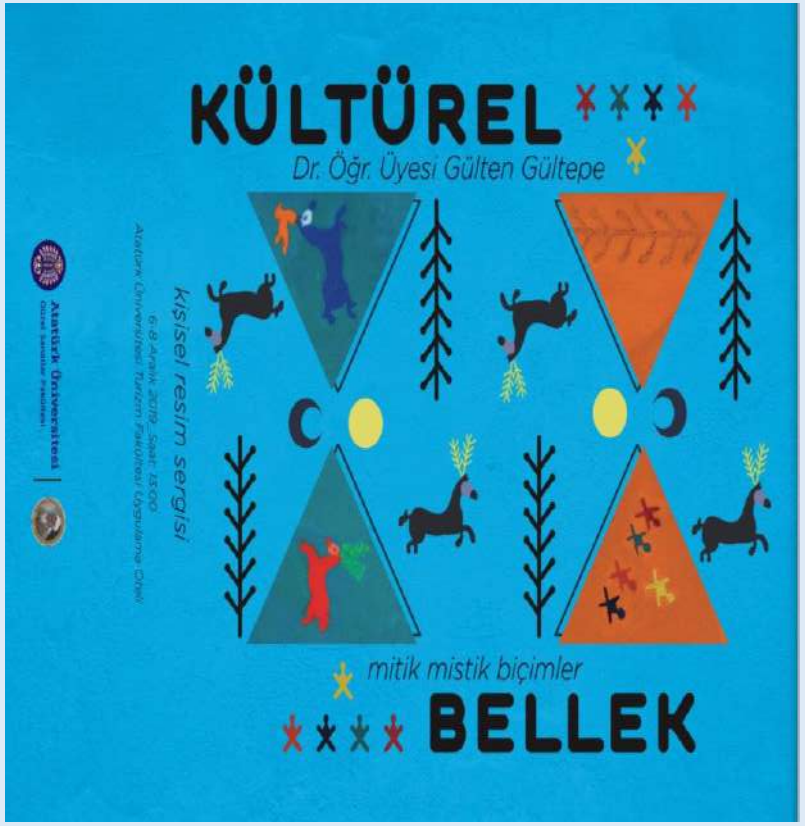
KONGRE TARİHLERİ : 6-8 Aralık 2019
KONGRE YERİ : Atatürk Üniversitesi Uygulama Oteli Konferans Merkezi (MerkezKampüs)
KONGRE DÜZENLEME KURULU BAŞKANI : PROF.DR. HACER HUSEYNOVA

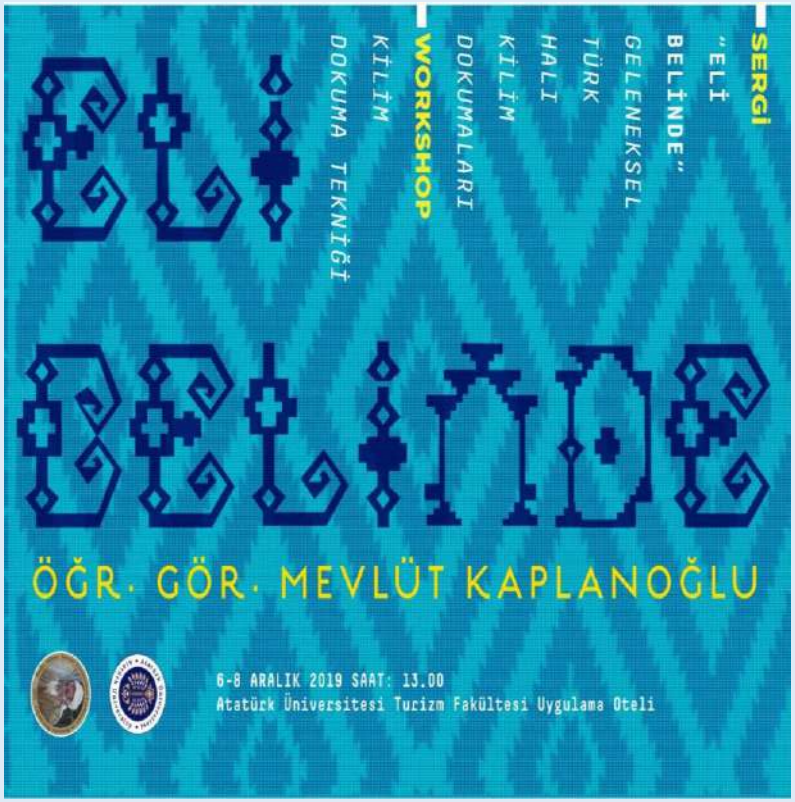
Kongre Hakkında
Başvurulan Bildiri Sayısı : 248
Red Edilen Bildiri Sayısı : 29
Kabul Edilen Bildiri Sayısı : 219
Katılımcı Sayısı : 7
Katılımcı Ülkeleri : Türkiye, Azerbaycan, Gürcistan, Afganistan, Özbekistan, İran, USA

KONGRE KURALLARI

- Program bilimsel DİSİPLİN'ler gözetilerek hazırlanmıştır. Lütfen programı dikkatlice kontrol ediniz. Programda çalışmanıza ilişkin eksiklik/hata olduğunu düşünüyorsanız en geç *27 Kasım 2019* tarihine kadar iksad43@gmail.com adresi ile iletişime geçiniz. Programın yoğunluğu sebebiyle ***değişiklik taleplerinin karşılanamayacağını*** özellikle belirtmek isteriz
- Her bir sunum için ayrılan süre 15 dk'dır. **Lütfen sürenizi aşmamaya özen gösteriniz**
- Oturumun başlatılması, sunum sıralamasının belirlenmesi, soru cevap alınması, ara verilmesi oturumun kapatılması ve oturuma ilişkin tüm hususlarda Kongre Tüzel Kişiliği'ni temsilen **Oturum Başkanları TAM YETKİLİDİR**
- Katılım belgeleri, oturum sonunda **Oturum Başkanları tarafından** teslim edilecektir
- Kongre özet ve tam metin kitapları, kongre takviminde belirtilen süre içerisinde yayınlanacaktır
- Kongreyle ilgili her konuda düzenleme ve yürütme kurulu üyelerimiz ile koordinatörlerimizin sizlere hizmet etmekten kıvanç duyacağını ayrıca belirtmek isterim.

Çok değerli çalışmanızla kongremize katılarak katkıda bulunduğunuz için yürekten teşekkür ederim.
Düzenleme Kurulu Başkanı:
PROF.DR. HACER HUSEYNOVA


KÜLTÜREL
Dr. Öğr. Üyesi Gülten Gültepe
kişisel resim sergisi
6-8 Aralık 2019, Saat: 15:00
Atatürk Üniversitesi Turizm Fakültesi Uygulama Oteli
Atatürk Üniversitesi
Güzel Sanatlar Fakültesi
mitik mistik biçimler
BELLEK


SERGİ
"ELİ BELİNDE"
GELENEKSEL TÜRK HALI KİLİM DOKUMALARI
WORKSHOP
KİLİM DOKUMA TEKNİĞİ
ÖĞR. GÖR. MEVLÜT KAPLANOĞLU
6-8 ARALIK 2019 SAAT: 13.00
Atatürk Üniversitesi Turizm Fakültesi Uygulama Oteli

HOCA AHMET YESEVİ ÖZEL OTURUMU Tüm kongre katılımcılarına açık oturum 6.12.2019 13:00-14:00	
Dr. Öğr. Üyesi Filiz BAYOĞLU KINA	BİR EĞİTİMCİ VE AHLAKÇI OLARAK AHMET YESEVİ
Dr. Şükufe GADİMOVA	TÜRK HALKLARININ EDEBİ TEŞEKKÜLÜNDE HOCA AHMET YESEVİNİN ROLÜ
Prof. Dr. Selami ŞİMŞEK	AHMED YESEVÎ'NİN FÜTÜVVET VE MELÂMET ANLAYIŞI

06.12.2019	
Oturum-1, Salon-1 **Saat: 09:00- 12:00**	**Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Enes ARSLAN**
Tuğba ORAK Meryem DOYMUŞ Prof. Dr. Mesut TAŞKIN	MİKROBİYAL PİGMENTLERİN ÜRETİMİ VE BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI
Prof. Dr. Hasan TÜRKEZ Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Enes ARSLAN Ahmet YILMAZ İlkan MUDU Sibel RUA Funda DORU	DENEYSEL PARKİNSON MODELİNDE DIOSPYROS LOTUS İZOLATININ NÖROPROTEKTİF ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ
Arş. Gör. Elanur TUYSUZ Behiye TAŞER Prof. Dr. Mesut TAŞKIN Prof. Dr. Ahmet ADIGÜZEL Doç. Dr. Hakan ÖZKAN	D-TAGATOZ ÜRETİMİ VE BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI
Beyza ÖZDEMİR Arş. Gör. Ayşe ÜSTÜN Elif ARSLAN Dr. Öğr. Üyesi Ayşenur YAZICI	STREPTOMYCES NETROPSIS A07 EKSTRASELLÜLER KÜLTÜR FİLTRATININ ANTIFUNGAL AKTİVİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Enes ARSLAN İlkan MUDU	RETİNOİK ASİT İLE DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ NÖROBLASTOM HÜCRE HATTINDA FARNESENİN MANYETİK ALANA KARŞI KORUYUCU ETKİSİNİN İNCELENMESİ
Behiye TAŞER Arş. Gör. Elanur TUYSUZ Prof. Dr. Mesut TAŞKIN Prof. Dr. Ahmet ADIGÜZEL Doç. Dr. Hakan ÖZKAN	KİTOSANIN BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI
Meryem DOYMUŞ Tuğba ORAK Prof. Dr. Mesut TAŞKIN	ANTİBİYOTİK DİRENCİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ
Behiye TAŞER Arş. Gör. Elanur TUYSUZ Prof. Dr. Mesut TAŞKIN Prof. Dr. Ahmet ADIGÜZEL Doç. Dr. Hakan ÖZKAN	MİKROBİYAL LİPAZLAR
Elif ARSLAN Arş. Gör. Ayşe ÜSTÜN Beyza ÖZDEMİR Dr. Öğr. Üyesi Ayşenur YAZICI	Staphylococcus aureus KLİNİK İZOLATLARI TARAFINDAN OLUŞTURULAN BİYOFİLMLERİN EKSTRASELLÜLER POLİMERİK MATRİKSLERİNİN ANALİZİ
Tuğba ORAK Meryem DOYMUŞ Prof. Dr. Mesut TAŞKIN	MİKROBİYAL LİPİDLER VE BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI
Arş. Gör. Abdurrahim ÇETİN Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kadir ERDOĞAN Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Halil GEÇİBESLER	ANTIOXIDANT AND ANTIPROLIFERATIVE EFFECTS OF ETHANOLIC EXTRACT OF INULA DISCOIDEA BOISS

Prof. Dr. Lütfi BEHÇET	

06.12.2019	
Oturum-2, Salon-1 **Saat: 14:00- 17:00**	**Oturum Başkanı: Doç. Dr. Abdullah TAKIM**
Dr. Öğr. Üyesi Müge MANGA Dr. Öğr. Üyesi M. Akif DESTEK	SERMAYE KAÇIŞI İLE GELİR EŞİTSİZLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİ: MISIR ÜZERİNE BİR İNCELEME
Dr. Öğr. Üyesi Müge MANGA Dr. Öğr. Üyesi Esra BALLI Dr. Öğr. Üyesi M. Akif DESTEK	EKONOMİK BÜYÜME, FİNANSAL GELİŞMİŞLİK, DIŞA AÇIKLIK VE ENERJİ TÜKETİMİ ARASINDAKİ İLİŞKİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ
Dr. Öğr. Üyesi Zülküf AYRANGÖL Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TEKDERE Arş. Gör. Bülent Diclehan ÇADIRCI	MÜKELLEFLERİN VERGİ ALGILAMASI VE VERGİ PSİKOLOJİSİ ÜZERİNE BİR ANALİZ: ERZURUM İLİ ÖRNEĞİ
Dr. Öğr. Üyesi Ş. Mustafa ERSUNGUR Doç. Dr. Abdullah TAKIM	KAZAKİSTAN CUMHURİYETİNİN EKONOMİK YAPI ANALİZİ: GİRDİ-ÇIKTI YÖNTEMİYLE BİR UYGULAMA
Dr. Öğr. Üyesi Ş. Mustafa ERSUNGUR Elifnur TIĞTEPE Fatma KILIÇ	TÜRKİYE İLE DİĞER TÜRK CUMHURİYETLERİNİN EKONOMİK İLİŞKİLERİ: GENEL BİR DEĞERLENDİRME
Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz Onur ARİ	İKTİSAT-MUTLULUK İLİŞKİSİ: BHUTAN'IN SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA MODELİ ÜZERİNE BİR İNCELEME
Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz Onur ARİ	ULUSLARARASI KREDİ DERECELENDİRME KURULUŞLARININ EKONOMİK KRİZLERİ DERİNLEŞTİRMEDEKİ ROLLERİ
Dr. Öğr. Üyesi Ömer Uğur BULUT Öğr. Gör. Hikmet YILMAZ	KÜRESELLEŞME ve SAĞLIK HARCAMALARI İLİŞKİSİ: TÜRKİYE UYGULAMASI

06.12.2019	
Oturum-1, Salon-2 **Saat: 09:00- 12:00**	**Oturum Başkanı: Prof. Dr. Hüseyin Hüsnü BAHAR**
Arş. Gör. Esra SÖZER Arş. Gör. Derya AKBAŞ Doç. Dr. Nilüfer KAHRAMAN	GÖZLENEMEYEN HETEROJENLİĞİN MODELLENMESİNDE BİREY-MERKEZLİ YAKLAŞIMLAR: GİZİL PROFİL ANALİZİ UYGULAMASI
Prof. Dr. Hüseyin Hüsnü BAHAR	FARKLI LİSANS PROGRAMINA KAYITLI OLAN ÖĞRENCİLERİN AKADEMİK BAŞARI DURUMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI
Dr. Öğr. Üyesi Muhammed ÇİFTÇİ Dr. Öğr. Üyesi İsa YILDIRIM Dr. Öğr. Üyesi Rahman ÇAKIR Doç. Dr. Durdağı AKAN	ÖĞRETMEN ADAYLARININ İLETİŞİM BECERİLERİ İLE ÖZ YETERLİLİK BECERİLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ
Bekir BİTMİŞ Doç. Dr. Ahmet Ragıp ÖZPOLAT	BİREYLERİN DUYGU DÜZENLEME STRATEJİLERİNE GÖRE ŞEMA MODLARININ İNCELENMESİ
Prof. Dr. Hüseyin Hüsnü BAHAR	FARKLI LİSANS PROGRAMLARINA KAYITLI OLAN ÖĞRENCİLERİN EBEVEYN ÖĞRENİM DURUMLARININ İNCELENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Fatih AYDOĞDU Prof. Dr. Figen GÜRSOY	AHISKA TÜRKLERİNİN AD VERME GELENEKLERİNİN İNCELENMESİ
Arş. Gör. Ayşe MERZİFONLUOĞLU	INVESTIGATING THE IMPACT OF TECHNOLOGY USAGE ON VOCABULARY SKILL OF ELT STUDENTS
Prof. Dr. Figen GÜRSOY Prof. Dr. Neriman ARAL Dr. Öğr. Üyesi Fatih AYDOĞDU Dr. Öğr. Üyesi Burçin AYSU	ENGELLİ ÇOCUKLARDA OYUN İLE İLGİLİ YAPILAN LİSANSÜSTÜ ÇALIŞMALARDAKİ EĞİLİMLER
Prof. Dr. Neriman ARAL Prof. Dr. Figen GÜRSOY Dr. Öğr. Üyesi Burçin AYSU Dr. Öğr. Üyesi Fatih AYDOĞDU	TÜRKİYE'DE GÖÇMEN ÇOCUKLARLA İLGİLİ YAPILMIŞ ARAŞTIRMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali SEVEN Öğr. Gör. Esra KIZILIRMAK	ÇOCUK GELİŞİMİ ÖN LİSANS PROGRAMLARINDA BOLOGNA SÜRECİ ÜZERİNE AKADEMİSYEN GÖRÜŞLERİNİN İNCELENMESİ
Elif Berrak GÜNDÜZ BAHADIR Prof. Dr. Esra ÖZAY KÖSE	STEM UYGULAMALARININ 6. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN PROBLEM ÇÖZME BECERİLERİNE VE SORGULAYICI ÖĞRENME BECERİLERİ ALGILARINA ETKİSİ
Arş. Gör. Pelin YILDIRIM Arş. Gör. Dr. Gülşen KOÇAK Dr. Öğr. Üyesi. Esra MİNDİVANLI AKDOĞAN	ÖĞRETMEN ADAYLARININ ÖĞRETME MOTİVASYONLARININ ÇEŞİTLİ DEĞİŞKENLER AÇISINDAN İNCELENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi. Esra MİNDİVANLI AKDOĞAN Arş. Gör. Dr. Gülşen KOÇAK Arş. Gör. Pelin YILDIRIM	ÖĞRETMEN ADAYLARININ ÖĞRETMENLİK UYGULAMASINA YÖNELİK GÖRÜŞLERİ

06.12.2019	
Oturum-2, Salon-2 **Saat: 14:00- 17:00**	**Oturum Başkanı: Doç. Dr. Abdulvahap BAYDAŞ**
Doç. Dr. Abdulvahap BAYDAŞ Öğr. Gör. Mehmet Emin YAŞAR	MARKANIN TÜKETİCİ SATINALMA DAVRANIŞI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA
Dr. Öğr. Üyesi Utku ŞENDURUR	İİBF ÖĞRENCİLERİNİN VE AKADEMİSYENLERİNİN BİREYSEL EMEKLİLİK SİSTEMİ ALGI DÜZEYLERİ
Doç. Dr. Abdulvahap BAYDAŞ Doç. Dr. Halim TATLI Öğr. Gör. Mehmet Emin YAŞAR	TÜKETİCİ ETNOSENTRİZMİ: BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ
Dr. Öğr. Üyesi Kurtuluş MERDAN	MUHASEBE MESLEĞİNİN GELECEĞİ VE ÖĞRENCİLERİN MUHASEBE MESLEĞİNE BAKIŞ AÇILARI
Doç. Dr. Abdulvahap BAYDAŞ Arş. Gör. Abdulaziz SEZER Öğr. Gör. Mehmet Emin YAŞAR	SATIŞ PERSONELLERİNİN SATIŞ VE MÜŞTERİ YÖNLÜLÜKLERİ İLE ÖRGÜTSEL BAĞLILIKLARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ: DÜZCE'DE BİR UYGULAMA
Dr. Öğr. Üyesi Kurtuluş MERDAN	BAZI TARIM VE GIDA ÜRÜNLERİNİN FİYATLANDIRILMASINDA YAŞANAN SORUNLAR VE ÖNERİLER (TÜKETİCİLER ÜZERİNE BİR İNCELEME)
Dr. Öğr. Üyesi Şule Yüksel YİĞİTER	SÜRDÜRÜLEBİLİR FİNANS UYGULAMALARI VE FİNANSAL PİYASALARA YANSIMALARI
Ayşe ÖZKILIÇ Dr. Öğr. Üyesi Şule Yüksel YİĞİTER	KATILIM BANKASINDA HESAPLARI BULUNAN BİREYLERİN FİNANSAL OKURYAZARLIK DÜZEYİNİN BELİRLENMESİ: ERZİNCAN İLİ ÖRNEĞİ
Dr. Öğr. Üyesi Ersin KURNAZ	DENETİM 4.0 KAPSAMINDAKİ GELİŞMELER DOĞRULTUSUNDA DENETÇİLERİN ÜSTLENECEKLERİ ROL VE SORUMLULUKLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

06.12.2019	
Oturum-1, Salon-3 **Saat: 09:30- 11:30**	**Oturum Başkanı: Prof. Dr. Mustafa Talas**
Bahar MERT Arş. Gör. Sonay Serpil ALPDOĞAN Prof. Dr. Hayri ERTAN	ELİT VOLEYBOLCULARIN HÜCUMDA VE BLOKTA SIÇRAMA VE KONMA BECERİLERİNİN POZİSYONLARA GÖRE İNCELENMESİ (KADINLAR VOLEYBOL AVRUPA ŞAMPİYONASI YARI FİNAL VE FİNAL MAÇLARI ÖRNEĞİ)
Öğrt. Ferhat ŞEN Dr. Öğr. Üyesi Nevzat DİNÇER	BATMAN'DA GÖREV YAPAN BEDEN EĞİTİMİ ve SPOR ÖĞRETMENLERİNİN REKREATİF ETKİNLİKLERE KATILIMLARININ ÖNÜNDEKİ ENGELLERİN BELİRLENMESİ
Öğrt. Burhan ORTAÇ Dr. Öğr. Üyesi Nevzat DİNÇER	ÜNİVERSİTE PERSONELİNİN REKREASYON ETKİNLİKLERİNE KATILMASININ MUTLULUK VE YAŞAM KALİTESİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ BATMAN ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ
Öğrt. Erhan YILMAZ Dr. Öğr. Üyesi Zühal KILINÇ	BATMAN İLİNDE GÖREV YAPAN KADIN ÖĞRETMENLERİN FİZİKSEL AKTİVİTE MEKÂN SEÇİMİ VE FİZİKSEL AKTİVİTEYE KATILIM SIKLIĞINI ENGELLEYEN UNSURLARIN İNCELENMESİ
Öğrt. Yunus YALMAN Dr. Öğr. Üyesi Zühal KILINÇ	GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ GENÇLİK VE SPOR İL MÜDÜRLÜKLERİNDE ÇALIŞAN PERSONELLERİN REKREASYONA BAKIŞ AÇISI İLE REKREASYONEL SPORA KATILIM İLİŞKİSİ

06.12.2019	
Oturum-2, Salon-3 **Saat: 14:00- 17:00**	**Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Zeynep BİRİCİK**
Prof. Dr. Sedat CERECİ	KÜLTÜREL MİRASIN MEDYADAKİ YANSIMASI: İZLENİMLER
Dr. Öğr. Üyesi Zeynep BİRİCİK Zuhal ERGÜN	GÜNDEMDEKİ GELİŞMELERİ KAÇIRMA KORKUSU (FOMO) NUN DİJİTAL BAĞIMLILIKLA İLİŞJİSİ ÜZERİNE BİR İNCELEME
Dr. Öğr. Üyesi Fatih DEĞİRMENCİ	SİYASAL İLETİŞİMDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR: YENİ İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİNİN SİYASAL KAMPANYALARDA KULLANIMI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME
Kaan Mert ÖZTÜRK	SOSYAL MEDYANIN KİŞİSEL İMAJ OLUŞUMUNA ETKİSİ INSTAGRAM ÖRNEĞİ
Sevda BOZKURT	ERZURUM GELENEKSEL YEREL MEDYASININ DİJİTAL MEDYAYA ENTEGRASYONU
Dr. Öğr. Üyesi Şeyma BİLGİNER ERDOĞAN	DİNİ İMGELERİN/DEĞERLERİN MEDYADA TÜKETİM NESNESİNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Yelda KORKUT	DİJİTAL YERLİLER İLE BERABER ORTAYA ÇIKAN " DİL KULLANIMI" SORUNSALI
Dr. Öğr. Üyesi Gülhanım KARAOĞLU	GÖSTERİŞÇİ TÜKETİM BAĞLAMINDA INSTAGRAM FENEMONLERİ
Doç. Dr. Nerman KOCATÜRK	MİTOLOJİK DÜŞÜNCEDE HIZIR İMGESİNİN MİLLİ ÖZGÜNLÜĞÜ
Dr. Öğr. Üyesi Yalçın KAVAK	YARGITAY KARARLARI ÇERÇEVESİNDE HEKİMLİK SÖZLEŞMESİ

06.12.2019	
Oturum-1, Salon-4 **Saat: 09:00- 12:00**	**Oturum Başkanı: Elnur MUSTAFAYEV**
Dr. Öğr. Üyesi Safiye SARİ	TASARIM-DİKİM VE SÜSLEME BAĞLAMINDA BİR İÇ GİYİM TASARIMI
Dr. Öğr. Üyesi Safiye SARİ	GİYSİ TASARIMINDA GELENEKSEL ANLAYIŞLAR: ERZURUM EHRAM DOKUMASI
Öğr. Gör. Büşra İnci ŞENDURUR	GÜZEL SANATLAR LİSELERİ MÜZİK BÖLÜMLERİNDEKİ BİREYSEL ÇALGI DERSLERİNE İLİŞKİN ÖĞRENCİ GÖRÜŞLERİ: ÇORUM GÜZEL SANATLAR LİSESİ ÖRNEĞİ
Dr. Öğr. Üyesi Gülten GÜLTEPE Doç. Dr. Yunus BERKLİ	ORTAÇAĞ SANATINDA İKONOGRAFİK BİR TEMSİL: TAÇKAPI ÖRNEĞİ
Dr. Öğr. Üyesi Caner ŞENGÜNALP	ANİSH KAPOOR'UN TİYATRO SAHNESİNE DÖNÜŞEN HEYKELLERİ
Arş. Gör. Dr. Tuğba ÇELEBİ	JOSEPH BEUYS'UN HAYATININ 9 YAŞ ÖĞRENCİLERİNİN RESİM DERSİNDE KULLANILMASININ EĞİTSEL ELEŞTİRİ YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Caner ŞENGÜNALP	ALBERTO BURRİ'NİN "II CRETTO" YAPITI EKSENİNDE PEYZAJIN HEYKELE DÖNÜŞÜMÜ
Dr. Öğr. Üyesi Selma TAŞKESEN	RESİM-İŞ EĞİTİMİ ÖĞRENCİLERİNİN ANA SANAT ATÖLYE DERSİ TUTUMLARI İLE ATÖLYE DERSİ BAŞARILARI ARASINDAKİ İLİŞKİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA
Dr. Öğr. Üyesi Selma TAŞKESEN Seycan EKİCİ	GÖRSEL SANATLAR ÖĞRETMEN ADAYLARININ SANAT OKUR YAZARLIK DÜZEYLERİ İLE ESTETİK BEĞENİ DÜZEYLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Yasemin GÜL	KİLİN ÇOCUKLARIN FİZİKSEL GELİŞİMİ VE ÖĞRENME BECERİLERİ ÜZERİNE ETKİSİ
Öğt. Gör. Mevlüt KAPLANOĞLU	ARDAHAN YÖRESİ HALI DOKUMALARI
Dr. Ayten CAFEROVA	TÜRK DÜNYASI BİRLEŞİK KÜLTÜREL SİSTEMİNİN OLUŞMASINDA NAHÇİVAN YALLI VE HALAY DANSLARININ RÖLÜ VE AMACI

06.12.2019	
Oturum-2, Salon-4 **Saat: 14:00- 16:00**	**Oturum Başkanı: Öğr. Gör. Neriman MORKOÇ**
Elnur MUSTAFAYEV	ZERDÜŞTLÜK`TE MEHDİLİK İNANCININ MOTİFLERİ
Dr. Emine GÜMÜŞ BÖKE	İSLÂM AİLE HUKUKUN'DA KADININ İDDET NAFAKASI
Öğr. Gör. Neriman MORKOÇ	ORTADOĞU'DA SÜNNİ Şİİ İLİŞKİSİ
Öğr. Gör. Neriman MORKOÇ	MUKADDİME ESERİNİN DEĞERLER SOSYOLOJİSİ BAĞLAMINDA İNCELENMESİ

06.12.2019	
Oturum-1, Salon-5 **Saat: 09:00- 12:00**	**Oturum Başkanı: Doç. Dr. Betül APAYDIN YILDIRIM**
Neslihan ERAT Prof. Dr. Saliha ERENTÜRK	TAGUCHİ OPTİMİZASYON METODU KULLANILARAK SULU ORTAMDAN ASTRAZON YELLOW 5GL BOYAR MADDESİNİN FENTON PROSESİ İLE GİDERİMİ
Neslihan ERAT Prof. Dr. Saliha ERENTÜRK	SULU ORTAMDAN ASTRAZON YELLOW 5GL BOYAR MADDESİNİN UV/H2O2 PROSESİ İLE GİDERİMİNİN TAGUCHİ METODU KULLANILARAK OPTİMİZASYONU
Doç. Dr. Betül APAYDIN YILDIRIM	BİYOMARKER OLARAK ADİPOKİNLER
Doç. Dr. Betül APAYDIN YILDIRIM	MULTİFONKSİYONEL BİR PROTEİN OLAN İRİSİN'E KAPSAMLI BİR YAKLAŞIM
Kimya Müh. Yasemin DEMİRCİ Doç. Dr. Özlem KORKUT Doç. Dr. Erdem SAĞSÖZ	FARKLI İÇERİKLERE SAHİP HEMA JELLERİN RADYOTERAPİDE ÜÇ BOYUTLU DOZİMETRE SİSTEMLERİNDE KULLANIMI
Doç. Dr. Nejdet GÜLTEPE Dr. Öğr. Üyesi Yasemin GÜLTEPE	MAKİNE ÖĞRENMESİ SINIFLANDIRMALARI VE STANDART İSTATİSTİKSEL ANALİZ METOTLARININ KARŞILAŞTIRMASI: ÇİPURA BALIĞI (Sparus aurata) KAN PARAMETRELERİ MODELİ
Dr. Öğr. Üyesi Yasemin GÜLTEPE Doç. Dr. Nejdet GÜLTEPE	ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ İÇİN YAPAY SİNİR AĞI MODELİ
Duygu ADIGÜZEL Dr. Öğr. Üyesi Jale NAKTİYOK Prof. Dr. A. Ferhat BİNGÖL	TERMAL ANALİZ YÖNTEMİYLE POLİPROPİLEN LİF KATKILI ÇİMENTO HAMURUNUN YÜKSEK SICAKLIKLARDA BOZUNMA DAVRANIŞININ BELİRLENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Jale NAKTİYOK	KÖMÜR KARIŞIMLARIN YANMA DAVRANIŞI
Dr. Öğr. Üyesi Hülya ÖZTÜRK DOĞAN	METAL OKSİT-GRAFEN KOMPOZİT ELEKTROTLARDA ENZİMATİK OLMAYAN GLUKOZ TAYİNİ
Elif Nur İNCEL Sümeyye SAĞIR Dr. Öğr. Üyesi Çağatay TEKE	BİR ÜRETİM HATTINDAKİ MAKİNE ARIZA ZAMANLARININ WEİBULL DAĞILAMINA UYGUNLUĞUNUN İNCELENMESİ
Sümeyye SAĞIR Elif Nur İNCEL Dr. Öğr. Üyesi Çağatay TEKE	BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE BİR ÜRETİM HATTINDAKİ EN ÖNEMLİ ARIZANIN BELİRLENMESİ

06.12.2019	
Oturum-2, Salon-5 **Saat: 13:00- 15:30**	**Oturum Başkanı: Prof. Dr. Hacer HÜSEYNOVA**
Prof. Dr. Hacer HÜSEYNOVA	MÜASİR AZƏRBAYCAN DİLİNDƏ VƏ GÖYTÜRK YAZILARINDA İSMİN HALLARI
Доцент Фарит ЛАТЫПОВ	РЕКЛАМНЫЕ И ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЕ ИБЕРИЙСКИЕ НАДПИСИ НА БЫТОВОЙ ПОСУДЕ
Çinarə QƏHRƏMANOVA	AZƏRBAYCAN DİLİNİN DİALEKT LEKSİKASI
Səfa ABADOVA	SİNTAKSİS PROBLEMLƏRİNƏ MÜNASİBƏT
Prof. Dr. Lütviyye ASGERZADE	SOVYETLER BİRLİĞİ DÖNEMİNDE EDEBİYAT, DİL, KÜLTÜR VE DİN POLİTİKALARI
Öğr. Gör. Firuz FEVZİ	AFGANİSTAN'DA SON ELLİ YILDA ÇIKAN TÜRKÇE ESERLERİNİN ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA
Nurlane MEMMEDOVA	EKBER ELEŞTİREL YARATICILIĞINDA KLASİK MİRAS SORUNU
Doç. Dr. Nazilə ABDULLAZADƏ	FƏRHAD AĞAZADƏ və ONUN "ƏDƏBİYYAT MƏCMUƏSİ" DƏRSLİYİ

07.12.2019	
Oturum-1, Salon-1 **Saat: 09:30- 12:30**	**Oturum Başkanı: Prof. Dr. Kerem KARABULUT**
Prof. Dr. Kerem KARABULUT Öğr. Gör. Hikmet AKYOL Öğr. Gör. Kübra KARAKUŞ	TÜRKİYE'DE HANEHALKI BORÇLANMASI VE İŞ ÇEVRİMLERİ İLİŞKİSİ
Öğr. Gör. Hikmet AKYOL Öğr. Gör. Harun CAN Öğr. Gör. Kübra KARAKUŞ	FİNANSAL DERİNLEŞME, EKONOMİK BÜYÜME VE YOKSULLUK ARASINDAKİ İLİŞKİDE YOLSUZLUKLARIN ROLÜ NEDİR?
Dr. Öğr. Üyesi Murat KARAHAN Fatih GENÇ	MUHASEBE STANDARTLARINDA MEYDANA GELEN SON DEĞİŞİKLER IŞIĞINDA BOBİFRS VE TFRS'NİN KIYASLANMASI
Öğr. Gör. Dr. Adem ÖZBEK	FİNANSAL ALIŞKANLIKLARIN OLUŞMASINDA FİNANSAL BİLGİNİN ELDE EDİLME BİÇİMİ ve ZAMANININ ÖNEMİ
Öğr. Gör. Dr. Adem ÖZBEK	ERKEN DÖNEM FİNANS EĞİTİMİ KAPSAMINDA ULUSLARARASI BAKALORYA EĞİTİMİ
Sena Özge DOĞANÇAY Doç.Dr. Selahattin YAVUZ	HİZMET İÇİ EĞİTİMİ VE İŞ TATMİNİ BAKIMINDAN BANKA ÇALIŞANLARIN BAZI DEMOGRAFİK DEĞİŞKENLERİN GRUPLARI ARASINDAKİ FARKLILIĞIN BELİRLENMESİ
Sena Özge DOĞANÇAY Doç.Dr. Selahattin YAVUZ	BANKA ÇALIŞANLARININ HİZMET İÇİ EĞİTİMİ İLE İŞ TATMİNİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN BELİRLENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Serdar AYDIN Gökhan TUTAR	ÇOKLU İŞ PARCACIKLARI İLE VERİ TABANI PERFORMANS ÖLÇEKLENDİRİLMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Serdar AYDIN Adem ÖZDEMİR	BITCOIN PARA BİRİMİNE YÖNELİK GERÇEKLEŞTİRİLEN SİBER SALDIRILARIN İNCELENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Kamil KABAKUŞ Hasan KÜÇÜKOĞLU	ÇAĞRI MERKEZİ ÇALIŞANLARININ MOBİL BANKACILIK TERCİHLERİNE İLİŞKİN ALGILARI: ERZURUM İLİ ÖRNEĞİ
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Kamil KABAKUŞ Hasan KÜÇÜKOĞLU	RİSK PAYLAŞIMININ BANKACILIK SEKTÖRÜNDEKİ DİJİTALLEŞME SÜRECİNE ETKİSİ

07.12.2019	
Oturum-2, Salon-1 **Saat: 13:30- 17:00**	**Oturum Başkanı: Doç. Dr. Sinan YAZICI**
Doç. Dr. Sinan YAZICI	MISIR'DA DEVLETİN OLUŞUMU VE ANAYASAL GELİŞMELER
Dr. Öğr. Üyesi İsmail DURSUNOĞLU	CUMHURBAŞKANLIĞI HÜKÜMET SİSTEMİNDE YASAMA ERKİ
Dr. Öğr. Üyesi İsmail DURSUNOĞLU	ELİTLERİN DİKTASINDAN ÇOĞUNLUĞUN DİKTASINA: DEMOKRAT PARTİ DÖNEMİ MUHALEFET İLE İLİŞKİLER
Doç. Dr. Sinan YAZICI	OSMANLI CİHAN DEVLETİ'NDEN OSMANLI DEVLETİNE KURUMSAL DEĞİŞİM
Doç. Dr. Hayriye ŞENGÜN Öğr. Gör. Mehmet KAPUSIZOĞLU	BELEDİYELERİN ÇOCUKLARA YÖNELİK HİZMETLERE YAKLAŞIMI: YENİMAHALLE BELEDİYESİ ÖRNEĞİ
Osman AÇAR Prof. Dr. Şükrü NİŞANCI	İSLAMIN SİYASİ DÜŞÜNCE EKOLLERİNİN TEŞEKKÜLÜ VE DEVLET BAŞKANLIĞI ANLAYIŞLARI
Doç. Dr. Hayriye ŞENGÜN Öğr. Gör. Mehmet KAPUSIZOĞLU	ÇOCUĞUN KORUNMASI VE TÜRKİYE'DE ÇOCUĞA YÖNELİK SOSYAL HİZMET ÖRGÜTLENMESİ
Osman AÇAR Arş. Gör. Fatih UÇAN Doç. Dr. Salih Börteçine AVCI	POLİTİK BECERİNİN İŞ TATMİNİ ÜZERİNE ETKİSİNDE PROAKTİF KİŞİLİĞİN ARACI ROLÜ
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan KÖMÜR	SİYASAL DAVRANIŞLARIN ŞEKİLLENMESİNDE AİLE FAKTÖRÜ
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan KÖMÜR	TANZİMAT DÖNEMİNDEN TÜRKİYE CUMHURİYETİNE FEMİNİZM
Tuersunjiang ABULAITI Prof. Dr. Mustafa TALAS	ÇİN TARİHİNDE KÜLTÜREL MİLLİYETÇİLİK VE ÇİN YAYILMACILIĞI
Dr. Öğr. Üyesi Hakan KOLÇAK	HAMMURABİ KANUNLARININ HUKUKÎ GEÇERLİLİĞİ: AKSİYOLOJİK, MADDÎ VE BİÇİMSEL AÇIDAN GENEL BİR DEĞERLENDİRME

07.12.2019	
Oturum-1, Salon-2 **Saat: 09:30- 12:30**	**Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet HARMANKAYA**
Prof. Dr. Lütfi BEHÇET Arş.Gör. Yakup YAPAR	KAYIP ENDEMİK MICROMERIA CYMULIGERA TÜRÜNÜN BİNGÖL'DEN YENİDEN KEŞFİ
Dr. Öğr. Üyesi Melih OKCU Prof. Dr. Mustafa TAN Prof. Dr. Halil YOLCU	SİLAJLIK MISIR ÇEŞİTLERİNDE FARKLI FORMDA GÜBRE UYGULAMALARININ VERİM VE BAZI ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ
Prof. Dr. Lütfi BEHÇET Arş.Gör. Yakup YAPAR	ÇAPAKÇUR VADİSİ (BİNGÖL)'NİN RUPİKOL BİTKİLERİ
Tuba KARABACAK Doç. Dr. Ahmet Semih UZUNDUMLU	KAYISI ÜRETİMİNDE ÖNDE GELEN İLLERİN 2019-2025 ÜRETİM TAHMİNLERİ
Doç. Dr. Ahmet Semih UZUNDUMLU Tuba KARABACAK	DÜNYA KAYISI ÜRETİMİNDE ÖNDE GELEN ÜLKELERİN 2018-2025 DÖNEMİNDEKİ KAYISI ÜRETİM TAHMİNLERİ
Doç. Dr. Mustafa KORKMAZ	ÇAYIRLI (ERZİNCAN) İLÇESİ VE KÖYLERİNDE TIBBİ AMAÇLAR İÇİN YARARLANILAN DOĞAL BİTKİLER
Doç. Dr. Mustafa KORKMAZ	ÇAYIRLI (ERZİNCAN) İLÇESİ VE KÖYLERİNDE GIDA VE BAHARAT OLARAK KULLANILAN DOĞAL BİTKİLER
Dr. Öğr. Üyesi Ayla ARSLANER	TÜRKİYE'DE COĞRAFİ İŞARET KAVRAMI
Dr. Öğr. Üyesi Zühal OKCU Benay KAPLAN	HÜNNAP (Zizyphus jujuba Mill.) MARMELATLARININ BAZI ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Pınar OĞUZHAN YILDIZ Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ARSLAN	ERZURUM İLİNDEKİ TÜKETİCİLERİN TÜTSÜLENMİŞ BALIĞA BAKIŞ AÇISI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet HARMANKAYA Dr. Öğr. Üyesi Sezen HARMANKAYA	KAŞAR PEYNİRLERİNDE NATAMİSİN VARLIĞININ ARAŞTIRILMASI

07.12.2019	
Oturum-2, Salon-2 **Saat: 13:30- 17:00**	**Oturum Başkanı: Doç. Dr. Ümran TÜRKYILMAZ**
Doç. Dr. Toğrul HALİLOV	NAXÇIVAN DİYARININ SON TUNC DÖVRÜ ABİDƏLƏRİNDƏN AŞKAR OLUNMUŞ ÇƏKMƏ FORMAL GİL QABLAR
Ayben NALBANTOĞLU	DARÜLFUNUN ve 1933 ÜNİVERSİTE REFORMU
Dr. Musa MURSAQULİYEV	MƏDƏNİ VƏ MƏNƏVİ İRSİMİZ: "KEŞİKÇİDAĞ"
Doç. Dr. Ümran TÜRKYILMAZ	FRANSIZ YAZININDA ORYANTALİZM
Ayben NALBANTOĞLU	II. MEŞRUTİYET DÖNEMİ EĞİTİMCİLERİNİN EĞİTİM TARİHİMİZDEKİ YERİ ve ÖNEMİ
Osman KİMYA Öğr. Gör. Uğur GÖK	YAKIN VE ORTA DOĞUDA MEZHEPSEL ÇATIŞMALARIN ÇÖZÜMÜ BAKIMINDAN NADİR ŞAH AFŞAR'IN FAALİYETLERİ: NECEF KOMİSYONU
Öğr. Gör. Uğur GÖK Osman KİMYA	KLASİK DÖNEM OSMANLI DEVLET TEŞKİLATINDA SANCAK BİRİMİNİN İDARİ YAPISI VE İŞLEYİŞİ
Doç. Dr. Irada ZARGANAYEVA	ИСЛАМ И СОВРЕМЕННОЕ ГЛОБАЛЬНОЕ СОЗНАНИЕ
Doç. Dr. Yeganə HACIYEVA	KOMİZMİ YARADAN BƏDİİ VASİTƏLƏR
Prof. Dr. Fatma KOÇ Öğr. Gör. Mukadder AKSAKAL	ERZURUM MÜZESİ GİYSİ KOLEKSİYONUNDAKİ KOLSUZ ÜSTLÜKLER

07.12.2019	
Oturum-1, Salon-3 **Saat: 09:30- 12:00**	**Oturum Başkanı: Prof. Dr. Necati UTLU**
Dr. Öğr. Üyesi Ufuk OKKAY Prof. Dr. Ahmet HACIMÜFTÜOĞLU Dr. Öğr. Üyesi Irmak FERAH OKKAY	DENEYSEL ALZHEİMER MODELİ OLUŞTURULMUŞ SIÇANLARDA GLUTAMAT GERİ ALINIM PARAMETRE DEĞİŞİMİ VE YENİ TEDAVİ ÖNERİLERİ
Doç. Dr. Osman Nuri KELEŞ Özlem ÖZGÜL ABUÇ	ANASTAZ TİO2 NANOPARTİKÜLLERİN BÖBREK DOKUSU ÜZERİNE MORFOLOJİK VE MOLEKÜLER ETKİLERİ
Özlem ÖZGÜL ABUÇ Dr. Öğr. Üyesi Nazlı Pınar ARSLAN	İTO HÜCRELERİNİN KARACİĞERDEKİ ROLÜ VE ÖNEMİ
Dr. Öğr. Üyesi Irmak FERAH OKKAY Prof. Dr. Zekai HALICI Doç. Dr. Ali AYDIN Prof. Dr. Abdulmecit ALBAYRAK Prof. Dr. Nuran AY Dr. Öğr. Üyesi Feray BAKAN Doç. Dr. Adem KARAMAN Prof. Dr. Muhammet Hamidullah UYANIK Dr. Öğr. Üyesi Ufuk OKKAY	RATLARDA DENEYSEL OLARAK AÇIK FEMUR KIRIĞI ZEMİNİNDE OLUŞTURULAN OSTEOMİYELİT MODELİNDE FARKLI ORANLARDAKİ HİDROKSİAPATİT VE/VEYA BOR NİTRÜR'ÜN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI
Dr. Öğr. Üyesi Cengiz ÖZTÜRK Arş. Gör. Gökhan TONKAZ	EVALUATION OF ARTERIA COMMUNICANS ANTERIOR VARIATIONS USING 3D TOF MRI ANGIOGRAPHY
Prof. Dr. Necati UTLU Dr. Öğr. Üyesi Şaban ÇELEBİ	YUMURTA TAVUĞU RASYONLARINA ANTİOKSİDAN İLAVESİNİN SERUMDA BAZI BİYOKİMYASAL PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİSİ
Dr. Öğr. Üyesi Figen ORHAN Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BEKTAŞ	Enochrus quadripunctatus (Herbst, 1797) (HYDROPHILIDAE: COLEOPTERA) TÜRÜ SİNDİRİM YAPILARINDA BAKTERİYEL MİKROBİYOTANIN TANIMLANMASI
Dr. Öğretim Üyesi Semin GEDİKLİ Arş. Gör. Elif ERBAŞ	DENEYSEL HİPOTİROİDİNİN AKCİĞER VE MİDE DOKULARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

07.12.2019	
Oturum-2, Salon-3 **Saat: 13:30- 15:30**	**Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Şirin AYİŞ**
Prof. Dr. Adem DÖLEK	AİLE İÇİ İLETİŞİMDE ÖFKENİN KONTROL ALTINA ALINMASI VE ÖNEMİ (Hadisler Bağlamında)
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Şirin AYİŞ	TASAVVUF DÜŞÜNCESİNDE BİR NEFİS TERBİYE METODU OLARAK RİYAZET
Öğr. Gör. Elif KIRKKESELİ Öğr. Gör. Burcu TOĞRUL	SÜLEYMANİYE KÜTÜPHANESİNDE BULUNAN FAZIL AHMET PAŞA KOLEKSİYONUNA AİT 00004 ENVANTER NUMARALI KUR'AN'I KERİM'İN SÛRE BAŞI TEZYİNATLARI
Dr. Öğr. Üyesi Sabri DEMİRCİ	MÜFESSİRLERİN NECM SÛRESİNİN İLK (1-18) AYETLERİNİ TAHLİLLERİ VE BU ÂYETLERİN Mİ'RAC MU'CİZE İLE İLGİSİ
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Şirin AYİŞ	OSMANLI DÖNEMİ MISIRIN'DA HALVETİYYE TARİKATI: XVIII. ASIR
Doç. Dr. Ali KUYAKSİL	BİR MİLİS KUVVETİ LİDERİ OLARAK SAİD NURSİ'NİN DOĞU ANADOLU'DA RUS VE ERMENİ SALDIRILARINA KARŞI MÜCADELESİ
Uzm. İsmail AK Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ELİTOK	VAKIFLAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ ARŞİVİNDE BULUNAN SULTAN ABDÜLHAMİD HAN VAKFINA AİT 1418 ENVANTER NUMARALI VAKFİYE VE TEZYİNATI

07.12.2019	
Oturum-1, Salon-4 **Saat: 09:00- 12:30**	**Oturum Başkanı: Prof. Dr. Hacer HÜSEYNOVA**
Prof. Dr. Hacer HÜSEYNOVA	MÜASİR AZƏRBAYCAN DİLİNDƏ VƏ GÖYTÜRK YAZILARINDA İSMİN HALLARI
Dr. Öğr. Üyesi Neslihan Huri YİĞİT	TÜRK DÜNYASI ATASÖZLERİNDE MİLLİ DUYGULAR, VATAN, YURT, BİRLİK VE BERABERLİK KAVRAMLARI
Doç. Dr. Sinan YALÇIN Prof. Dr. Mehmet ÖZBAŞ	AKADEMİSYENLERİN ÖRGÜTSEL ADALET, ALGILANAN ÖRGÜTSEL DESTEK VE ÖRGÜTSEL SİNİZME İLİŞKİN ALGILARININ İNCELENMESİ
Doç. Dr. Abdurrahman Kolcu	ORHAN PAMUK'UN KAR ADLI ROMANINA METİNLERARASI BİR YAKLAŞIM
Dr. Öğt. Üyesi Mehmet Seyman ÖNDER	"İMAMIM MANKEN KIZI" ROMANININ SOSYOLOJİK TAHLİLİ
Doç. Dr. Abdurrahman Kolcu	ORHAN PAMUK'UN KARA KİTAP ADLI ROMANINA METİNLERARASI BİR YAKLAŞIM
Dr. Öğr. Üyesi Şule GÜMÜŞ	TÜRK BOYLARININ ORTAK DUYUŞ VE DÜŞÜNÜŞLERİNİN İZLERİ: KAZAK VE TÜRKİYE TÜRKLERİNİN ORTAK ATASÖZLERİ
Dr. Öğr. Üyesi Şule GÜMÜŞ	TÜRK DESTANLARINDA DEMONİK BİR VARLIK: CELMOGUZ/YALMAVUZ
Öğr. Gör. Firuz FEVZİ	AFGANİSTAN'DA SON ELLİ YILDA ÇIKAN TÜRKÇE ESERLERİNİN ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA
Çinarə QƏHRƏMANOVA	AZƏRBAYCAN DİLİNİN DİALEKT LEKSİKASI
Hamiyet ATALAY Doç. Dr. Necdet TOZLU Prof. Dr. Mehmet ÖZBAŞ	ÂŞIK MEVLÜT MERTOĞLU'NUN ŞİİRLERİNDE TEMA VE DEĞERLER
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa AKIN Prof. Dr. Mehmet ÖZBAŞ	ERZİNCAN'A YERLEŞTİRİLEN SURİYELİ SIĞINMACILARIN TEMEL SORUNLARINI BELİRLEMEYE YÖNELİK BİR ÖN ARAŞTIRMA
Doç. Dr. Meheddin İSPİR	GAZELLERDE SEVGİLİYİ ANLATMADA KALEM KELİMESİNİN KULLANILMASI
Doç. Dr. Meheddin İSPİR	ÜSKÜPLÜ ATÂ'NIN TUHFETÜ'L-UŞŞÂK ADLI ESERİNDE TÜRKÇE KELİMELERİN CİNAS OLARAK KULLANILMASI

07.12.2019	
Oturum-2, Salon-4 **Saat: 12:30- 15:00**	**Oturum Başkanı: Dr. Murathan KEHA**
Doç. Dr. Ömer ALKAN Dr. Öğr. Üyesi Hayri ABAR Arş. Gör. Şeyda ÜNVER	TÜRKİYE'DE ÇEŞİTLİ ALKOL KULLANIMLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİ
Doç. Dr. Ömer ALKAN Arş. Gör. Şeyda ÜNVER	TÜRKİYE'DE TÜTÜN KULLANIM SÜRESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI
Doç. Dr. Ömer ALKAN Ayşenur DEMİR	TÜTÜN KULLANIMININ SAĞLIK ÜZERİNDEKİ OLUMSUZ SONUÇLARINA YÖNELİK BİLGİ VE BELİRLEYİCİLERİ
Doç. Dr. Ömer ALKAN Esra GÜNEY	TRA1 BÖLGESİNDE E-TİCARET KULLANIMINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI
Dr. Öğr. Üyesi Hayri ABAR Esra GÜNEY	TÜRKİYE'DE HIRSIZLIK SUÇUNU ETKİLEYEN BÖLGESEL FAKTÖRLERİN ARAŞTIRILMASI
Arife KILINÇ Arş. Gör. Yağız Can BAYHAN Doç. Dr. Hakan EYGÜ	İŞGÜCÜ GÖSTERGELERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA: PARAMETRİK OLMAYAN BİR YAKLAŞIM
Arş. Gör. Yağız Can BAYHAN Arife KILINÇ Doç. Dr. Hakan EYGÜ	TÜRKİYE' DE TRAFİK KAZALARININ PARETO ÇÖZÜMLEMESİYLE ARAŞTIRILMASI
G.Gülenay ZENGİN	BAZI LİNEER OPERATÖRLERİN HYERS-ULAM KARARLILIĞI
Öğr. Gör. Abdurrahman SEFALI Dr. Öğr. Üyesi Betül GIDIK Doç. Dr. Zehra CAN	BAYBURT'TA YAYILIŞ GÖSTEREN ALLİUM SP. TÜRLERİNİN MORFOLOJİK VE EKOLOJİK AÇIDAN İNCELENMESİ
Öğr. Gör. Abdurrahman SEFALI	BAYBURT'TA YAYILIŞ GÖSTEREN MENEKŞE (VIOLA SP.) TÜRLERİNİN PEYZAJA UYGUNLUK AÇISINDAN İNCELENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Gülşah ÖZDEMİR BAKİ Hatice Kübra YILMAZ	ÖĞRETMENLERİN FARK ETMEYİ ÖĞRENMELERİNDE VİDEO KULÜPLER: BİR LİTERATÜR TARAMASI

07.12.2019	
Oturum-3, Salon-4 **Saat: 15:30- 17:30**	**Oturum Başkanı: Doç. Dr. Serpil Ünal KESTANE**
Dr. Öğr. Üyesi Esra KARAKUŞ UMAR	CAM UÇURUM KAVRAMI VE TÜRKİYE'DEKİ GÖRÜNÜMÜ
Dr. Öğr. Üyesi Taleh HALİLOV	ÖZERKLİK DÖNEMİNDE NAHÇİVAN'DA EĞİTİMİN DURUMU
Doç. Dr. Metin AKSOY Doç. Dr. Ahmet Mutlu AKYÜZ	ARAP PROTESTOLARININ SOSYO-EKONOMİK KÖKENİ BAĞLAMINDA OTORİTER SOSYAL SÖZLEŞMENİN ÇÖKÜŞÜ
Doç. Dr. Metin AKSOY Doç. Dr. Ahmet Mutlu AKYÜZ	ARAP DÜNYASINDA DEĞİŞİMİN İTİCİ GÜCÜ OLARAK ORTA SINIF
Doç. Dr. Salih Börteçine AVCI Ayşegül Mete	KAMU KURUMLARINDA YAPILAN REFORM HAREKETLERİNİN ORTAYA ÇIKARDIĞI ÖRGÜTSEL DEĞİŞİM SİNİZMİNE TEORİK BAKIŞ: MİLLİ EĞİTİM ÖRNEĞİ
Doç. Dr. Peri PASHAYEVA	İBTİDAİ SİNİFLƏRDƏ FONETİKA ÜZRƏ MƏLUMATIN MƏZMUNU VƏ TEST NÜMUNƏLƏRİ
Doç. Dr. Serpil Ünal KESTANE	ETİK OLMAYAN TÜKETİCİ DAVRANIŞLARININ NEDENLERİ

07.12.2019	
Oturum-1, Salon-5 **Saat: 09:00- 12:00**	**Oturum Başkanı: Dr. Murathan KEHA**
Nurgül ERGÜL Öğr. Gör. Akın AY	FEMİNİST KURAM BAĞLAMINDA TÜRK SİNEMASINDA KADIN İMGESİ:"TERSİNE DÜNYA" FİLM ANALİZİ
Öğr. Gör. Aylin DERVİŞ Dr. Öğr. Üyesi Fatih DEĞİRMENCİ	KÜYERELLEŞME BAĞLAMINDA TÜRKİYE'DEKİ LAY'S REKLAMLARININ GÖSTERGEBİLİMSEL ANALİZ YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ
Arzu Başak FİDAN Sultan KOCA Prof. Dr. Derya ÖCAL	REKLAMDA KÜLTÜREL KODLAMALAR: ETNİK REKLAMCILIK VE REKLAM-KÜLTÜR İLİŞKİSELLİĞİ ÜZERİNE BİR İNCELEME
Sultan KOCA Arzu Başak FİDAN Prof. Dr. Derya ÖCAL	DİJİTALİN SOSYOTELİZM (PHUBBING) ODAKLI YANSIMALARI
Elifnur TERZİOĞLU	TÜRKİYE'DE İLETİŞİM ARAŞTIRMALARI: KAMU DİPLOMASİSİ KONUSUNDAKİ DOKTORA TEZLERİNE YÖNELİK BİR İNCELEME
Doç. Dr. Gülsüm ÇALIŞIR Aleyna Makbule ÜNAL	GIDA SEKTÖRÜNDE ULUSAL ALANDA HİZMET VEREN MARKALARIN FACEBOOK PAYLAŞIMLARINA YÖNELİK TÜKETİCİLERDEN GELEN YORUMLAR ÜZERİNE BİR İNCELEME
Doç. Dr. Gülsüm ÇALIŞIR Aleyna Makbule ÜNAL	KULLANIMLAR VE DOYUMLAR YAKLAŞIMI BAĞLAMINDA X KUŞAĞININ SOSYAL MEDYA KULLANIMI: WHATSAPP ÖRNEĞİ
Zeynep KİMYA	İNSTAGRAM KULLANICISI KADINLARIN SOSYAL MEDYA KULLANIM, TUTUM VE ALIŞKANLIKLARININ DEĞER YÖNELİMİ BAĞLAMINDA İNCELENMESİ

07.12.2019	
Oturum-2, Salon-5 **Saat: 12:30- 15:00**	**Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Meral OLTULU**
Dr. Heydar DEHGHANPOUR Prof. Dr. Kemalettin YILMAZ Dr. Faraz AFSHARI	EVALUATION OF CARBOXYMETHYL CELLULOSE AS FIBER DISTRIBUTOR IN ELECTRICALLY CONDUCTIVE CONCRETES CONTAINING CARBON FIBER
Dr. Heydar DEHGHANPOUR Dr. Faraz AFSHARI Prof. Dr. Kemalettin YILMAZ	EXAMINATION OF ELECTRODE INTERVALS IN ELECTRICALLY CONDUCTIVE CONCRETES PRODUCED FOR AIRPORT RUNWAYS BY FE METHOD
Arş. Gör. Mehmet YOLADI Dr. Eda Feyza AKYÜREK Dr. Kadir GELİŞ Dr. Faraz AFSHARI	EXPERİMENTAL INVESTİGATİON OF HEAT TRANSFER İN CYLİNDRİCAL AND RECTANGULAR FİNS İN A VERTİCAL RECTANGULAR DUCT
Öğr. Gör. Harun Yüksel GÜLYAPRAK Prof. Dr. Rüstem GÜL	ARTVİN YUSUFELİ PİRİNÇ KABUĞU KÜLÜNÜN BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ
Arş. Gör. Metehan ARDAHANLI Dr. Öğr. Üyesi Meral OLTULU İbrahim ALAMERİ	EVALUATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF SELF-COMPACTING CONCRETE CONTAINING FLY ASH SUBJECTED TO EARLY-AGE TEMPERATURE
Öğr. Gör. Hasan POLAT Dr. Öğr. Üyesi Meral OLTULU	POLİMER KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE LİMONİT MİNERALİNİN ATIĞININ ETKİSİ
Dr. Öğr. Üyesi Erdem BAYRAK	2007 VE 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN ERZURUM İLİ ÖZELİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Erdem BAYRAK Prof. Dr. Yusuf BAYRAK	TÜRKİYE İÇİN EN BÜYÜK YER İVMESİ-ŞİDDET İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Kübra ÇINAR DEMİR	EFFECT OF pH ON WO 3 THIN FILMS GROWN VIA ELECTRODEPOSITION
Doç. Dr. Hamza Yaşar OCAK Öğr. Gör. Gencer SARIOĞLU Öğr. Gör. Reyhan BAŞER Doç. Dr. Salih AKBUDAK	Al-6Mg-1,1Sc ve Al-6Mg-1,9Sc ALAŞIMLARININ BAZI TERMAL ÖZELLİKLERİNDE Sc KATKISININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

07.12.2019	
Oturum-3, Salon-5 **Saat: 15:30- 18:00**	**Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Demet DEMİRCİ GÜLTEKİN**
Muhammed Murad TOP Arş. Gör. Mehmet YILMAZ Dr. Öğr. Üyesi M. Fatih ÇORAPSIZ	MİKRODENETLEYİCİ TABANLI AKTİF BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI
Arş. Gör. Mehmet YILMAZ Muhammed Murad TOP Dr. Öğr. Üyesi M. Fatih ÇORAPSIZ	CUK DÖNÜŞTÜRÜCÜNÜN TASARIMI, DİNAMİK ANALİZİ VE DENETİMİ
Arş. Gör. Bahadır ÖZKILBAÇ Prof. Dr. Tevhit KARACALI	FPGA İLE IEEE754 KAYAN NOKTALI SAYI FORMATINDA TÜREV ALICI TASARIMI VE GERÇEK ZAMANLI UYGULAMASI
Dr. Hamid ZAMANLOU Prof. Dr. Sadri ŞEN Dr. Öğr. Üyesi Filiz KARABUDAK Dr. Öğr. Üyesi Ruhi YEŞİLDAL	BAKIR DİSKTE FARKLI YÜK VE FREKANSLARDA SONLU ELEMANLAR YÖNTEMLERİ İLE AŞINMA ANALİZİ
Dr. Öğr. Üyesi Ali Murat ATEŞ Öğr. Gör. Dr. Özer KESTANE Doç. Dr. Koray ÜLGEN	BİR EĞİTİM BİNASININ YILLIK ENERJİ ANALİZİ
Öğr. Gör. Dr. Özer KESTANE Dr. Öğr. Üyesi Ali Murat ATEŞ Doç. Dr. Koray ÜLGEN	MODEL BİR FOTOVOLTAİK-TERMAL (FV/T) TOPLAYICININ TASARIMI VE ENERJİ ANALİZİ
Öğr. Gör. Saadet GÜLER Arş. Gör. Ahmet YAVAŞ Doç. Dr. Mustafa EROL	ESNEK FOTOKATALİZÖRLER OLARAK KARBON FİBERLER ÜZERİNE VANADYUM KATKILI ZNO YAPILARIN GELİŞTİRİLMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Demet DEMİRCİ GÜLTEKİN	YENİ PERİLEN TÜREVLERİNİN SENTEZİ
Dr. Öğr. Üyesi Erdal TURGUT Dr. Öğr. Üyesi Sevda SARITAŞ Prof. Dr. Saman HABASHYANİ Prof. Dr. Muhammet YILDIRIM Prof. Dr. Emre GÜR	INVESTIGATION OF STRUCTURAL, OPTİCAL AND GAS SENSOR PROPERTIES OF AS-DEPOSITED AND TUNGSTEN (W) DOPED NiO
Dr. Öğr. Üyesi Gül KOTAN Gül ÖZDEMİR Prof. Dr. Haydar YÜKSEK	2-[(3-(P-KLOROBENZİL)-4,5-DİHİDRO-1H-1,2,4-TRİAZOL-5-ON-4-İL)-AZOMETİN]-BENZOİK ASİD MOLEKÜLÜNÜN SPEKTROSKOPİK (13 C/ 1 H-NMR) VE HESAPSAL İNCELENMESİ
Dr. Öğr. Üyesi Gül KOTAN Prof. Dr. Haydar YÜKSEK	1-(MORFOLİN-4-İL-METİL)-3-(N-PROPİL)-4-(4-İZOPROPİLBENZİLİDENAMİNO)-4,5-DİHİDRO-1H-1,2,4-TRİAZOL-5-ON BİLEŞİĞİNİN SENTEZİ, DENEYSEL VE TEORİK ANALİZİ

İÇİNDEKİLER

KONGRE KÜNYESİ	i
BİLİM KURULU	ii
FOTOĞRAF GALERİSİ	iii
KONGRE PROGRAMI	iv
İÇİNDEKİLER	v

BİLDİRİ ÖZETLERİ

Elanur TUYSUZ & Behiye TAŞER & Mesut TAŞKIN & Ahmet ADIGÜZEL & Hakan ÖZKAN ***D-TAGATOZ ÜRETİMİ VE BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI***	**1**
Behiye TAŞER & Elanur TUYSUZ & Mesut TAŞKIN & Ahmet ADIGÜZEL & Hakan ÖZKAN ***KİTOSANIN BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI***	**9**
Behiye TAŞER & Elanur TUYSUZ & Mesut TAŞKIN & Ahmet ADIGÜZEL & Hakan ÖZKAN ***MİKROBİYAL LİPAZLAR***	**20**
Meryem DOYMUŞ & Tuğba ORAK & Mesut TAŞKIN ***ANTİBİYOTİK DİRENCİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ***	**29**
Tuğba ORAK & Meryem DOYMUŞ & Mesut TAŞKIN ***MİKROBİYAL LİPİDLER AND BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI***	**38**
Tuğba ORAK & Meryem DOYMUŞ & Mesut TAŞKIN ***MİKROBİYAL PİGMENTLERİN ÜRETİMİ VE BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI***	**50**
Abdurrahim ÇETİN & Mehmet Kadir ERDOĞAN & İbrahim Halil GEÇİBESLER & Lütfi BEHÇET ***ANTIOXIDANT AND ANTIPROLIFERATIVE EFFECTS OF ETHANOLIC EXTRACT OF INULA DİSCOİDEA BOİSS***	
Neslihan ERAT & Saliha ERENTÜRK ***SULU ORTAMDAN ASTRAZON YELLOW 5GL BOYAR MADDESİNİN UV/H2O2 PROSESİ İLE GİDERİMİNİN TAGUCHİ METODU KULLANILARAK OPTİMİZASYONU***	**70**
Neslihan ERAT & Saliha ERENTÜRK ***TAGUCHİ OPTİMİZASYON METODU KULLANILARAK SULU ORTAMDAN ASTRAZON YELLOW 5GL BOYAR MADDESİNİN FENTON PROSESİ İLE GİDERİMİ***	**81**
Betül APAYDIN YILDIRIM ***BİYOMARKER OLARAK ADİPOKİNLER***	**93**
Betül APAYDIN YILDIRIM ***MULTİFONKSİYONEL BİR PROTEİN OLAN İRİSİN'E KAPSAMLI BİR YAKLAŞIM***	**100**
Yasemin DEMİRCİ & Özlem KORKUT & Erdem SAĞSÖZ ***FARKLI İÇERİKLERE SAHİP HEMA JELLERİN RADYOTERAPİDE ÜÇ BOYUTLU DOZİMETRE SİSTEMLERİNDE KULLANIMI***	**108**

Nejdet GÜLTEPE & Yasemin GÜLTEPE ***MAKİNE ÖĞRENMESİ SINIFLANDIRMALARI VE STANDART İSTATİSTİKSEL ANALİZ METOTLARININ KARŞILAŞTIRMASI: ÇİPURA BALIĞI (Sparus aurata) KAN PARAMETRELERİ MODELİ***	**113**
Yasemin GÜLTEPE & Nejdet GÜLTEPE ***ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ İÇİN YAPAY SİNİR AĞI MODELİ***	**118**
Duygu ADIGÜZEL & Jale NAKTİYOK & A. Ferhat Bingöl ***TERMAL ANALİZ YÖNTEMİYLE POLİPROPİLEN LİF KATKILI ÇİMENTO HAMURUNUN YÜKSEK SICAKLIKLARDA BOZUNMA DAVRANIŞININ BELİRLENMESİ***	**124**
Jale NAKTİYOK ***KÖMÜR KARIŞIMLARIN YANMA DAVRANIŞI***	**133**
Hülya ÖZTÜRK DOĞAN ***METAL OKSİT-GRAFEN KOMPOZİT ELEKTROTLARDA ENZİMATİK OLMAYAN GLUKOZ TAYİNİ***	**140**
Elif Nur İNCEL & Sümeyye SAĞIR & Çağatay TEKE ***BİR ÜRETİM HATTINDAKİ MAKİNE ARIZA ZAMANLARININ WEİBULL DAĞILAMINA UYGUNLUĞUNUN İNCELENMESİ***	**145**
Sümeyye SAĞIR & Elif Nur İNCEL & Çağatay TEKE ***BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE BİR ÜRETİM HATTINDAKİ EN ÖNEMLİ ARIZANIN BELİRLENMESİ***	**152**
Lütfi BEHÇET & Yakup YAPAR ***ÇAPAKÇUR VADİSİ (BİNGÖL)'NİN RUPİKOL BİTKİLERİ***	**162**
Lütfi BEHÇET & Yakup YAPAR ***KAYIP ENDEMİK MICROMERIA CYMULIGERA TÜRÜNÜN BİNGÖL'DEN YENİDEN KEŞFİ***	**171**
Tuba KARABACAK & Ahmet Semih UZUNDUMLU ***KAYISI ÜRETİMİNDE ÖNDE GELEN İLLERİN 2019-2025 ÜRETİM TAHMİNLERİ***	**178**
Ahmet Semih UZUNDUMLU & Tuba KARABACAK ***DÜNYA KAYISI ÜRETİMİNDE ÖNDE GELEN ÜLKELERİN 2018-2025 DÖNEMİNDEKİ KAYISI ÜRETİM TAHMİNLERİ***	**187**
Mustafa KORKMAZ ***ÇAYIRLI (ERZİNCAN) İLÇESİ VE KÖYLERİNDE TIBBİ AMAÇLAR İÇİN YARARLANILAN DOĞAL BİTKİLER***	**200**
Mustafa KORKMAZ ***ÇAYIRLI (ERZİNCAN) İLÇESİ VE KÖYLERİNDE GIDA VE BAHARAT OLARAK KULLANILAN DOĞAL BİTKİLER***	**215**
Ayla ARSLANER ***TÜRKİYE'DE COĞRAFİ İŞARET KAVRAMI***	**231**
Pınar OĞUZHAN YILDIZ & Gökhan ARSLAN ***ERZURUM İLİNDEKİ TÜKETİCİLERİN TÜTSÜLENMİŞ BALIĞA BAKIŞ AÇISI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA***	**236**
Ufuk OKKAY & Ahmet HACIMÜFTÜOĞLU & Irmak FERAH OKKAY ***DENEYSEL ALZHEİMER MODELİ OLUŞTURULMUŞ SIÇANLARDA GLUTAMAT GERİ ALINIM PARAMETRE DEĞİŞİMİ VE YENİ TEDAVİ ÖNERİLERİ***	**244**

Irmak FERAH OKKAY & Zekai HALICI & Ali AYDIN & Abdulmecit ALBAYRAK & Nuran AY & Feray BAKAN & Adem KARAMAN & Muhammet Hamidullah UYANIK & Ufuk OKKAY ***RATLARDA DENEYSEL OLARAK AÇIK FEMUR KIRIĞI ZEMİNİNDE OLUŞTURULAN OSTEOMİYELİT MODELİNDE FARKLI ORANLARDAKİ HİDROKSİAPATİT VE/VEYA BOR NİTRÜR'ÜN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI***	**253**
Necati UTLU &Şaban ÇELEBİ ***YUMURTA TAVUĞU RASYONLARINA ANTİOKSİDAN İLAVESİNİN SERUMDA BAZI BİYOKİMYASAL PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİSİ***	**265**
Figen ORHAN & Mehmet BEKTAŞ ***Enochrus quadripunctatus (Herbst, 1797) (HYDROPHILIDAE: COLEOPTERA) TÜRÜ SİNDİRİM YAPILARINDA BAKTERİYEL MİKROBİYOTANIN TANIMLANMASI***	**272**
Semin GEDİKLİ & Elif ERBAŞ ***DENEYSEL HİPOTİROİDİNİN AKCİĞER VE MİDE DOKULARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI***	**278**
Abdurrahman SEFALI &Betül GIDIK &Zehra CAN ***BAYBURT'TA YAYILIŞ GÖSTEREN ALLİUM SP. TÜRLERİNİN MORFOLOJİK VE EKOLOJİK AÇIDAN İNCELENMESİ***	**287**
Abdurrahman SEFALI ***BAYBURT'TA YAYILIŞ GÖSTEREN MENEKŞE (VIOLA SP.) TÜRLERİNİN PEYZAJA UYGUNLUK AÇISINDAN İNCELENMESİ***	**292**
Mehmet YOLADI &Eda Feyza AKYÜREK &Kadir GELIŞ &Faraz AFSHARI ***EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER IN CYLINDRICAL AND RECTANGULAR FINS IN A VERTICAL RECTANGULAR DUCT***	**299**
Heydar DEHGHANPOUR & Faraz AFSHARI & Kemalettin YILMAZ ***EXAMINATION OF ELECTRODE INTERVALS IN ELECTRICALLY CONDUCTIVE CONCRETES PRODUCED FOR AIRPORT RUNWAYS BY FE METHOD***	**316**
Heydar DEHGHANPOUR & Kemalettin YILMAZ & Faraz AFSHARI ***EVALUATION OF CARBOXYMETHYL CELLULOSE AS FIBER DISTRIBUTOR IN ELECTRICALLY CONDUCTIVE CONCRETES CONTAINING CARBON FIBER***	**324**
Harun Yüksel GÜLYAPRAK & Rüstem GÜL ***ARTVİN YUSUFELİ PİRİNÇ KABUĞU KÜLÜNÜN BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ***	**333**
Hasan POLAT & Meral OLTULU ***POLİMER KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE LİMONİT MİNERALİNİN ATIĞININ ETKİSİ***	**344**
Erdem BAYRAK ***2007 VE 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN ERZURUM İLİ ÖZELİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ***	**355**
Erdem BAYRAK & Yusuf BAYRAK ***TÜRKİYE İÇİN EN BÜYÜK YER İVMESİ-ŞİDDET İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ***	**362**
Kübra ÇINAR DEMİR	**370**

ELEKTRODEPOZİSYON YOLUYLA BÜYÜTÜLEN WO3 İNCE FİLMLER ÜZERİNE pH'IN ETKİSİ	
Hamza Yaşar OCAK & Gencer SARIOĞLU & Reyhan BAŞER & Salih AKBUDAK ***Al-6Mg-1,1Sc ve Al-6Mg-1,9Sc ALAŞIMLARININ BAZI TERMAL ÖZELLIKLERINDE Sc KATKISININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESI***	**376**
Mehmet YILMAZ & Muhammed Murad TOP & M. Fatih ÇORAPSIZ ***CUK DÖNÜŞTÜRÜCÜNÜN TASARIMI, DİNAMİK ANALİZİ VE DENETİMİ***	**384**
Muhammed Murad TOP & Mehmet YILMAZ & M. Fatih ÇORAPSIZ ***MİKRODENETLEYİCİ TABANLI AKTİF BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI***	**395**
Bahadır ÖZKILBAÇ & Tevhit KARACALI ***FPGA İLE IEEE754 KAYAN NOKTALI SAYI FORMATINDA TÜREV ALICI TASARIMI VE GERÇEK ZAMANLI UYGULAMASI***	**407**
Hamid ZAMANLOU & Sadri SEN & Filiz KARABUDAK & Ruhi YEŞİLDAL ***BAKIR DİSKTE FARKLI YÜK VE FREKANSLARDA SONLU ELEMANLAR YÖNTEMLERİ İLE AŞINMA ANALİZİ***	**419**
Özer KESTANE & Ali Murat ATEŞ & Koray ÜLGEN ***MODEL BİR FOTOVOLTAİK-TERMAL (FV/T) TOPLAYICININ TASARIMI VE ENERJİ ANALİZİ***	**436**
Ali Murat ATEŞ & Özer KESTANE & Koray ÜLGEN ***BİR EĞİTİM BİNASININ YILLIK ENERJİ ANALİZİ***	**449**
Demet DEMİRCİ GÜLTEKİN ***YENİ PERİLEN TÜREVLERİNİN SENTEZİ***	**458**
Erdal TURGUT & Sevda SARITAŞ & Saman HABASHYANİ & Muhammet YILDIRIM &Emre GÜR ***NiO VE Zr (ZİRKONYUM) KATKILI NiO YAPISAL OPTİK VE GAZ SENSÖRÜ ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ***	**464**
Gül KOTAN & Gül ÖZDEMİR & Haydar YÜKSEK ***2-[(3-(P-KLOROBENZİL)-4,5-DİHİDRO-1H-1,2,4-TRİAZOL-5-ON-4-İL)-AZOMETİN]-BENZOİK ASİD MOLEKÜLÜNÜN SPEKTROSKOPİK (13C/1H-NMR) VE HESAPSAL İNCELENMESİ***	**472**
Gül KOTAN & Haydar YÜKSEK ***1-(MORFOLİN-4-İL-METİL)-3-(N-PROPİL)-4-(4-İZOPROPİLBENZİLİDENAMİNO)-4,5-DİHİDRO-1H-1,2,4-TRİAZOL-5-ON BİLEŞİĞİNİN SENTEZİ, DENEYSEL VE TEORİK ANALİZİ***	**484-493**

D-TAGATOZ ÜRETİMİ VE BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI
PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGICAL APPLICATIONS OF D-TAGATOSE

Arş. Gör. Elanur TUYSUZ
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
Behiye TAŞER
(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Prof. Dr. Mesut TAŞKIN
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
Prof. Dr. Ahmet ADIGÜZEL
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
Doç. Dr. Hakan ÖZKAN
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

ÖZET
Günümüzde tüketici bilincinin artmasıyla birlikte alternatif tatlandırıcılara yönelik eğilim artmaktadır. D-Tagatoz doğal bir monosakkarittir. Sükrozla yaklaşık % 90 oranında benzer tada ve görünüme sahip olan tagatoz bir fruktoz izomeridir. Yapılan çalışmalar D-tagatozun; çeşitli gıdalarda, içeceklerde ve diyet ürünlerinde düşük kalorili bir tatlandırıcı olarak, optik olarak aktif bileşiklerin sentezinde bir ara madde olarak, deterjan, kozmetik ve farmasötik formülasyonlarda bir katkı maddesi olarak kullanılabileceğini göstermiştir. D-tagatozun ayrıca tip 2 diyabet, hiperglisemi, anemi ve hemofili gibi hastalıklar üzerinde iyileştirici etkiye sahip olduğu görülmüştür [1,2,3]. D-tagatoz, 2001 yılında Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından genel kabul görmüş güvenli bir ürün (GRAS) olarak belirlenmiştir [5]. Tagatoz üretim sürecinin gelişimi 30 yıldan uzun bir süredir araştırılmaktadır. D-tagatoz, doğal olarak oluşan gıda maddelerinde çok az miktarda bulunduğu için esas olarak kimyasal ve biyolojik yollarla üretilir. Şu anda, kimyasal işlem maliyeti önemli bir sorundur. Biyolojik işlem, doğrudan mikroorganizmaların ve mikroorganizmalardan saflaştırılmış enzimlerin kullanımına dayanır. Şimdiye kadar galaktozdan araA genleri tarafından kodlanan L arabinoz izomeraz enzimi (L-AI) kullanılarak D galaktoz→D-tagatoz dönüşümünün gerçekleştirilmesi, en çok çalışılan süreçlerden olmuştur. D-tagatoz üretimi çoğunlukla, L-arabinoz enziminin sentezine bağlı parametrelerle değerlendirilmiş ve sıcaklık, pH, çalkalama hızı, inkübasyon süresi gibi faktörlerin enzim sentezine bağlı olarak D-tagatoz üretim verimini değiştirdiği gözlenmiştir. Bu parametreler her mikroorganizma için farklılık gösterir. Yapılan çalışmalar; *Arthrobacter globiformis, Gluconobacter oxydans, Enterobacter agglomerans, Klebsiella pneumoniae, Bacillus stearothermophilus, Geobacillus stearothermophilus, Geobacillus thermodenitrificans, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus sakei, Lactobacillus fermentum, Thermotoga maritima* ve *Thermotoga neapolitana* gibi bakterilerin, D-tagatozun fermentatif üretimi

için mükemmel biyokatalizörler olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Bu derlemede, tagatozun kimyasal yapısı, üretim yöntemleri ve potansiyel uygulama alanları özetlenmiştir.

Anahtar kelimeler: D-Tagatoz, tatlandırıcı, biyoteknolojik uygulama, mikrobiyal üretim

ABSTRACT

Nowadays, the tendency to alternative sweeteners has been rising up with the increasing of consumer awareness. D-Tagatose is a natural monosaccharide. It is a fructose isomer which have a similar taste and appearance with sucrose at the rate of about 90%. The studies performed have demonstrated that D-tagatose can be used as a low-calorie sweetener in various foods, beverages, dietary products, as an intermediate in the synthesis of optically active compounds and as an additive in detergent, cosmetic, pharmaceutical formulations. It has been detected that D-tagatose have a curative effect on diseases such as type 2 diabetes, hyperglycemia, anemia and hemophilia [1-3]. D-tagatose is designated as a generally accepted safe product (GRAS) by the Food and Drug Administration (FDA) in 2001 [4]. The development of the tagatose production process has been investigated for more than 30 years. D-tagatose is produced mainly by chemical and biological ways since it is found in very small amounts in naturally occurring foodstuffs. Currently, the cost of chemical process is a crucial problem. Biological processes depend on the direct use of microorganisms or the direct use of enzymes purified from microorganisms. The conversion of D galactose → D-tagatose from galactose using the L arabinose isomerase enzyme (L-AI) encoded by araA genes has been one of the most studied processes up to present. D-tagatose production was mostly evaluated by parameters depending on the synthesis of L-arabinose enzyme and it was observed that factors such as temperature, pH, agitation rate, incubation time changed the production efficiency of D-tagatose depending on enzyme synthesis. These parameters show difference for each microorganism. The studies performed have shown that bacteria such as *Arthrobacter globiformis, Gluconobacter oxydans, Enterobacter agglomerans, Klebsiella pneumoniae, Bacillus stearothermophilus, Geobacillus stearothermophilus, Geobacillus thermodenitrificans, Lactobacillus plantarum, Lactobacillus sakei, Lactobacillus fermentum, Thermotoga maritima* and *Thermotoga neapolitana* can be used as excellent biocatalysts for fermentative production of D-tagatose. In this review, chemical structure, production methods and potential applications of tagatose are summarized.

Key words: D-Tagatose, sweetener, biotechnological application, microbial production

1. GİRİŞ

Tabiatta en bol bulunan monosakkarit, altı karbonlu bir şeker olan D-glukozdur. Diğer şeker molekülleri D-glukozdan türemiştir ve canlıların yapılarında bulunan polisakkaritlerin tamamına yakını bu molekülün polimeridir. Bunun dışındaki monosakkaritler doğada nadir olarak meydana gelirler [5] ve Nadir Şekerler Uluslararası Birliği (ISRS), doğada nadir bulunan bu şekerleri "nadir şekerler" olarak sınıflandırmıştır [6]. Nadir şekerler, aynı miktardaki şekerden daha tatlı olup, daha düşük glisemik indekse sahiplerdir. Ayrıca nadir şekerler daha az enerji içerip, insanlarda çeşitli teşhis yollarına aracılık eden yeni fizyolojik işlevlere sahip olmalarıyla da dikkat çekmektedir. Gün geçtikçe tüm dünyada artan özelikle obezite ve diyabet gibi hastalıklar insanları gıda tüketimi konusunda endişelendirmekte ve daha az riskli ürünler tüketmeye yöneltmektedir [7]. Gıda endüstrisi çalışmaları da enerjisi azaltılmış şeker alkolleri üretip, bu ürünleri tatlandırıcı olarak kullanarak insanların bu talebine cevap vermeye yoğunlaşmıştır. Kalori alımının kontrolüne yardımcı olan alternatif tatlandırıcılar; günümüzde dünya çapında gıda, içecek ve ilaç endüstrilerinde gittikçe artan miktarlarda kullanılmaya başlanmıştır [7].

2. TATLANDIRICILAR

Tatlandırıcılar, özellikle yiyecek ve içecek endüstrisinde glikoz, fruktoz, sakkaroz vb. yerine kullanılan, aynı miktardaki şekerden daha tatlı olan ve daha az enerji içeren nadir şekerlerdir. Tatlandırıcılar ilk olarak kıtlık zamanlarında şeker yerine kullanılmak üzere ve gıda endüstrisinde maliyeti düşürmek için ortaya çıkmış daha sonra kullanım alanları genişlemiştir [8].Tatlandırıcılar elde edildikleri kaynaklara göre yapay tatlandırıcılar ve doğal tatlandırıcılar olmak üzere ikiye ayrılır.

2.1. YAPAY TATLANDIRICILAR

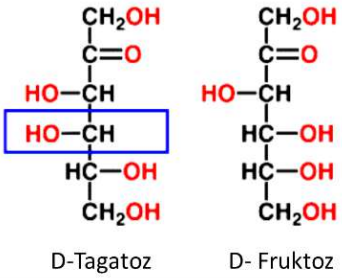
Laboratuvarlarda yapay olarak sentezlenen maddelerdir. "Besleyici olmayan", "nonnutritive" veya "düşük kalorili" tatlandırıcılar olarak da adlandırılırlar. Bu tatlandırıcılar şekersiz, şekeri azaltılmış veya düşük kalorili içecek üretiminde, tatlılar, sakızlar ve yoğurtlar gibi birçok üründe yaygın olarak kullanılmaktadır [9]. Genellikle sıfır ya da sıfıra yakın miktarda enerji (kalori) içerirler. Ancak yapılan bazı çalışmalarda yapay tatlandırıcıların mikrobiyotayı etkilediği ve mikrobiyotada oluşan değişikliğin glikoz intoleransına ve muhtemel kilo artışına yol açtığı bildirilmiştir [10,11]. Bununla birlikte, 2012'de Amerikan Kalp Derneği (AHA) ve Amerikan Diyabet Birliği (ADA), enerji dengesi, iştah, vücut ağırlığı ve kardiyometabolik risk faktörleri etkilerinin düzenlenmesinde yapay tatlandırıcıların oynadığı rolü belirlemeye yönelik hala yeterli veri bulunmadığı sonucuna varmıştır [9]. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanmış olan beş yapay tatlandırıcı bulunmaktadır. Bunlar; sakarin, aspartam, sukraloz, asesulfam K ve neotamdır [8].

2.2. DOĞAL TATLANDIRICILAR (ŞEKER ALKOLLERİ)

Genellikle bitkilerden, bitki köklerinden ya da mikrobiyal kaynaklı olarak elde edilen şeker alkolleri, poliollerin bir grubunu oluşturan ve tipik olarak şekerden türetilen organik bileşiklerdir [11]. Bu maddelerden bazıları aynı miktardaki şekerden daha az tatlı oldukları halde çok daha az enerji (kalori) içerdikleri için şeker yerine kullanılabilmektedir. Doğal tatlandırıcılar, daha ucuz maliyetle üretilebilmeleri, daha az kalori içermeleri, diş çürümelerine karşı önleyici özellikleri, toksik etki göstermemeleri, kanserojen olmamaları, kan glikoz seviyesini yükseltici etki göstermemeleri gibi bir

çok avantaja sahip olduklarından üretimlerine ve kullanımlarına olan talepte giderek artmaktadır [8,12]. Ayrıca yapay tatlandırıcıların aksine doğal tatlandırıcılar, mikrobiyotayı büyük ölçüde olumlu yönde etkilemekte ve bir prebiyotik gibi davranmaktadır [11]. Eritrol, Glisirizin, Gliserol, İzomalt, Laktitol, Mabinlin, Maltitol, Mannitol, Pentadin, Sorbitol, Stevia, Xylito ve Tagatoz bilinen doğal tatlandırıcılardandır.

Bahsedilen doğal tatlandırıcılardan biri olan D-tagatoz, 2001 yılında FDA tarafından güvenli ürün olarak kabul edilmiş ve bu tarihten sonra da besinsel ögelerde tatlandırıcı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bundan sonra Avrupa Birliği tarafından bir gıda bileşeni olarak tanıtılan ve kullanımında herhangi bir sınırlama bulunmayan D-tagatoz, oral yolla alınmasının ardından sadece %20'sinin tamamen metabolize edilmesi yönüyle de dikkat çekmiştir [4,13]. İlk etapta besinsel bir öge olarak kullanılan D-tagatozun daha sonra tip 2 diyabet gibi bir takım hastalıklarda tedavi edici ajan olarak kullanılmaya başlaması D-tagatoz üzerine olan ilgiyi daha da artırmıştır [13]. D-tagatoz, bir fruktoz C-4 epimeri ve aldoheksoz D-galaktozun bir izomeri olan doğal bir ketoheksozdur [14, 15]. Erime sıcaklığı 134 ° C'dir. Moleküler ağırlığı 180.16'dır. D-tagatoz, sükroza oldukça benzer bir görünüme ve tada sahip olan beyaz kristal bir tozdur [1].



Şekil 1.D-tagatoz ve D-fruktoz için yapısal formül.

D-tagatoz suda oldukça iyi çözünür. D-tagatoz; D-galaktoz, laktoz, sükroz ve maltoz gibi birçok mono ve disakkaridden daha düşük kalori değerine sahiptir [14,16]. Bu kalori değeri insanlar için 1.5 kcal / g'dır [1]. Bu özelliği ile düşük kalorili tatlandırıcı [6] olarak kullanımı özellikle şeker hastaları için oldukça büyük önem arz etmekte, tip II diyabet, hiperglisemi, anemi ve hemofili ile ilişkili semptomların azaltılmasında da yararlı olmaktadır [16,17]. D-tagatoz günümüzde tip 2 diyabet ve obeziteyi tedavi etmek için potansiyel bir ilaç olarak test edilmekte, prebiyotik, antioksidan ve diş dostu olabilmesi gibi özellikleriyle giderek ön plana çıkmakta [14,16,18] ve yapılan mutajenik çalışmalar neticesinde genotoksik etkisinin olmadığının tespit edilmesi [19]. D-tagatoz ile ilgili çalışmaların artarak devam etmesini sağlamaktadır. Klinik araştırmalar, tagatozun, tüketildikten sonra kalın bağırsakta ve kolondaki "iyi" bakterilerin artışını sağlayan bir prebiyotik olarak rol oynadığını göstermiştir [20]. D-tagatoz günümüzde; içecek, yoğurt, krem, gargara, diş macunu, kozmetik rujlar ve diyet şekerlerinde tatlandırıcı olarak, optik olarak aktif maddelerin sentezinde bir ara madde olarak, deterjan ve ilaç endüstrisinde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır [1,14,21]. D-tagatoz; gıda, içecek, sağlık sektöründeki uygulamalar için büyük bir potansiyel göstermesine rağmen, yüksek maliyeti nedeniyle kullanımı sınırlı kalmaktadır [22].

3. D-TAGATOZ ÜRETİMİ

3.1. KİMYASAL ÜRETİM

Subtrat olarak galaktitol ile galaktik dehidrojenaz kullanılarak tagatoz üretimi iyi bilinen kimyasal süreçlerdendir. Galaktitol iyi bir dönüşüm gösterir fakat yüksek maliyetli olması, galaktitolün tagatozun ticari üretiminde substrat olarak kullanım potansiyelini düşürmektedir [23]. D-tagatoz ayrıca D-galaktozdan, kalsiyum katalizörü kullanılarakta üretilebilmektedir . Ham madde olarak laktozun kullanıldığı bu yöntemde, laktoz ilk önce enzimatik olarak glikoz ve galaktoza ayrıştırılır. Şeker karışımı kromatografik teknikler kullanılarak parçalara ayrılır. Daha sonra galaktoz fraksiyonu, alkali koşullar altında bir kalsiyum hidroksit ve bir katalizör süspansiyonu ekleyerek tagatoza dönüştürülür. Dönüşüm asit koşullarına geçerek durdurulur. Bir saflaştırma ve kristalleştirme basamağından sonra, tagatoz saf, kristal yapılı, beyaz bir ürün olarak elde edilir [1]. D-tagatozun kimyasal sentezi ekonomik bir süreçtir, ancak yüksek sıcaklık, basınç ve genellikle kontamine son ürün veren karmaşık bir pürifikasyon süreci gerektirmesi gibi dezavantajları vardır [23,24].

3.2. ENZİMATİK ÜRETİM

D-tagatoz, D-galaktozun enzimatik izomerizasyonu ile üretilir [13].Galaktoz, laktozda en yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Laktozun hidrolizi ile D-glikoz ve D-galaktoz oluşur. Bu dönüşüm kimyasal olarak veya enzimatik olarak gerçekleştirilebilir. Daha sonra L-arabinoz izomeraz enzimi ile galaktozdan tagatoz dönüşümü gerçekleştirilir. Bazı bakteriyel L-arabinoz izomerazları (araA), D-galaktozu D-tagatoza dönüştürme yetenekleri açısından değerlendirilmiştir [23]. L-Arabinoz izomeraz (L-AI; EC 5.3.1.4), L-arabinozun L-ribuloza ve D-galaktozun D-tagatoza dönüşebilir izomerizasyonunu sağlayan en etkili biyokatalisttir [16, 25]. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda çeşitli mezofilik, termofilik ve hipertermofilik bakteriler taranmış [16,17] ve özellikle termofilik mikroorganizmaların enzim üretme potansiyellerinin endüstriyel açıdan daha uygun olduğu bildirilmiştir [16,26]. *Thermotoga maritima, Thermus* sp, *Geobacillus thermodenitrificans* ve *Geobacillus stearothermophilus* gibi bir dizi mikroorganizmada L-Al üretimi tanımlanmıştır [27,28,29]. *Geobacillus stearothermophilus*'un arabinoz izomerazı, D-galaktozun D-tagatoza dönüştürülmesi için en uygun enzim seçilmiştir [1]. Bu yabanıl suşların yanı sıra *Escherichia coli, Bacillus subtilis, Lactobacillus plantarum* gibi rekombinant mikroorganizmaların da L-AI ürettiği bildirilmiştir [22]. Bu enzim en verimli olarak ise, *E. coli*'de heterolog olarak üretilmiş ve karakterize edilmiştir. Sorbitol dehidrogenaz enzimi de galaktitolün D-tagatoza biyotransformasyonunda sorumludur ancak galaktitolün ticari tagatoz üretimi için kullanılma potansiyeli düşüktür çünkü maliyeti yüksektir [1,20]. Enzimatik dönüşüm metodu, substrat spesifikliği ve ürün saflaştırma süreci daha basit olduğu için kimyasal yönteme göre daha avantajlı olabilir ve herhangi bir yan ürün içermeden ürün üretir.

3.3. MİKROBİYAL ÜRETİM

Özellikle daha kısa sürede ve daha düşük maliyet ile yüksek verim elde edilebildiğinden son yıllarda birçok biyoteknolojik üretimde olduğu gibi doğal tatlandırıcıların üretiminde de mikroorganizmaların kullanılması artan bir şekilde devam etmektedir. Ken ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (1984) dulsitolden, ketoz üretme potansiyelleri olan mikroorganizmalar taranmış ve bu mikroorganizmalardan *Arthrobacter globiformis'in* dulsitolden, D-tagatoz üretimini en yüksek verimle gerçekleştirdiği bildirilmiştir. Başka bir çalışmada Rollini ve Manzoni (2004), Gluconobacter oxydans DSM 2343 suşunu; Muniruzzaman ve arkadaşları da (1994) *Enterobacter agglomerans* bakterilerini kullanarak mikrobiyal oksidasyon ile d-galaktitolden, tagatoz üretimini gerçekleştirmişlerdir. *Lactobacillus gayonii, Lactobacillus plantarum* gibi laktik asit bakterilerin L-arabinoz izomeraz üretebildiği bulunmuş [17] ve laktik asit bakterileri kullanılarak D-galaktozun D-tagatoza dönüşüm prosesi incelenmiştir [30]. Ayrıca yapılan başka bir çalışmada *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* ve *Salmonella typhimurium*'dan klonlanmış L-arabinoz izomerazları, D-galaktozdan D-tagatoz dönüşümünü sağlamıştır [31]. L-arabinoz izomeraz, D-tagatoz üretiminde endüstriyel olarak kullanışlı olması nedeniyle son yıllarda ilgi çekmiş ve yoğun olarak çalışılmaya başlanmıştır [1].

4. D-TAGATOZ SENTEZİ VE KÜLTÜR ŞARTLARI

Galaktozun peynir altı suyu içinde bulunan laktozdan ucuz bir substrat olarak elde edilebilmesi ve bu sürecin endüstriyel açıdan elverişli olması nedeniyle galaktozdan , araA genleri tarafından kodlanan L-arabinoz izomeraz enzimi (EC 5.3.1.4) (L-AI) kullanılarak D-galaktoz→D-tagatoz dönüşümünün gerçekleştirilmesi, en çok çalışılan süreçlerden olmuştur [22]. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda D-tagatoz üretimi çoğunlukla, L-arabinoz enziminin sentezine bağlı parametrelerle değerlendirilmiş ve sıcaklık, pH, çalkalama hızı, inkübasyon süresi gibi faktörlerin enzim sentezini dolayısıyla da D-tagatoz üretim verimini değiştirdikleri gözlenmiştir. Bu parametreler çalışılan her mikroorganizma için farklılık göstermiştir [32].

5. SONUÇ

Gıda, gıda dışı ve ilaç uygulamalarında ki geniş kullanım potansiyeli tagatozun temel özelliğidir. Araştırmacılara göre, bilim ve teknolojideki mevcut hızlı gelişme ve üreticiler arasındaki yüksek rekabetten dolayı yakın gelecekte sadece tagatoza değil, diğer nadir şekerlere olan yönelimde artacaktır.

Bazı çalışmalar; tagatozun baskın yan etkilerinin, gastrointestinal bozukluklar olduğunu, 2 haftalık belirli bir süreyi geçmeyen bu etkilerin sadece yüksek dozlarda tagatoz tüketiminden sonra gözlemlendiğini göstermektedir.

Çok yönlü klinik özellikleri, ilaç ve gıda katkı maddesi olarak kullanılabilme potansiyeline rağmen, tagatoz formülasyonunun ticari uygulanabilirliğinin gelişmesi, çeşitli teknik zorluklar nedeniyle engellenmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Mogha, K. V., Chaudhari, A. R., & Aparnathi, K. D. (2018). Tagatose: A Low Calorie Multifunctional Sweetener. *Research & Reviews: Journal of Dairy Science and Technology*, *5*(3), 29-35.

[2] Levin, G. V. (2002). Tagatose, the new GRAS sweetener and health product. *Journal of medicinal food*, *5*(1), 23-36.

[3] Khuwijitjaru, P., Milasing, N., & Adachi, S. (2018). Production of D-tagatose: A review with emphasis on subcritical fluid treatment. *Science, Engineering and Health Studies (FORMER NAME" SILPAKORN UNIVERSITY SCIENCE AND TECHNOLOGY JOURNAL")*, *12*(3), 159-167.

[4] Guerrero-Wyss, M., Durán Agüero, S., & Angarita Dávila, L. (2018). D-Tagatose is a promising sweetener to control glycaemia: A new functional food. *BioMed research international*, *2018*.

[5] Granström, T. B., Takata, G., Tokuda, M., & Izumori, K. (2004). Izumoring: a novel and complete strategy for bioproduction of rare sugars. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, *97*(2), 89-94.

[6] Beerens, K., De Winter, K., Van de Walle, D., Grootaert, C., Kamiloglu, S., Miclotte, L., ... & Desmet, T. (2017). Biocatalytic synthesis of the rare sugar kojibiose: Process scale-up and application testing. *Journal of agricultural and food chemistry*, *65*(29), 6030-6041.

[7] Grembecka, M., Lebiedzińska, A., & Szefer, P. (2014). Simultaneous separation and determination of erythritol, xylitol, sorbitol, mannitol, maltitol, fructose, glucose, sucrose and maltose in food products by high performance liquid chromatography coupled to charged aerosol detector. *Microchemical Journal*, *117*, 77-82.

[8] Belščak-Cvitanović, A., Komes, D., Dujmović, M., Karlović, S., Biškić, M., Brnčić, M., & Ježek, D. (2015). Physical, bioactive and sensory quality parameters of reduced sugar chocolates formulated with natural sweeteners as sucrose alternatives. *Food chemistry*, *167*, 61-70.

[9] Bigos, A., Palkowska, E., & Rosolowska-Huszcz, D. (2012). Effect of artificial and natural sweeteners on glucose and insulin in plasma of rats. *Journal of Pre-Clinical and Clinical Research*, *6*(2).

[10] Suez, J., Korem, T., Zeevi, D., Zilberman-Schapira, G., Thaiss, C. A., Maza, O., ... & Kuperman, Y. (2014). Artificial sweeteners induce glucose intolerance by altering the gut microbiota. *Nature*, *514*(7521), 181.

[11] Gültekin, F., Öner, M. E., Savaş, H. B., & Doğan, B. (2017). Sweeteners, Glucose Intolerance and Microbiota. *Journal of Biotechnology and Strategic Health Research*, *1*, 34-38.

[12] Priya, K., Gupta, V. R. M., & Srikanth, K. (2011). Natural sweeteners: A complete review. *J. Pharm. Res*, *4*, 2034-2039.

[13] Lu, Y., Levin, G. V., & Donner, T. W. (2008). Tagatose, a new antidiabetic and obesity control drug. *Diabetes, obesity and metabolism*, *10*(2), 109-134.

[14] Wanarska, M., & Kur, J. (2012). A method for the production of D-tagatose using a recombinant Pichia pastoris strain secreting β-D-galactosidase from Arthrobacter chlorophenolicus and a recombinant L-arabinose isomerase from Arthrobacter sp. 22c. *Microbial cell factories*, *11*(1), 113.

[15] Ibrahim, O. O., & Spradlin, J. E. (2000). *U.S. Patent No. 6,057,135*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

[16] Xu, J., Cui, W., Cheng, J. J., & Stomp, A. M. (2011). Production of high-starch duckweed and its conversion to bioethanol. *Biosystems engineering*, *110*(2), 67-72.

[17] Kim, P. (2004). Current studies on biological tagatose production using L-arabinose isomerase: a review and future perspective. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *65*(3), 243-249.

[18] Sha, F., Zheng, Y., Chen, J., Chen, K., Cao, F., Yan, M., & Ouyang, P. (2018). D-Tagatose manufacture through bio-oxidation of galactitol derived from waste xylose mother liquor. *Green chemistry*, *20*(10), 2382-2391.

[19] Brands, C. M., Alink, G. M., van Boekel, M. A., & Jongen, W. M. (2000). Mutagenicity of heated sugar–casein systems: effect of the Maillard reaction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *48*(6), 2271-2275.

[20] Jayaraman, J., & Gautam, P. (2016). Evaluation of production and kinetics parameters of rare sugar (D-tagatose) using biocatalyst Arthrobacter globiformis. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, *27*(1), 71-78.

[21] Donner, T. W., Wilber, J. F., & Ostrowski, D. (1999). D-tagatose, a novel hexose: acute effects on carbohydrate tolerance in subjects with and without type 2 diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, *1*(5), 285-291.

[22] de Sousa, M., Manzo, R., García, J., Mammarella, E., Gonçalves, L., & Pessela, B. (2017). Engineering the L-arabinose isomerase from Enterococcus Faecium for D-tagatose synthesis. *Molecules*, *22*(12), 2164.

[23] Jayamuthunagai, J., Srisowmeya, G., Chakravarthy, M., & Gautam, P. (2017). D-Tagatose production by permeabilized and immobilized Lactobacillus plantarum using whey permeate. *Bioresource technology*, *235*, 250-255.

[24] Patel, M. J., Patel, A. T., Akhani, R., Dedania, S., & Patel, D. H. (2016). Bioproduction of D-tagatose from D-galactose using phosphoglucose isomerase from Pseudomonas aeruginosa PAO1. *Applied biochemistry and biotechnology*, *179*(5), 715-727.

[25] Nguyen, T. K., Hong, M. G., Chang, P. S., Lee, B. H., & Yoo, S. H. (2018). Biochemical properties of L-arabinose isomerase from Clostridium hylemonae to produce D-tagatose as a functional sweetener. *PloS one*, *13*(4), e0196099.

[26] Kim, H. J., Kim, J. H., Oh, H. J., & Oh, D. K. (2006). Characterization of a mutated Geobacillus stearothermophilusl-arabinose isomerase that increases the production rate of d-tagatose. *Journal of applied microbiology*, *101*(1), 213-221.

[27] Kim, H. J., & Oh, D. K. (2005). Purification and characterization of an L-arabinose isomerase from an isolated strain of Geobacillus thermodenitrificans producing D-tagatose. *Journal of biotechnology*, *120*(2), 162-173.

[28] Kim, J. W., Kim, Y. W., Roh, H. J., Kim, H. Y., Cha, J. H., Park, K. H., & Park, C. S. (2003). Production of tagatose by a recombinant thermostable L-arabinose isomerase from Thermus sp. IM6501. *Biotechnology letters*, *25*(12), 963-967.

[29] Roh, H. J., Kim, P., Park, Y. C., & Choi, J. H. (2000). Bioconversion of d-galactose into d-tagatose by expression of l-arabinose isomerase. *Biotechnology and applied biochemistry*, *31*(1), 1-4.

[30] Cheetham, P. S. J., & Wootton, A. N. (1993). Bioconversion of D-galactose into D-tagatose. *Enzyme and Microbial Technology*, *15*(2), 105-108.

[31] Roh, H. J., Yoon, S. H., & Kim, P. (2000). Preparation of L-arabinose isomerase originated from Escherichia coli as a biocatalyst for D-tagatose production. *Biotechnology Letters*, *22*(3), 197-199.

[32] Wanarska, M., & Kur, J. (2012). A method for the production of D-tagatose using a recombinant Pichia pastoris strain secreting β-D-galactosidase from Arthrobacter chlorophenolicus and a recombinant L-arabinose isomerase from Arthrobacter sp. 22c. *Microbial cell factories*, *11*(1), 113.

KİTOSANIN BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI

BIOTECNOLOJICAL APPLICATIONS OF CHITOSAN

Behiye TAŞER
(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Arş. Gör. Elanur TUYSUZ
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
Prof. Dr. Mesut TAŞKIN
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
Prof. Dr. Ahmet ADIGÜZEL
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
Doç. Dr. Hakan ÖZKAN
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

ÖZET

Kitin, çok sayıda canlı organizma tarafından sentezlenen ve yapısal bir polisakkarit olarak işlev gören bir biyopolimerdir. Dünyada yıllık üretilen kitin miktarı göz önüne alındığında, kitin selülozdan sonra ikinci yenilenebilir doğal kaynak olarak kabul edilmektedir. Literatür bilgilerine göre her yıl tonlarca kabuklu deniz ürünü atıkları üretilmekte ve bu atıkların çok az bir kısmı hayvan yemi olarak kullanılırken geriye kalan büyük miktarları ise belli alanlara dökülmektedir. Kitin için kabuklu atıkları doğal moleküller olmasına rağmen, kompakt yapıları nedeniyle yavaşça bozulurlar. Bu nedenle, doğaya bırakıldığında büyük çevre kirliliğine neden olurlar. Doğada kitin; kabuklular, yumuşakçalar ve böceklerin dış iskeletinde ve mantarların hücre duvarında bulunurken kitin ekstraksiyonu için kullanılan en büyük kaynaklar yengeç ve karides kabuklarıdır.

Kitin içeren organizmalardan kitinin ekstraksiyonu, kimyasal ve biyolojik prosesler kullanılarak gerçekleştirilir. Ekstraksiyon için başlıca basamaklar deproteinizasyon ve demineralizasyondur. Kimyasal proseste, kitin kaynağı olarak kullanılacak olan örnek, deproteinizasyon işlemi için sodyum hidroksit, demineralizasyon işlemi için hidroklorik asit ile muamele edilir. Kitinin en önemli türevi olan kitosan, deasetilasyon reaksiyonu olarak adlandırılan, belli sıcaklık ve sürede, yüksek konsantrasyondaki sodyum hidroksit ile kitinin muamelesi sonucu elde edilir.

Sadece özel çözücülerle (Dimetilformamit/lityum klorür gibi) çözünebilen kitine kıyasla kitosan, kolay çözünebilme gibi özellikleri nedeniyle daha geniş uygulama alanına sahiptir. Kitosanın yapısındaki amin grupları; antibakteriyel, antifungal, antioksidan, yüksek adhezyon kabiliyeti gibi moleküler özellikler kazandırmaktadır. Ayrıca, ilaç salınım sistemlerinin hazırlanmasında da kitosan kullanılır. Öte yandan, kitosan biyouyumlu ve biyobozunurdur. Bu potansiyel özellikleri nedeniyle, kitosanın

eczane, ilaç, tarım, gıda, tekstil, kozmetik, atık su arıtımı ve biyomedikal alanlarda geniş uygulamaları vardır.

Bu kadar geniş uygulama alanına sahip bu değerli moleküllerin doğada yok olmak yerine değerlendirilmesi hem ekonomik hem de çevresel açıdan oldukça önemlidir. Bu derlemede, kabuklu atıklarından elde edilen kitin ve kitosanın uygulama alanları hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kitin, Kitosan, Biyopolimer, Biyoteknoloji

ABSTRACT

Chitin is a biopolymer that acts as a structural polysaccharide, synthesized by many living organisms. Considering yearly produced chitin amount in the world, chitin is accepted as a second renewable natural source after cellulose. According to the literature, tons of shellfish wastes are produced every year and only a small portion of these wastes is used as animal feed, while the remaining large amounts are discharged to certain areas. Although chitin-containing crustacean wastes are natural molecules, they are slowly degraded due to their compact structures. Therefore, they cause great environmental pollution when left to nature. In nature, chitin is found on the exoskeleton of crustaceans, molluscs and insects and on the cell wall of fungi, while the largest sources used for chitin extraction are crab and shrimp shells.

Extraction of chitin from chitin-containing organisms is performed using chemical and biological processes. The main steps for extraction are deproteinization and demineralization. In the chemical process, the sample to be used as the chitin source is treated with sodium hydroxide for the deproteinization process and hydrochloric acid for the demineralization process. Chitosan, the most important derivative of chitin, is obtained from chitin by treatment with a high concentration of sodium hydroxide at a certain temperature and time, named the deacetylation reaction.

Chitosan has a wider range of application due to its properties such as easy solubility compared to chitin, which can only be dissolved with special solvents (such as dimethylformamide/lithium chloride). The amine groups in the structure of chitosan give the molecular properties such as antibacterial, antifungal, antioxidant, high adhesion ability. Furthermore, chitosan is used for preparation of drug delivery systems. On the other hand, chitosan is biocompatible and biodegradable. Due to these potential properties, chitosan has wide applications in pharmacy, pharmaceutical, agriculture, food, textile, cosmetics, wastewater treatment and biomedical fields.

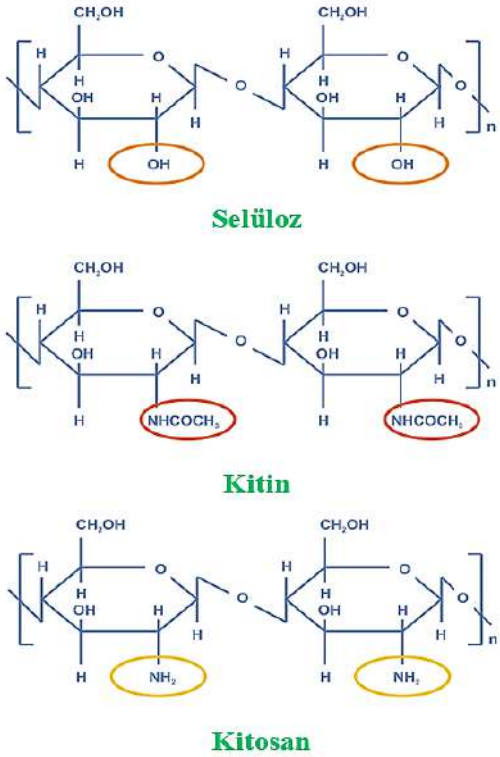
It is important in terms of both economically and environmentally to evaluate these valuable molecules, which have such wide application area rather than extinction in nature. In this review, information about applications of chitin and chitosan obtained from crustacean waste was given.

Keywords: Chitin, Chitosan, Biopolymer, Biotechnology

1. GİRİŞ

İlk kez 1811'de Henri Braconnot tarafından mantardan izole edilen kitin, doğada birçok canlının yapısında bulunur ve çok sayıda N-asetil-D-glukozamin monomerlerinin β-1-4 bağlarıyla bağlanması sonucu oluşan polimerlerdir. Kitin; omurgasızların, böceklerin, kabukluların dış iskeletinde, mantar ve mayaların ise hücre duvarında bulunan, moleküler yapısı selüloza çok benzeyen (Şekil 1) ve selülozdan sonra doğada en fazla bulunan ikinci doğal polimerdir (Shahidi *et al.* 1999; Winterowd and Sandford 1995).

Biyosferde birçok kitin kaynağı olmasına rağmen kitin eldesinde en fazla tercih edilen yengeç, ıstakoz ve karides kabuklarıdır. Yapılan araştırmalara göre, kabuklu deniz ürünlerinin tüketimi sonucu her yıl dünya çapında yaklaşık 6-8 milyon ton yengeç, karides ve ıstakoz kabuğu atıkları üretilmektedir (Silva 2014). İnsan tüketimi için sunulan bu kabuklu deniz ürünlerinin toplam kütlesinin % 40-50'si atıktır (Arbia *et al.* 2013). Bu atıkların sadece küçük bir kısmı hayvan yemi veya gübre olarak kullanılırken, büyük kısmı genellikle depolama alanlarına veya denize dökülür ve kıyı bölgelerinde potansiyel bir kirlilik sebebidir (Xuemei and Hawkins 2002). Kabuklu atıkları; yüksek oranda kitin içermenin yanı sıra protein, mineral ve pigment açısından da oldukça zengindir. Bu yüzden kitin ekstraksiyonu için kabuktaki protein, mineral ve pigment yapılarının giderilmesi gerekmektedir (Younes and Rinaudo 2015).

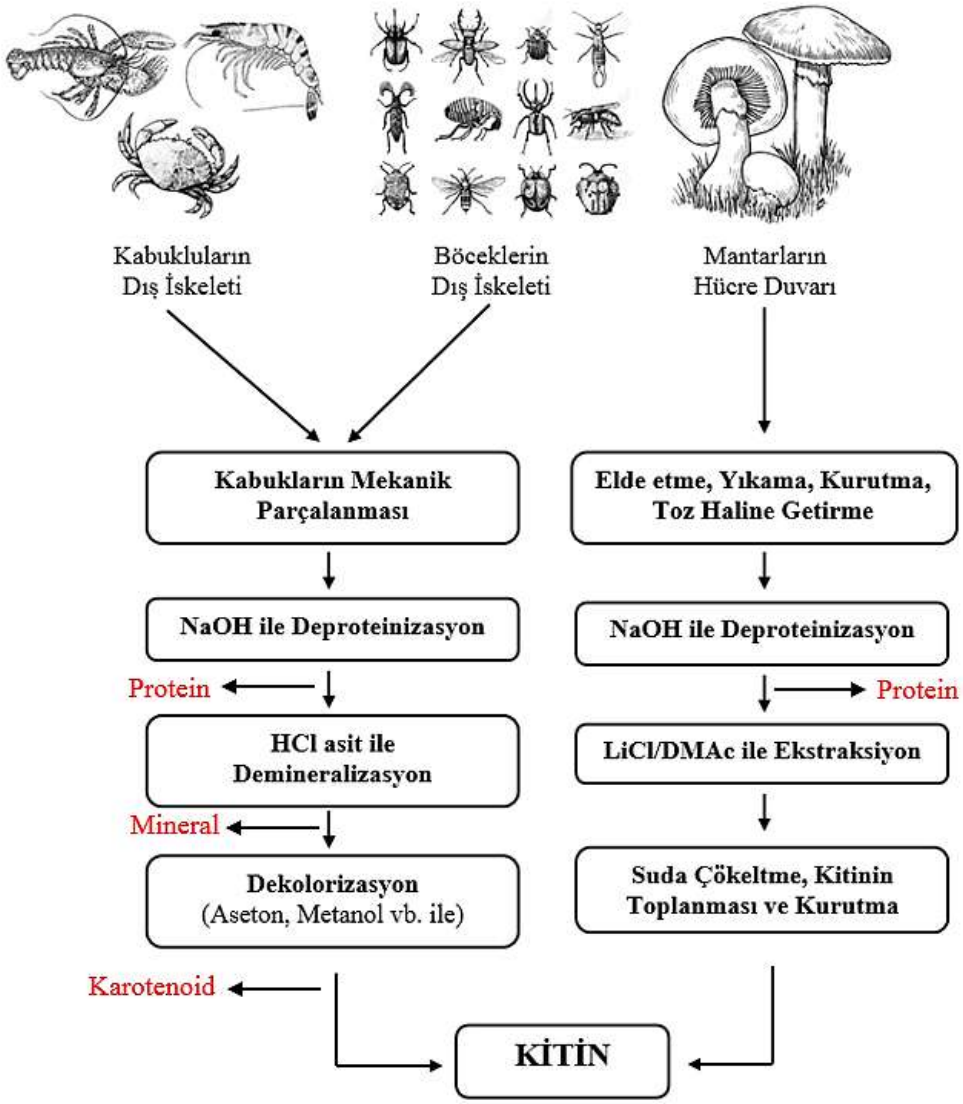


Şekil 1. Altı karbonlu şekerin 2. karbonuna bağlanan yan grupların farklılığı sonucu çeşitlenen selüloz, kitin ve kitosanın moleküler yapıları (Nawrotek *et al.* 2010)

2. KİTİN VE KİTOSAN ELDESİ

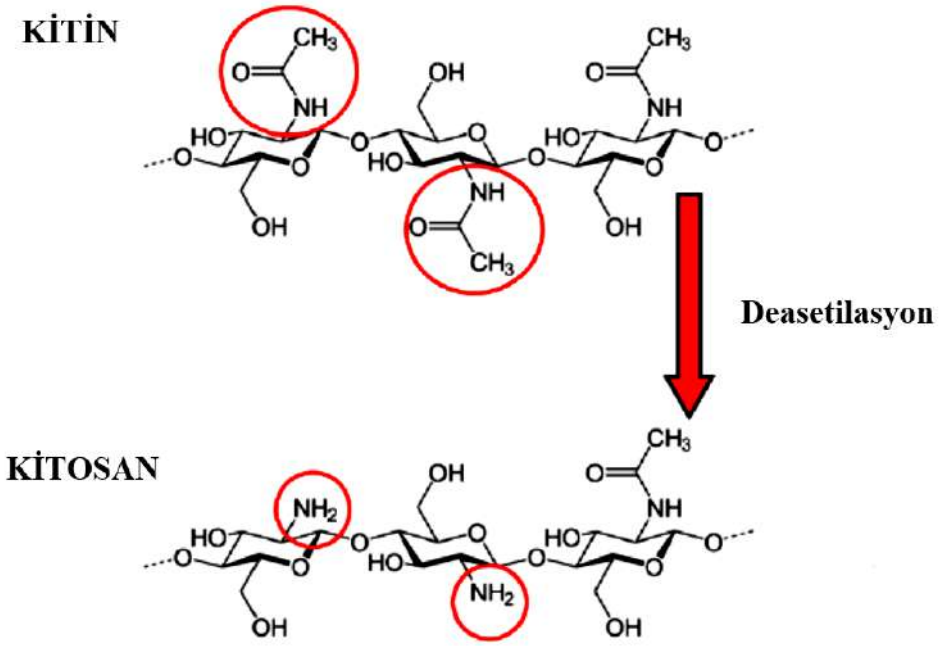
Kitin, birçok organizmadan ekstrakte edilebilir fakat en temel kaynağı kabuklulardır (Şekil 2). Kabuklulardaki sert dış iskeletin oluşumunda kitin molekülü, protein ve mineral bileşenleri ile kompleks bir yapı halini alır. Bu yüzden, kabuklulardan kitinin ekstraksiyonu için iki ana bileşen olan protein ve mineralin (özellikle kalsiyum karbonatın-$CaCO_3$) uzaklaştırılması gerekmektedir. En çok tercih edilen kimyasal ekstraksiyon, iki temel basamaktan oluşan kimyasal işlemleri içerir. Bunlar, alkali ile proteinlerin giderimi ve asidik muamele ile $CaCO_3$'ın uzaklaştırılmasıdır. Deproteinizasyon, biyopolimerden proteinin uzaklaştırılması için gerçekleştirilir ve NaOH gibi bazlar kullanılır. Demineralizasyon basamağında ise asit uygulaması ile $CaCO_3$'ın karbondioksit salınımı sonucu suda çözünür kalsiyum tuzlarına dönüşmesi gerçekleştirilir ve bu basamak için genellikle HCl kullanılır (Younes and Rinaudo 2015).

Kimyasal ekstraksiyonun bazı dezavantajları vardır. Bunlar; kullanılan kuvvetli kimyasalların kitinin depolimerizasyonuna ve kısmen deasetilasyonuna sebep olması, maliyetinin yüksek olması ve büyük miktarda aşındırıcı kimyasal atıklardan kaynaklı çevre kirliliğine sebep olmasıdır (Arbia *et al.* 2013; Francisco *et al.* 2015). Bu dezavantajlardan dolayı son zamanlarda kitin ekstraksiyonu için biyolojik yöntemler daha fazla tercih edilmektedir (Younes and Rinaudo 2015).



Şekil 2. Farklı kaynaklardan kimyasal yöntemle kitin eldesinin şematik gösterimi (Khor 2001)

Kitin; kimyasal olarak inert moleküldür ve organik çözücülerde veya suda çözünmez. Kitinin N-deasetilasyonu sonucu önemli bir türevi olan kitosan meydana gelir (Şekil 3) (Raftery *et al.* 2013). Kitine kıyasla kitosan organik çözücülerde kolaylıkla çözünebilir, bu da kitosanın uygulama alanlarını genişletmektedir (Younes and Rinaudo 2015).



Şekil 3. Kitinin deasetilasyonu ile kitosan eldesi (Pham *et al.* 2011)

Kitinin, belli sıcaklık ve sürede, yüksek konsantrasyonlu NaOH ile muamelesi sonucu yapısında bulunan asetil grupları amin gruplarına dönüşür ve böylece kitinin deasetilasyonu ile kitosan elde edilir. Deasetilasyon derecesi (DD) yani kitinin yapısında bulunan asetil gruplarının amin gruplarına dönüşme yüzdesi, 50'nin üzerine çıktığında polimer artık kitosan olarak adlandırılır (Brzeski 1987). DD, kitosanın karakteristik özelliklerini etkileyen temel faktördür (Raftery *et al.* 2013).

3. KİTİN VE KİTOSANIN ÖZELLİKLERİ

Kitin ve kitosan arasındaki en temel fark çözünürlük özelliğidir. Kitinin yapısında bulunan güçlü hidrojen bağları sebebiyle sadece Dimetilasetamit/lityum klorür veya Dimetilformamit/lityum klorür gibi özel çözücülerde çözünebilir. Kitinin çözünebilmesi için kullanılan çözücülerin çoğu toksiktir ve bu nedenle özellikle gıda uygulamalarında kullanılamaz (Winterowd and Sandford 1995). Kitosan ise glukozamin'e bağlı serbest amino gruplarından dolayı organik asitlerin (asetik asit, formik asit gibi) sulu çözeltilerinde kolaylıkla çözünmektedir (Furusaki *et al.* 1996; Kurita 1986).

Ayrıca, kitosanın C2 pozisyonundaki amino grupları ve C3-C6 pozisyonundaki hidroksil grupları sayesinde polimerin mekanik ve fiziksel özelliklerini değiştirebilmek için kimyasal modifikasyonlar gerçekleştirilebilir. Benzer şekilde, yapıdaki amino grupları sayesinde kitosan farklı biyolojik aktiviteler (antibakteriyel, antifungal vb.) sergileyebilmektedir (Kumar 2000).

Doğal kitinin molekül ağırlığı 1000 kDa'dan yüksek iken ticari olarak elde edilen kitosanın molekül ağırlığı 100-1200 kDa aralığındadır. Kitosan eldesi sırasında yüksek konsantrasyonda kullanılan kimyasallar, yüksek sıcaklık ve uzun süren uygulama zamanı gibi faktörler polimerin molekül ağırlığını etkilemektedir (Li *et al.* 1992).

4. KİTOSANIN UYGULAMA ALANLARI

Kitosan; biyouyumlu, biyobozunur, non-toksik, memeli ve mikroorganizma hücrelerine bağlanabilme, bağ dokusu üzerinde rejeneratif aktivite, osteoblast hücrelerinin oluşumunu hızlandırabilme, kanamayı durdurucu etki gösterebilme, antifungal, antibakteriyel, antioksidan, anti-kanserojen, anti-kolesterol aktiviteler gösterebilme ve bağışıklık sistemini uyarıcı etki sergileme şeklinde sıralanabilecek birçok biyolojik özelliğe sahiptir (Dutta *et al.* 2004).

Aynı zamanda sentetik polimerlere alternatif olarak endüstriyel uygulamalarda da dikkat çekmektedir (Croisier and Jerome 2013; Tan *et al.* 2009). Bu polimerler, yüksek yüzey alanı, gözeneklilik, çekme dayanımı ve iletkenlik gibi üstün fiziksel özelliklere sahiptirler. Ayrıca farklı şekil ve formlarda (filmler, lifler, süngerler, boncuklar, toz ve jel) kolayca kalıplanabilirler (Shukla *et al.* 2013). Çoğu polisakkaritin aksine, kitosanda polimer zinciri boyunca tekrarlayan pozitif yüklü amino gruplarının varlığı, molekülün iyonik veya hidrojen bağı yoluyla negatif yüklü yüzeylere bağlanmasını sağlar ve bu sayede de mükemmel adsorpsiyon özelliği kazanır (Muzzarelli 1973; Rha 1984; Shahidi 1996).

4.1. DOKU MÜHENDİSLİĞİ

Kitosan bazlı biyomalzemeler doku mühendisliği gelişmelerinde popüler bir hedef haline gelmiş ve son zamanlarda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Aynı zamanda, onarılmış dokuların doğru bir şekilde çalışabilmeleri için bazı mekanik ve yapısal özellikler de sağlarlar (Kim *et al.* 2008). Kitin ve kitosan doku mühendisliğinde, polimer doku iskelesi eldesinde başarıyla uygulanmıştır. Polimer iskelelerin tasarımında bazı temel gereksinimler vardır. Bunlar; yüksek gözeneklilik (uygun gözenek büyüklüğü dağılımı), biyobozunurluk (bozunma hızı doku oluşum hızına uymalıdır), yapısal bütünlük (iskele gözeneklerinin doku oluşumu sırasında yıkılmasını önlemek için), hücrelere karşı toksik olmama, biyouyumluluk, adezyonu arttırmak için hücrelerle etkileşime girme, hücre fonksiyonlarını (çoğalma, göç ve farklılaşma) teşvik etmek şeklinde sıralanabilir (Jayakumar *et al.* 2010).

Zhu *et al.* (2002) tarafından yapılan çalışmada kitosan, özel aktivitesi nedeniyle PLA (polilaktik asit) yüzeyini modifiye etmeye yönelik bir çalışmada kullanılmıştır. PLA yüzeyine kitosan/heparin kompleksi immobilize edilmiş ve biyoaktivitesi incelenmiştir. Kültürü yapılmış fibroblast hücreleri modifiye edilmiş PLA yüzeylerine ekilmiştir ve çalışmanın sonucunda PLA/CS/Hp (Polilaktikasit/Kitosan/Heparin) kompleksine bağlanan fibroblast sayısının maksimum olduğu, aynı zamanda kitosan ile modifiye edilmiş PLA yüzeyi, modifiye edilmemiş PLA ile karşılaştırıldığında daha fazla hücrenin tutunduğu görülmüştür. Çalışmalar gösteriyor ki, doğal polimer olan kitosandan elde edilen hibrit yüzeylerdeki hücre adezyonu başarısı sonucu, bu molekül doku mühendisliği uygulamalarında yeni bir biyomateryal olma özelliği taşımaktadır.

4.2. YARA İYİLEŞTİRME

Her hasta için yaranın çok kısa sürede iyileşmesi istenir fakat diyabet hastalarında iyileşme hızı son derece yavaştır. Kitosan ve türevleri, yara iyileştirmede biyomalzeme olarak geliştirilmesi için büyük avantaj sağlayan düşük immünojenisite, antimikrobiyal aktivite ve biyobozunur özellikler sergilemektedir (Rhoades and Roller 2000). Kitosan, birçok bazik amino gruplarını içeren

polimerlerdir ve özellikle asidik pH'da katyonik yüke sahiptir. Bu katyonik yük sayesinde, kitosanın negatif yüklü kırmızı kan hücreleriyle bağlanması kan pıhtılaşmasının hızla gerçekleşmesine olanak tanır ve son zamanlarda ABD'de bandaj ve diğer hemostatik etken olarak kullanımı yasal olarak onaylanmıştır (Dai *et al.* 2011). Ayrıca, üç boyutlu doku büyüme matrisi sağlar, makrofaj aktivitesini aktive eder ve hücre çoğalmasını uyarırlar (Jayasree *et al.* 1995). Kitosan; lökosit, makrofaj ve doku onarımını arttıran fibroblast hücrelerinin aktivitelerini destekler (Ueno *et al.* 2001). Fibroblast proliferasyonunu uyaran kitosan, ortamda yavaşça bozunarak, yara bölgesinde hyaluronik asit sentezini uyarmanın yanı sıra düzenli kollajen birikimi sağlar. Böylece, yara izi oluşumunu önleme ile birlikte iyileşme sürecini hızlandırmaktadır (Muzzarelli 1999).

4.3. YAPAY DERİ

Yangın kaynaklı yoğun cilt kaybına uğramış hastalar ciddi enfeksiyonlara ya da şiddetli sıvı kaybına maruz kalma tehlikeleri ile karşı karşıyadır. Kitosanın, glukozaminglikanlara benzer yapısal özellikleri cilt yenilenmelerini geliştirmek için iyi bir etken olabilir (Islam *et al.* 2017). Kim and Min (1988) tarafından, kitosan ve sülfonatlı kitosanın polielektrolit komplekslerinden yara kaplama malzemesi geliştirilmiştir. Yara iyileşmesi, doku enzimleriyle bozulmuş kitosan oligomerleri tarafından hızlandırılmış ve bu malzemenin yara bölgesinde deri dokusunun yenilenmesinde etkili olduğu bulunmuştur. Japonya'da bir ilaç şirketi, cerrahi yaraların veya yanıkların iyileşmesini geliştirdiği görülen kitosan-kollajen kompozitlerinden yapay deri üretmektedir (Islam *et al.* 2017).

4.4. İLAÇ SALINIM SİSTEMLERİ

İlacın klinik evrede keşfi ve geliştirilmesi oldukça zorlu ve pahalı süreçlerdir çünkü ilaçların çoğu hedef bölgeye ulaşmada yetersiz kaldıklarından dolayı uygun klinik etkinin oluşmasında başarısız olmaktadır. Uygulanan ilaçların önemli kısmı, patolojik sürece dahil olmayan doku ve organlar üzerine yayılarak ciddi yan etkilere sebep olurlar (Ramya *et al.* 2012). Bu sorunun üstesinden gelmek için oluşturulan en etkili yaklaşım, ilaçların ya da biyoaktif ajanların istenen bölgedeki salınımını gerçekleştirecek hedefe yönelik ilaç salınım sistemlerinin geliştirilmesidir (Islam *et al.* 2017).

Kitosan; ilaç endüstrisinde, tabletler, mikrokapsüller, aşılar, hidrojeller, nanopartiküller ve konjugatlar gibi farklı formlarda ilaç salınım sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kitosan ve türevleri, oral, nazal ve oküler yollarla kullanılabilmektedir. Kitosan mikrokapsülleri, oral ve nazal yolla alınan ilaçların ve aşıların kontrollü salınımı için kapsamlı şekilde araştırılmıştır (Jabbal-Gill *et al.* 2012). Mikrokapsüllere, aşılar veya özellikle doğada protein olan ilaçlar yüklendiğinde bu terapötik ajanların vücut tarafından elimine edilmesini engeller (Borchard *et al.* 1996). Kitosanın yüzey aktivitesi, hidrofobik kısımlara sahip olmamasından dolayı düşüktür (Elsabee *et al.* 2009). Yüksek moleküler ağırlıklı kitosan daha viskozdur ve aktif bileşenin salınmasını geciktirir, ilaç aktivitesinin süresini uzatır, oral tabletlerin yan etkilerini azaltmanın yanı sıra terapötik etkinliğini de artırır (Kofuji *et al.* 2005).

4.5. ATIKSULARIN ARITIMI

Kitosan, su arıtma sistemlerinde kirleticilerin adsorpsiyonu için en etkili malzemelerden biri olarak kabul edilir. Kitosandaki amino ve hidroksil gruplarının varlığı, boyalar (Vakili *et al.* 2014), metaller (Boamah *et al.* 2015) ve organik bileşikler (Tran *et al.* 2015) gibi kirleticilerle adsorpsiyon etkileşimlerine olanak tanır. Kitosan toksik ağır metalleri bağlamak için şelatlayıcı polimer gibi davranır ve metal katyonlar, nötr koşullar altında kitosanın amin grupları tarafından şelatlanabilir. Farklı modifikasyonlar (amino grubu, karboksil grubu, kükürt grubu veya alkil grubu eklenmiş; çapraz bağlı gluteraldehit ve tripolifosfat) incelenmiş ve adsorpsiyon veriminin yanı sıra mekanik ve fiziksel özellikler iyileştirilmiştir. Bu şekilde kitosanın orijinal özellikleri değişmiş ve farklı boyaların adsorpsiyonu için daha uygun hale gelmiştir. Böylece, kitosan polimerinin sahip olduğu özelliklerin iyileştirilebilmesi için gerçekleştirilen modifikasyonlarla elde edilen türevleri atık suların arıtımında etkin bir şekilde kullanılabilir (Vakili *et al.* 2014).

KAYNAKLAR

Arbia, W., Arbia, L., Adour, L. and Amrane, A., 2013. Chitin extraction from crustacean shells using biological methods–a review. Food Technology and Biotechnology, 51(1), 12-25.

Boamah, P.O., Huang, Y., Hua, M., Zhang, Q., Wu, J., Onumah, J., Sam-Amoah, L.K. and Boamah, P.O., 2015. Sorption of heavy metal ions onto carboxylate chitosan derivatives—a mini-review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 116, 113-120.

Borchard, G., Lueβen, H.L., de Boer, A.G., Verhoef, J.C., Lehr, C.-M. and Junginger, H.E., 1996. The potential of mucoadhesive polymers in enhancing intestinal peptide drug absorption. III: Effects of chitosan-glutamate and carbomer on epithelial tight junctions in vitro. Journal of controlled release, 39(2-3), 131-138.

Brzeski, M., 1987. Chitin and chitosan-putting waste to good use. Infofish International, 5(87), 31-33.

Croisier, F. and Jerome, C., 2013. Chitosan-based biomaterials for tissue engineering. European Polymer Journal, 49(4), 780-792.

Dai, T., Tanaka, M., Huang, Y.Y. and Hamblin, M.R., 2011. Chitosan preparations for wounds and burns: antimicrobial and wound-healing effects. Expert review of anti-infective therapy, 9(7), 857-879.

Dutta, P.K., Dutta, J. and Tripathi, V., 2004. Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications. J. Sci. Industrial Res., 63, 20-31.

Elsabee, M.Z., Morsi, R.E. and Al-Sabagh, A., 2009. Surface active properties of chitosan and its derivatives. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 74(1), 1-16.

Francisco, F.C., Simora, R.M.C. and Nuñal, S.N., 2015. Deproteination and demineralization of shrimp waste using lactic acid bacteria for the production of crude chitin and chitosan. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation, 8(1), 107-115.

Furusaki, E., Ueno, Y., Sakairi, N., Nishi, N. and Tokura, S., 1996. Facile preparation and inclusion ability of a chitosan derivative bearing carboxymethyl-β-cyclodextrin. Carbohydrate Polymers, 29(1), 29-34.

Islam, S., Bhuiyan, M.R. and Islam, M., 2017. Chitin and chitosan: structure, properties and applications in biomedical engineering. Journal of Polymers and the Environment, 25(3), 854-866.

Jabbal-Gill, I., Watts, P. and Smith, A., 2012. Chitosan-based delivery systems for mucosal vaccines. Expert opinion on drug delivery, 9(9), 1051-1067.

Jayakumar, R., Menon, D., Manzoor, K., Nair, S.V. and Tamura, H., 2010. Biomedical applications of chitin and chitosan based nanomaterials—A short review. Carbohydrate Polymers, 82(2), 227-232.

Jayasree, R., Rathinam, K. and Sharma, C.P., 1995. Development of artificial skin (Template) and influence of different types of sterilization procedures on wound healing pattern in rabbits and guinea pigs. Journal of biomaterials applications, 10(2), 144-162.

Khor, E., 2001. Chitin: Fulfilling a Biomaterials Promise. Department of Chemistry, National University of Singapore, Republic of Singapore. Elsevier Science Ltd., The Boulevard, Langford Lane Kidlington, Oxford OX5.

Kim, I.Y., Seo, S.J., Moon, H.S., Yoo, M.K., Park, I.Y., Kim, B.C. and Cho, C.S., 2008. Chitosan and its derivatives for tissue engineering applications. Biotechnology Advances, 26(1), 1-21.

Kim, K. and Min, D., 1988. Wound covering materials from polyelectrolyte complexes of chitosan with sulfonated chitosan. Trans Soc Biomater, 11, 558.

Kofuji, K., Qian, C.-J., Nishimura, M., Sugiyama, I., Murata, Y. and Kawashima, S., 2005. Relationship between physicochemical characteristics and functional properties of chitosan. European Polymer Journal, 41(11), 2784-2791.

Kumar, M.N.R., 2000. A review of chitin and chitosan applications. Reactive and functional polymers, 46(1), 1-27.

Kurita, K., 1986. Chemical modifications of chitin and chitosan. Eds: R. MuzzarelliC. Jeuniaux and G. W. Gooday. Chitin in nature and technology, Springer US, 287-293.

Li, Q., Dunn, E.T., Grandmaison, E.W. and Goosen, M.F.A., 1992. Applications and Properties of Chitosan. Journal of Bioactive and Compatible Polymers, 7(4), 370-397.

Muzzarelli, R.A., 1973. Natural chelating polymers; alginic acid, chitin and chitosan. Eds. International series of monographs in analytical chemistry, Pergamon Press. New York.

Muzzarelli, R.A.A., 1999. Chitin and Chitinases. Birkhäuser Basel, 340 p, Boston, Berlin.

Nawrotek, K., Zarzycki, R. and Modrzejewska, Z., 2010. How to change a shrimp into an intelligent drug carrier? Copernican Letters, 1, 18-24.

Pham, G.D., Nguyen, X.P., Vu, D.H., Nguyen, N.T., Tran, V.H., Mai, T.T.T., Nguyen, H.B., Le, Q.D., Nguyen, T.N. and Ba, T.C., 2011. Some biomedical applications of chitosan-based hybrid nanomaterials. Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology, 2(4), 045004.

Raftery, R., O'brien, F.J. and Cryan, S.-A., 2013. Chitosan for gene delivery and orthopedic tissue engineering applications. Molecules, 18(5), 5611-5647.

Ramya, R., Venkatesan, J., Kim, S.K. and Sudha, P., 2012. Biomedical applications of chitosan: an overview. Journal of Biomaterials and Tissue Engineering, 2(2), 100-111.

Rha, C., 1984. Chitosan as a biomaterial. 1. Annual MIT Sea Grant Lecture and Seminar: Biotechnology in the Marine Sciences, Cambridge, MA(USA).

Rhoades, J. and Roller, S., 2000. Antimicrobial Actions of Degraded and Native Chitosan against Spoilage Organisms in Laboratory Media and Foods. Applied and Environmental Microbiology, 66(1), 80.

Shahidi, F., 1996. Role of Chemistry and Biotechnology in Value Added Utilization of Shellfish Processing Discards. ChemInform, 27(15).

Shahidi, F., Arachchi, J.K.V. and Jeon, Y.J., 1999. Food applications of chitin and chitosans. Trends in food science & technology, 10(2), 37-51.

Shukla, S.K., Mishra, A.K., Arotiba, O.A. and Mamba, B.B., 2013. Chitosan-based nanomaterials: A state-of-the-art review. International Journal of Biological Macromolecules, 59, 46-58.

Tan, M.L., Choong, P.F. and Dass, C.R., 2009. Cancer, chitosan nanoparticles and catalytic nucleic acids. Journal of Pharmacy and Pharmacology, 61(1), 3-12.

Tran, T.H., Nguyen, T.D., Poudel, B.K., Nguyen, H.T., Kim, J.O., Yong, C.S. and Nguyen, C.N., 2015. Development and evaluation of artesunate-loaded chitosan-coated lipid nanocapsule as a potential drug delivery system against breast cancer. AAPS PharmSciTech, 16(6), 1307-1316.

Ueno, H., Mori, T. and Fujinaga, T., 2001. Topical formulations and wound healing applications of chitosan. Advanced Drug Delivery Reviews, 52(2), 105-115.

Vakili, M., Rafatullah, M., Salamatinia, B., Abdullah, A.Z., Ibrahim, M.H., Tan, K.B., Gholami, Z. and Amouzgar, P., 2014. Application of chitosan and its derivatives as adsorbents for dye removal from water and wastewater: A review. Carbohydrate Polymers, 113, 115-130.

Winterowd, J. and Sandford, P., 1995. Chitin and chitosan. Food Science and Technology, 441-441.

Xuemei, Z. and Hawkins, S., 2002. Interactions of aquaculture and waste disposal in the coastal zone. Journal of Ocean University of Qingdao, 1(1), 8-12.

Younes, I. and Rinaudo, M., 2015. Chitin and Chitosan Preparation from Marine Sources. Structure, Properties and Applications. Mar Drugs, 13(3), 1133-1174.

Zhu, A., Zhang, M., Wu, J. and Shen, J., 2002. Covalent immobilization of chitosan/heparin complex with a photosensitive hetero-bifunctional crosslinking reagent on PLA surface. Biomaterials, 23(23), 4657-4665.

MİKROBİYAL LİPAZLAR

MICROBIAL LIPASES

Behiye TAŞER
(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Arş. Gör. Elanur TUYSUZ
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
Prof. Dr. Mesut TAŞKIN
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
Prof. Dr. Ahmet ADIGÜZEL
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
Doç. Dr. Hakan ÖZKAN
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

ÖZET

Enzimler, canlı organizmalarda önemli fonksiyonlar yerine getiren biyolojik makro moleküllerdir. Günümüzde yaklaşık 4000 enzim bilinmektedir ve bu enzimlerin yaklaşık 200'ü ticari olarak kullanılmaktadır. Enzimler, yüksek katalitik aktivite gösterme ve toksik olmama gibi avantajlı özelliklere sahiptir. Bu özelliklerden dolayı, enzimler deri, gıda, tekstil, ilaç, deterjan gibi pek çok endüstriyel alanda kullanılabilir. Enzimler arasında hidrolitik enzimler olan lipazlar, hayvansal ve bitkisel kaynaklı yağların tersinir hidrolizinin yanı sıra esterifikasyon ve transesterifikasyon reaksiyonlarını katalize eder. Lipazlar; hayvanlar, bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından üretilir, ancak mikrobiyal lipazlar; stabilite, seçicilik ve geniş substrat özgüllükleri nedeniyle endüstriyel kullanımda büyük ilgi görmektedirler. Ayrıca, mikrobiyal lipazlar, hücre zarından kültür sıvısına salındıkları için (ekstraselüler özellikte) daha yüksek miktarlarda üretilir.

Mikrobiyal lipazların önemli kaynakları mantarlar ve bakterilerdir. Mikrobiyal lipazların üretimi, sıvı veya katı kültür teknikleriyle gerçekleştirilmektedir. Lipazlar da dahil olmak üzere birçok enzimin üretiminde sıvı kültür tekniği sağladığı bazı avantajlardan dolayı daha fazla tercih edilmektedir. Lipaz üretimi; sıcaklık, pH, azot, karbon, lipit kaynakları, inkübasyon süresi, inorganik kaynaklar ve çözünmüş oksijen konsantrasyonu gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal faktörlerden etkilenir. Mikrobiyal lipazların üretiminde, zeytinyağı ve kanola yağı gibi lipit bakımından zengin substratların kullanımı ile enzim üretimi indüklenebilir.

Mikrobiyal lipazlar aktivite gösterdiği pH aralığına göre nötral, alkalin ve asidik; aktivite gösterdiği sıcaklık aralığına göre de termofilik, mezofilik ve cold-aktif lipazlar olarak gruplandırılmaktadır. Mikrobiyal lipazlar, deterjan, kozmetik, ilaç ve gıda endüstrilerinde yaygın olarak kullanılır. Özellikle

termofilik mikroorganizmalardan elde edilen lipazlar, yüksek sıcaklık ve pH'da aktivite göstermeye devam ettiğinden deterjan endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu derlemede, lipaz üretimi için kullanılan mikrobiyal kaynaklar ve bu enzimlerin endüstriyel uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lipaz, Mikroorganizma, Uygulamalar

ABSTRACT

Enzymes are biological macromolecules that perform important functions in living organisms. Today, nearly 4000 enzymes are known, and about 200 of these enzymes are in commercial use. Enzymes have advantageous properties such as exhibiting high catalytic activity and non-toxicity. Because of these properties, enzymes can be used in many industrial fields such as leather, food, textile, pharmaceutical, detergent. Among the enzymes, lipases that are hydrolytic enzymes, catalyse the esterification and transesterification reactions as well as the reversible hydrolysis of animal and vegetable originated fats. Lipases are produced by animals, plants and microorganisms; however; microbial lipases have greater interest in industrial use because of their stability, selectivity and broad substrate specificity. Furthermore, microbial lipases are produced in higher amounts since they are released from the cell membrane into the culture broth (in extracellular native).

Important sources of microbial lipases are fungi and bacteria. The production of microbial lipases is performed by submerged or solid-state fermentation techniques. The liquid culture technique in the production of many enzymes, including lipases, is more preferred due to some advantages. Lipase production is affected by physical and chemical factors such as temperature, pH, nitrogen, carbon, lipid sources, incubation time, inorganic sources and dissolved oxygen concentration. In the production of microbial lipases, enzyme production can be induced by the use of lipid-rich substrates such as olive oil and canola oil.

Microbial lipases are grouped as neutral, alkaline and acidic according to their pH range, and thermophilic, mesophilic and cold-active lipases according to their temperature range. Microbial lipases are widely are used in detergent, cosmetic, drug and food industries. Especially, lipases obtained from thermophilic microorganisms are widely used in the detergent industry since they continue to show activity at high temperature and pH.

In this review, microbial sources used for lipase production and industrial applications of these enzymes were given.

Keywords: Lipase, Microorganism, Applications

1. GİRİŞ

Enzimler, canlılardaki metabolik reaksiyonları katalizleyen çoğunlukla protein yapılı biyomoleküllerdir. Doğanın katalizörü olarak adlandırılan enzimler farklı amaçlarda kullanılmak üzere birçok endüstriyel alana girmiş bulunmaktadır (Wiseman 1987; Hasan *et al.* 2006). Endüstriyel uygulama alanlarının birçok yerinde enzimler kullanılmaktadır. Ticari olarak kullanılan enzimlerin %59'unu proteazlar, %28'ini karbohidrazlar, %3'ünü lipazlar ve %10'unu ise diğer enzimler oluşturmaktadır. Bu enzimler; bitkisel, hayvansal veya mikrobiyal kaynaklardan elde edilebilir (Wiseman 1995).

Hızla ilerleyen biyoteknolojik gelişmelerle beraber değer kazanan mikrobiyal enzimler; tıp, bira ve ekmek üretimi, meyve suyu sanayisi, tekstil endüstrisi ve deterjan sanayisi gibi birçok alanda kullanım bulmaktadır (Diril 1991). Enzimler hakkındaki genel bilgiler çok eskilere dayanmasına rağmen bu enzimlerin mikrobiyal yolla üretimi yakın geçmişte önem kazanmaya başlamıştır. Mikrobiyal enzimler; bakteri ve mantarlardan uygun üretim yöntemlerinin kullanılmasıyla elde edilmektedir. Mikroorganizmaların kullanımıyla gerçekleştirilen enzim üretim prosesleri, bitki ve hayvanlardan yapılan enzim eldesine kıyasla çok daha avantajlı özelliklere sahiptir (Topal 1985). Mikrobiyal üretimin avantajlarını; üretim maliyetlerinin düşük olması, daha küçük hacimde ve daha yüksek verimde ürün elde edilebilmesi, bitki ve hayvanlarla kıyaslandığında daha hızlı üreme hızına sahip olmaları, elde edilen enzimlerin daha kararlı yapıda olmaları, ekstraksiyon yöntemlerinin daha kolay ve ucuz olması, kültür ortamındaki parametrelerin kolay manipülasyonu, mikrobiyal üreme için gerekli olan substratların kolay bulunabilirliği ve hatta evsel veya endüstriyel atıkların substrat olarak kullanılabilmesi şeklinde sıralamak mümkündür (Marul 2007; Lotrakul and Dharmsthiti 1997).

Mikrobiyal enzim eldesinde kullanılan kaynağa bağlı olarak enzim üretim kapasitesi değişiklik gösterebilir. Bu nedenle, üretilmek istenen enzimi maksimum kapasitede üreten organizma türünün seçimi iyi yapılmalıdır. Ayrıca, bir organizmanın yaşamı boyunca istenen enzimi aynı miktarda üretmediği de dikkate alınmalıdır (Aslan ve Sekin 1985).

2. LİPAZLAR

Lipazlar, enzim sınıfları içerisinde yağ asitlerini sentezleyen veya diğer bir ifadeyle yağların hidrolizini katalizleyen lipolitik enzimlerdir. Enzimlerin sınıflandırma sisteminde lipazlar için E.C.3.1.1.3 numarası verilmiştir (Şekil 2). Lipazlar, sulu ortamda katı ve sıvı yağları, gliserin ve yağ asitlerine kadar parçalar (Ellaiah *et al.* 2004). Lipaz enzimi ile gerçekleştirilecek reaksiyonlar üç temel amaç için kullanılır. Bunlar; trigliseridlerin hidrolizi ile yağ asidi üretimi, lipitlerin sentezi ve esterlerin yağ modifikasyonudur (Tweddell *et al.* 1998).

Şekil 2. Lipaz enziminin sınıflandırılması (Ellaiah et al. 2004)

3. MİKROBİYAL LİPAZLAR VE ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

Lipitler suda çözünmez, dolayısıyla mikroorganizma tarafından kullanılabilmeleri için hücre dışında daha polar parçalara ayrılması gerekmektedir. Bu nedenle, hücrelerin, hücre dışına lipaz salgılayarak lipitleri parçalaması gerekmektedir ve bu yüzden mikrobiyal lipazların çoğu hücre membranından kültür sıvısına salgılandığı için ekstraselülerdir (Suzuki *et al.* 1988; Omar *et al.* 1987a).

Mikrobiyal lipazların üretiminde bakteri ve mantarlar mikrobiyal kaynak olarak kullanılabilmektedir (Taipa *et al.* 1992). Mantarlara ait *Aspergillus, Penicillium, Rhizopus, Rhodotorula, Yarrowia* ve *Candida* gibi birçok tür lipaz üretiminde kullanılmaktadır (Sethi *et al.* 2013). Bu mantarlardan elde edilen lipazlar; gıda, kimya ve farmasötik endüstrisinde çok fazla kullanılmaktadır (Rodrigues *et al.* 2016). Yapılan çalışmalara göre, *Acinetobacter, Bacillus subtilis, Bacillus pumilus, Bacillus licheniformis, Bacillus coagulans, Bacillus stearothermophilus, Bacillus alcalophilus, Pseudomonas aeruginosa, Burkholderia multivorans, Burkholderia cepacia* ve *Staphylococcus caseolyticus* gibi bakteri türlerinin iyi lipaz üreticileri olduğu bilinmektedir (Chen *et al.* 1995; Sharon *et al.* 1998; Kok *et al.* 1995; Beer *et al.* 1998; Dharmsthiti and Kuhasuntisu 1998; Treichel *et al.* 2010).

Lipazlar da dahil olmak üzere birçok mikrobiyal enzim sıvı kültür (batık kültür veya submerged) veya katı kültür yöntemleriyle üretilmektedir (Mahadik *et al.* 2002; Rodriguez *et al.* 2006). Katı kültüre kıyasla sıvı kültürler, hızlı mikrobiyal gelişim gösterme, daha kısa sürede daha az iş gücü gerektirme gibi özelliklerden dolayı avantaj sağlamaktadır. Literatür bilgilerine göre, sıvı kültürdeki mikrobiyal lipaz üretiminde kültür ortamının fiziksel ve kimyasal parametrelerinin üretim kapasitesi üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Sıvı kültür ile yapılan çalışmalarda; pH, sıcaklık, çalkalama hızı, oksijen varlığı, azot ve karbon kaynağı, inokulum hacmi gibi faktörlerin lipaz üretimini etkilediği belirlenmiştir. Dolayısıyla, bu tarz kültür parametrelerinin değiştirilmesi ile maksimum lipaz üretim kapasitesine ulaşılabilmektedir (Lin *et al.* 2006; Rodriguez *et al.* 2006; Heravi *et al.* 2008; Dhillon *et al.* 2011). Mikrobiyal lipazların üretiminde enzim üretimini teşvik etmek amacıyla kanola yağı, soya fasulyesi yağı, susam yağı, hindistancevizi yağı, hint yağı, ayçiçeği yağı, zeytinyağı ve atık kızartma yağı substrat veya teşvik edici olarak kullanılmaktadır (Sharma *et al.* 2001; Ghosh *et al.* 1996).

Sıvı kültür tekniğindeki mikrobiyal üretim, bu organizmaların serbest veya immobilize hücreleriyle gerçekleştirilmektedir. Serbest hücrelere kıyasla immobilize hücrelerden gerçekleştirilecek üretim, hücrelerin tekrar tekrar kullanılabilmesi, hücre yoğunluğunun fazla olması dolayısıyla reaksiyonların daha hızlı ve kısa sürede gerçekleşmesi gibi avantajlara sahiptir. Bu sebepten, immobilize hücrelerin hem verimi daha fazla hem de zaman ve enerji tüketimi daha az olmaktadır. Ayrıca, immobilize hücreler pH ve sıcaklık gibi olumsuz çevresel faktörlere daha dayanıklı ve hücre yoğunluğundan dolayı kültür ortamındaki kontaminantların gelişimini de baskılamaktadır (Duarte *et al.* 2013; Aydogan *et al.* 2014).

Lipazların üretimi için daha çok termofilik ve mezofilik mikroorganizmalar tercih edilmektedir. Termofilik mikroorganizmalardan elde edilen lipazlar, yüksek sıcaklıklarda bile aktivite gösterdikleri için çoğunlukla deterjan endüstrisinde kullanılırlar (Treichel *et al.* 2010). Bunun aksine, termofilik ve mezofilik organizmalarla karşılaştırıldığında soğuğa adapte mikroorganizmalar düşük sıcaklıklarda yüksek aktivite gösteren lipaz üretmektedir ve bu canlıların ürettikleri lipazlar cold-aktif (soğukta aktif) lipolitik enzim olarak adlandırılmaktadır. Düşük sıcaklıkta aktif olanlar da dahil olmak üzere lipazlar, transesterifikasyon reaksiyonu ile bitkisel ya da hayvansal yağlardan biyodizel üretiminde kullanılmaktadır (Joseph *et al.* 2008).

4. MİKROBİYAL LİPAZLARIN ENDÜSTRİYEL VE BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI

Son yıllardaki teknolojik gelişimlere paralel olarak lipazların endüstriyel alandaki uygulamalarına olan ilgi artmakta ve lipazlar birçok sektörde kullanılmaktadır. Lipazların gerçekleştirdiği reaksiyonlar canlı sistemindeki metabolik yollara eşdeğer olduğundan endüstride kullanılan kimyasal katalizli reaksiyonlara kıyasla daha çevre dostudur. Bu sayede, özellikle deterjan endüstrisinde yağların hidrolizi için kimyasalların kullanımı azaltılarak çevreye ve canlılara olan zarar en aza indirgenmiştir. (Jaeger and Reetz 1998; Hasan *et al.* 2006). Lipazlar; deterjan endüstrisi, ilaç ve gıda sanayisi, atık su arıtımı, tekstil sanayi ve medikal alanlarında oldukça fazla kullanılmaktadır (Kirk *et al.* 2002).

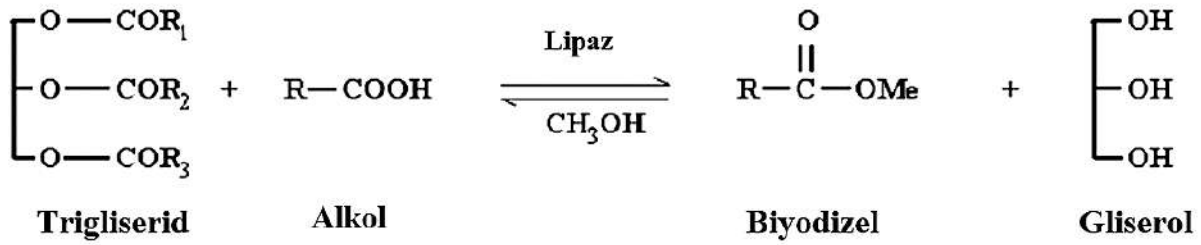
Yağların hidrolizini katalizleyen lipazlar, endüstriyel alanlarda ve evlerdeki deterjanlarda çok fazla kullanılmaktadır. Deterjanda kullanılacak olan lipazların sahip olması gereken temel özellikleri; yağ lekelerini oluşturan trigliseridlerin çeşitliliği nedeniyle substrata spesifik olması, pH 10-11, 30-60 ^{o}C sıcaklık gibi sert yıkama koşullarında enzim aktivitesinin devamlılığı, sürfaktan ve proteazlar gibi katkı maddelerinin neden olduğu parçalama reaksiyonlarından etkilenmemesi şeklinde sıralamak mümkündür (Sharma *et al.* 2002).

Endüstriyel amaçlı enzim talebinin çok büyük bir kısmını deterjan endüstrisi oluşturmaktadır. Her yıl elde edilen lipazların yaklaşık 1000 tonu 13 milyon ton deterjan üretiminde kullanılmaktadır. Dolayısıyla, deterjanlarda kullanılan enzimler, toplam lipaz satışlarının %32'sini oluşturmaktadır. Son zamanlarda, deterjanların daha düşük sıcaklıklarda kullanımı ve buna bağlı olarak enerji tüketiminin azaltılması amacıyla termofilik veya mezofilik organizmalar yerine soğuğa adapte mikroorganizmalardan elde edilen lipazlarla ilgili daha fazla araştırmalar yapılmaktadır. Bu amaçla,

yeni araştırma programları ve genetik manipülasyonlar geliştirilmektedir (Sharma *et al.* 2002; Ghosh *et al.* 1996). Lipazlar; suda çözünmeyen trigliseridlerin; mono-digliseridlere, gliserollere ve yağ asitlerine hidrolizini gerçekleştirir ve böylece, bu oluşan yan ürünler suda çözünerek ortamdan uzaklaştırılabilir (Hasan *et al.* 2006).

Lipazlar, sütteki yağların hidrolizini katalizlediği için süt ve süt ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Lipaz ilavesi ile kısa zincirli (C4 ve C6) yağ asitlerinin uzaklaştırılmasıyla keskin ve hoş tadın oluşumuna, orta zincirli (C12 ve C14) yağ asitlerinin uzaklaştırılmasıyla da sabunumsu bir tadın oluşumuna yol açmaktadır (Seren 2013).

Gelişmiş ülkelerde biyoyakıtlara olan ilgi giderek artmaktadır. Bitkisel yağlardan elde edilen biyodizel, dizel yakıta alternatif olarak kullanılabilen yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Bitkisel yağların viskozitesi dizel yakıta kıyasla daha fazla olduğundan biyodizel üretiminde asıl hedef bu viskozitenin düşürülmesidir (Demirbaş 2005). Viskozitenin düşürülmesi için kullanılan yöntemlerden en fazla tercih edileni transesterifikasyon işlemidir. Alkoliz olarak da adlandırılan transesterifikasyon reaksiyonu, bir katı veya sıvı yağ ile bir alkolün yağ asidi esterleri (Biyodizel) ve gliserol oluşturacak şekilde reaksiyona girmesidir (Şekil 3). Bu reaksiyon lipaz enzimleri ile gerçekleştirilebilmektedir (Fukuda *et al.* 2001; Pizarro and Park 2003).



Şekil 3. Lipaz aktivite ile biyodizel üretimi (Singh and Mukhopodyay 2012)

KAYNAKLAR

Aslan, A. ve Sekin, Y. 1985. Besin Endüstrisinde Kullanılan Mikrobial Kaynaklı Enzimler. Gıda, (10)2, 377-388.

Aydogan, M.N., Taskin, M., Canli, O., Arslan, N.P. and Ortucu, S., 2014. Tris–sucrose buffer system: a new specially designed medium for extracellular invertase production by immobilized cells of isolated yeast *Cryptococcus laurentii* MT-61. Folia Microbiologica, 59, 9-16.

Beer, H.D., McCarthy, J.E., Bornscheuer, U.T. and Schmid, R.D., 1998. Cloning, expression, characterization and role of the leader sequence of a lipase from *Rhizopus oryzae*. Biochimica et Biophysica Acta, 1399:173–80.

Chen, H.P., Hsiao, K.F., Wu, S.H. and Wang, K.T., 1995. Regioselectivity enhancement by partial purification of lipase from *Aspergillus niger*. Biotechnology Letters, 17:305–8.

Demirbaş, A., 2005. Biodiesel production from vegetable oils v,a catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods, Progress in Energy and Combustion Science, 31, 466-487.

Dharmsthiti, S. and Kuhasuntisuk, B., 1998. Lipase from *Pseudomonas aeruginosa* LP602: Biochemical Properties Application for Wastewater Treatment. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 21: 75-80.

Dhillon, G.S., Brar, S.K., Verma, M. and Tyagi, R.D., 2011. Recent advances in citric acid bio production and recovery. Food and Bioprocess Technology, 4, 505–529.

Diril, N. ve Atalay, A., 1991. *Bacillus subtilis* alfa-amilaz enzimi üzerine bazı mutajenlerin etkileri, KÜKEM Dergisi, 14, 51-57.

Duarte, J.C., Rodrigues, J.A.R., Moran, P.J.S., Valença, G.P. and Nunhez, J.R., 2013. Effect of immobilized cells in calcium alginate beads in alcoholic fermentation. AMB Express, 3, 31.

Ellaiah, P., Prabhakar, T., Ramakrishna, B., Taleb, A. T. and Adinarayana, K., 2004. Production of lipase by immobilized cells of Aspergillus niger. Process Biochemistry, 39(5), 525-528.

Fukuda, H., Kondo, A. and Noda, H., 2001. Biodiesel Fuel Production by Transesterification of Oils. J. Biosci. Bioeng. 92:5. 405-416.

Ghosh, P.K., Saxena, R.K., Gupta, R., Yadav, R.P. ve Davidson, S. 1996. Microbial lipases: production and applications. Science progress 79 (2): 119–157.

Hasan, F., Shah, A.A. and Hameed, A. 2006. Industrial applications of microbial lipases. Enzyme and Microbial Technology, 39: 235-251.

Heravi, K.M., Eftekhar F., Yakchhali B. and Tabandeh F., 2008. Isolation and Identification of a Lipase Producing Bacillus sp. from soil. Pakistan Journal of Biologycal Sciences, 11(5), 740-745.

Jaeger, K.E. and Reetz, M.T. 1998. Microbial lipases form versatile tools for biotechnology. Trends in biotechnology, 16(9), 396-403.

Joseph, B., Ramteke, P.W. and Thomas, G., 2008. Cold active microbial lipases: Some hot issues and recent developments. Biotechnology Advances, 26, 457–470.

Kirk, O., Borchert, T.V. and Fuglsang, C.C. 2002. Industrial enzyme application. Current opinion in biotechnology, 13(4), 345-351.

Kok R.G., Thor J.J.V., Roodzant I.M.N., Brouwer M.B.W., Egmond M.R. and Nudel C.B., Vosman B. and Hellingwer K.J., 1995. Characterization of the extracellular lipase lipA of *Acinetobacter colcoaceticus* BD413 and sequence analysis of the cloned structural gene. Molecular Microbiology, 15:803–18.

Lin, E.S., Wang, C.C. and Sung, S.C., 2006. Cultivating conditions influence lipase production by the edible Basidiomycete Antrodia cinnamomea in submerged culture. Enzyme and Microbial Technology, 39, 98–102.

Lotrakul, P. and Dharmsthiti, S., 1997. Lipase production by *Aeromonas sobria* LP004 in a medium containing whey and soybean meal. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 13: 163-166.

Mahadik, ND., Puntambekar, US., Bastawde, KB., Khire, JM. and Gokhale, DV., 2002. Production of acidic lipase by *Aspergillus niger* in solid-state fermentation. Process Biochem., 38, 715-21.

Marul, B. 2007. Fabrika atıklarından izole edilen *Bacillus* sp.'den aktif ve kararlı lipaz üretim koşullarının ve üretilen enzimin deterjan endüstrisinde kullanımının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi/Biyoteknoloji Enstitüsü, Ankara.

Omar, I.C., Nishio, N. and Nagai, S., 1987a. Production of a thermostable lipase by *Hurnico lanuginosa* grown on sorbitol-corn steep liquor medium. Agric. Biol. Chem. 51, 2145-2151.

Pizarro, A. V. L. and Park, E. Y., 2003. Lipase-catalyzed production of biodiesel fuel from vegetable oils contained in waste activated bleaching earth. Process Biochemistry, 38(7), 1077-1082.

Rodrigues, C., Cassini, S.T.A., Antunes, P.W.P., Pinotti, L.M., Keller, R.P. and Gonçalves, R.F., 2016. Lipase-producing fungi for potential wastewater treatment and bioenergy production. African Journal of Biotechnology, 15(18), 759-767.

Rodriguez, J. A., Mateos J. C., Nungaray J., González V., Bhagnagar T., Roussos S., Cordova J. and Baratti, J., 2006. Improving lipase production by nutrient source modification using *Rhizopus homothallicus* cultured in solid state fermentation. Process Biochemistry, 41(11), 2264-2269.

Seren Ş., 2013, *Acinetobacter psychrotolerans* suşlarından izole edilen lipazın karakterizasyonları, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Sethi, B.K., Rout, J.R., Das, R., Nanda, P.K. and Sahoo, S.L., 2013. Lipase production by *Aspergillus terreus* using mustard seed oil cake as a carbon source. Annals of Microbiology, 63(1), 241-252.

Sharma, R., Chisti, Y. and Banerjee, U. C., 2001. Production, Purification Characterization, and Applications of Lipases. Biotechnology Advances, 19: 627-662.

Sharma, R., Soni, S. K., Vohra, R. M., Gupta, L. K. and Gupta, J. K., 2002. Purification and characterisation of a thermostable alkaline lipase from a new thermophilic *Bacillus* sp. RSJ-1. Process Biochemistry, 37(10), 1075-1084.

Sharon, C., Furugoh S., Yamakido T., Ogawa H. and Kato Y., 1998. Purification and characterization of a lipase from *Pseudomonas aeruginosa* KKA-5 and its role in castor oil hydrolysis. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 20:304–7.

Singh, A. K. and Mukhopadhyay, M., 2012. Overview of fungal lipase: a review. Applied biochemistry and biotechnology, 166(2), 486-520.

Suzuki, T., Mushiga, Y., Yamane, T. and Shimizu, S., 1988. Mass production of lipase by fed-batch culture of Pseudomonas fluorescens. Applied microbiology and biotechnology, 27(5-6), 417-422.

Taipa, M., Aires-Barros, M. and Cabral, J., 1992. Purification of lipases. Journal of biotechnology, 26(2-3), 111-142.

Topal S., 1985. Enzimler, mikrobiyolojik olarak enzim üretimi ve bu teknolojide renninin yeri, Gıda, 10, 25-37.

Treichel, H., Oliveira, D.D., Mazutti, M.A., Luccio, M.D. and Oliveira, J.V., 2010. A review on microbial lipases production. Food Bioprocess Tech., 31, 82–196.

Tweddell, R. J., Kermasha, S., Combes, D. and Marty, A., 1998. Esterification and interesterification activities of lipases from *Rhizopus niveus* and *Mucor miehei* in three different types of organic media: a comparative study. Enzyme and microbial technology, 22(6), 439-445.

Wiseman, A. 1995. Introduction to principles. In: Wiseman A, editor. Handbook of enzyme biotechnology, Padstow, 3-8, Cornwall, UK.

Wiseman, A., 1987. Handbook of Enzymes Biotechnolog Second Edition. Chapter 3. The Application of Enzymes in Industry p. 274- 373.

ANTİBİYOTİK DİRENCİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

ANTIBIOTIC RESISTANCE AND ITS ENVIRONMENTAL EFFECTS

Meryem DOYMUŞ
(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Tuğba ORAK
(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Prof. Dr. Mesut TAŞKIN
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

ÖZET

Mikroorganizmalar tarafından üretilen ve Alexander Fleming tarafından keşfedilen antibiyotikler diğer mikroorganizmaları öldüren veya onların gelişimini inhibe eden ilaçlar olarak kabul edilmektedir. Antibiyotikler mikroorganizmalar üzerinde bakterisidal ve bakteriyostatik etki göstermektedir. Bakteriyostatik etkiye sahip antibiyotikler protein sentezini, Deoksiribonükleik asit (DNA) veya Ribonükleik asit (RNA) moleküllerinin sentezini inhibe eder. Bakterisidal etki gösteren antibiyotikler bakteri hücre duvarı biyosentezini bloke eder.

Antibiyotikler, balık ve hayvan yetiştiriciliğinin yanı sıra tıp ve veterinerlikte hastalıkların önlenmesi ve tedavisi için kullanılmaktadır. Ayrıca antibiyotikler, gıda endüstrisinde gıdaların korunmasında; akuakültür, arıcılık ve hayvancılıkta ise büyüme destekleyicileri olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, antibiyotiklerin aşırı veya yanlış kullanımının, doğada antibiyotik dirençli bakterilerin (ADB) ve antibiyotik direnç genlerinin (ADG) ortaya çıkmasına ve yayılmasına neden olduğu kanıtlanmıştır. Örneğin, *Staphylococcus aureus* ve *Escherichia coli* gibi birçok patojenik bakterinin sülfonamid, tetrasiklin, sefalosporin ve metisiline karşı direnç kazandığı rapor edilmiştir. Öte yandan, antibiyotik direnç genlerinin kullanılan antibiyotiklere göre farklılık gösterebileceği belgelenmiştir. Örneğin, bakterilerdeki *sul I, sul II* ve *sul III* genlerinin sülfonamid direncinden sorumlu olduğu rapor edilmiştir. Daha önce tedavi edilebilen enfeksiyonlar geleneksel antibiyotiklere dirençli hale geldiğinden, bu enfeksiyonlar insan sağlığı için risk oluşturur. Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen en büyük tehditlerden biri olan antimikrobiyal dirence karşı hiçbir şey yapılmadığı takdirde, 2050 yılına kadar yaklaşık 10 milyon insanın antibiyotik direnci sonucu öleceği tahmin edilmektedir.

Antibiyotiklerin insanlarda veya hayvanlarda tamamen metabolize edilememesi nedeniyle, uygulanan antibiyotiklerin %50-90'ı ana ve metabolit formlarının bir karışımı olarak idrar ve dışkı yoluyla çevreye atılmaktadır. Ev, hastane ve hayvan çiftliklerinden salınan antibiyotikler sulama suyu, nehirler ve tarımsal topraklara karışmaktadır. Bu ortamlarda antibiyotik birikimi, antibiyotik direnç genlerinin ve antibiyotik dirençli bakterilerin oluşumunu arttırmaktadır. Antibiyotiklerin ve antibiyotik direnç genlerinin potansiyel tehdidi nedeniyle, bunların su ve toprak ortamlarında yaygınlığını

değerlendirmek için birçok çalışma yapılmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalara göre, antibiyotik direnç genlerinin sadece antibiyotik kullanımı ile değil bunların dışında tarım ilaçları, antidepresanlar, ve kemoterapi ilaçları gibi çeşitli kimyasallarla yayılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Bu derlemede, antibiyotikler hakkında kısa bilgiler verilerek, mikrobiyal direncin oluşum mekanizmaları ve çevresel etkileri ile ilgili konulara değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Antibiyotik, Antibiyotik Direnç Genleri, Bakteri

ABSTRACT

Antibiotics produced by microorganisms and discovered by Alexander Fleming are considered drugs that kill other microorganisms or inhibit their growth. Antibiotics show bactericidal and bacteriostatic effect on microorganisms. Antibiotics with bacteriostatic effect inhibite protein synthesis, Deoxyribonucleic acid (DNA) or Ribonucleic acid (RNA) molecules, whereas antibiotics showing the bactericidal effect block the cell wall biosynthesis of the bacteria.

Antibiotics are widely used for the prevention and treatment of diseases in human and veterinary medicine as well as in animal and fish farming. They are also used as food preservatives in the food industry, as growth promoters in aquaculture, apiculture and animal husbandry. However, it has been proven that overuse or misuse of antibiotics leads the emergence and spread of antibiotic resistance bacteria (ARB) and antibiotic resistance genes (ARGs) in nature. For example, many pathogenic bacteria such as *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* have been reported to acquire resistance against to sulfonamid, tetracycline cephalosporin and methicillin. On the other hand, it has been documented that ARGs may show difference according to the antibiotics used. For instance, *sul I*, *sul II* and *sul III* genes in bacteria are reported to be responsible for sulfonamid resistance. Since previously infections curable become resistant to conventional antibiotics, these infections pose a risk to human health. It is estimated that as many as 10 million people will die as a result of antibiotic resistance by 2050 if nothing is done today against antimicrobial resistance, one of the biggest threats to global health identified by the World Health Organization.

Due to the fact that antibiotics cannot be completely metabolized in humans or animals, 50-90% of the administrated antibiotics was excreted to environment via urine and feces as a mixture of parent and metabolite forms. Antibiotics discharged from home, hospital and animal husbandry farms are mixed with irrigation water, rivers and agricultural soils. When antibiotics accumulate in these environments, they increase the occurrence of ARB and ARGs. Due to the potential threat of antibiotics and ARGs, many studies have been performed to assess their prevalence in water and soil environments. According to the recent studies, it has been concluded that antibiotic resistance genes can be spread not only by antibiotic use but also by various chemicals such as pesticides, antidepressants, and chemotherapy drugs.

In this review, brief information about antibiotics was given and the mechanisms of microbial resistance and environmental effects were discussed.

Key words: Antibiotics, Antibiotic Resistance Genes, Bacteria

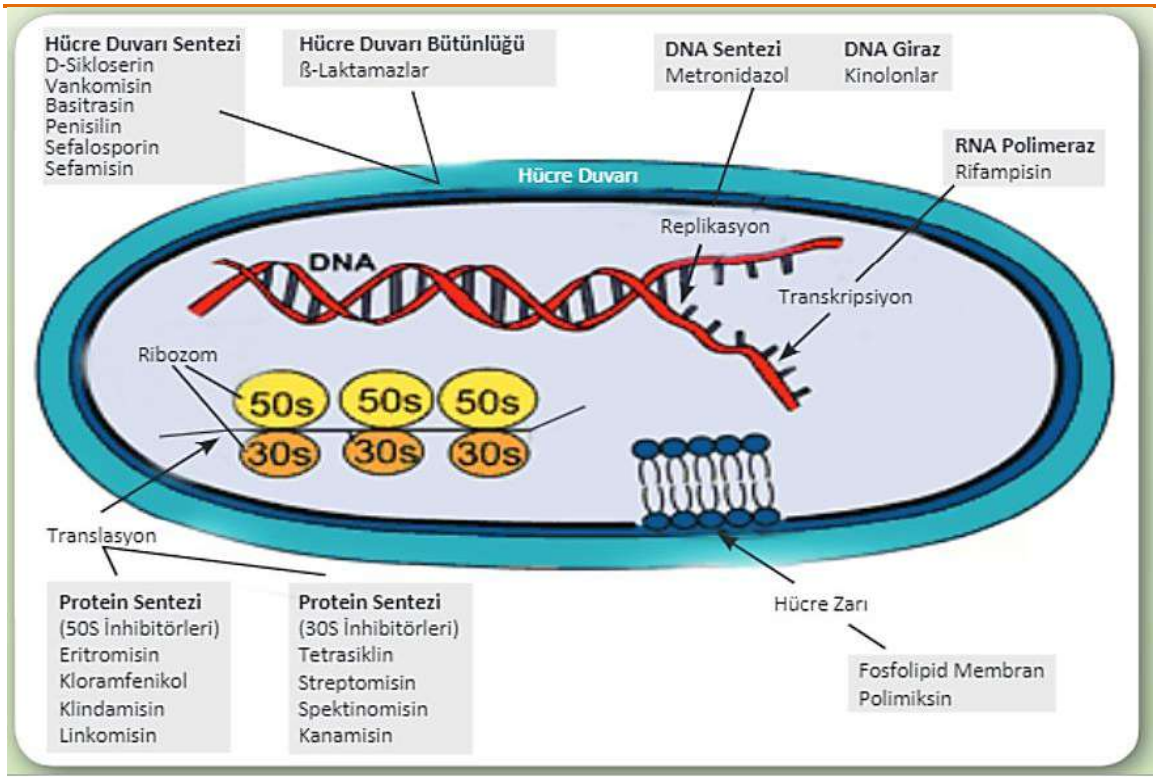
1. GİRİŞ

Antibiyotik, mikroorganizmaların büyümesini engelleyen veya onları öldüren, mikroorganizmalarda doğal olarak bulunan veya yapay olarak üretilen ilaçlardır (Kümmerer 2009; Petchiappan and Chatterji 2017). 'Anti'(karşı) ve 'biotikus'(hayat) kelimelerinden oluşan antibiyotik terimi 'hayata karşı' anlamına gelmektedir (Petchiappan and Chatterji 2017).

1928 yılında, Alexander Fleming, *Staphylococcus aureus* ekimi yapılmış bir petri plağı içerisinde, kontaminasyon sonucu gelişmiş bir küf kolonisinin etrafındaki geniş bir zonda bakterilerin gelişmediğini görmüştür. Fleming, bakterilerin gelişmesine, küf kolonisinden ortama yayılan bir maddenin engel olduğunu düşünmüş ve gelişen küfün *Penicillium* cinsine ait bir tür (*Penicillium notatum*) olmasından dolayı bu maddeye penisilin adını vermiştir. Bu buluş Fleming'e 1945 yılında Nobel Ödülü'nü kazandırmıştır (Bennett and Chung 2001).

Antimikrobiyal ajanlar etkiledikleri mikroorganizma grubuna göre dar veya geniş spektrumlu olabilirler. Geniş spektrumlu antibiyotikler; çok sayıda farklı mikroorganizma grubuna etki ederken, dar spektrumlu antibiyotikler; sadece belli grup mikroorganizmaları etkiler. Antibiyotikler, bakteriler üzerinde bakterisidal veya bakteriyostatik etki göstermektedir. Bakterisidaller bakteri hücrelerini direkt yok ederken, bakteriyostatikler bakteri hücrelerinin üremesini ve gelişimini inhibe etmektedir (Hasenekoğlu ve Yeşilyurt, 2001).

Antibiyotikler, bir bakteri hücresinin sentezini, proteinlerin sentezini, deoksiribonükleik asit (DNA), ribonükleik asit (RNA) veya diğer metabolik yolakları inhibe ederek etki göstermektedir (Zaman *et al.* 2017). Sefalosporinler, karbapenemler ve penisilinleri içeren β-laktamlar hücre duvarı sentezini inhibe ederken, aminoglikozitler, tetrasiklinler, kloramfenikoller, makrolidler, oksazolidinonlar ve streptograminler protein sentezini inhibe eden antibiyotiklerdir (Petchiappan and Chatterji 2017). Polyenler ve polimiksinler ise hücre zarını bozan antibiyotiklerdir (Hasenekoğlu ve Yeşilyurt, 2001). Bunun yanı sıra, rifampin, nalidiksik asit, flusitozin, metronidazol antibiyotiklerinin nükleik asit sentezini inhibe ettiği bilinmektedir (Yoshida *et al.* 1993).



Şekil 1. Antibiyotiklerin etki mekanizması (Yarsan, 2012)

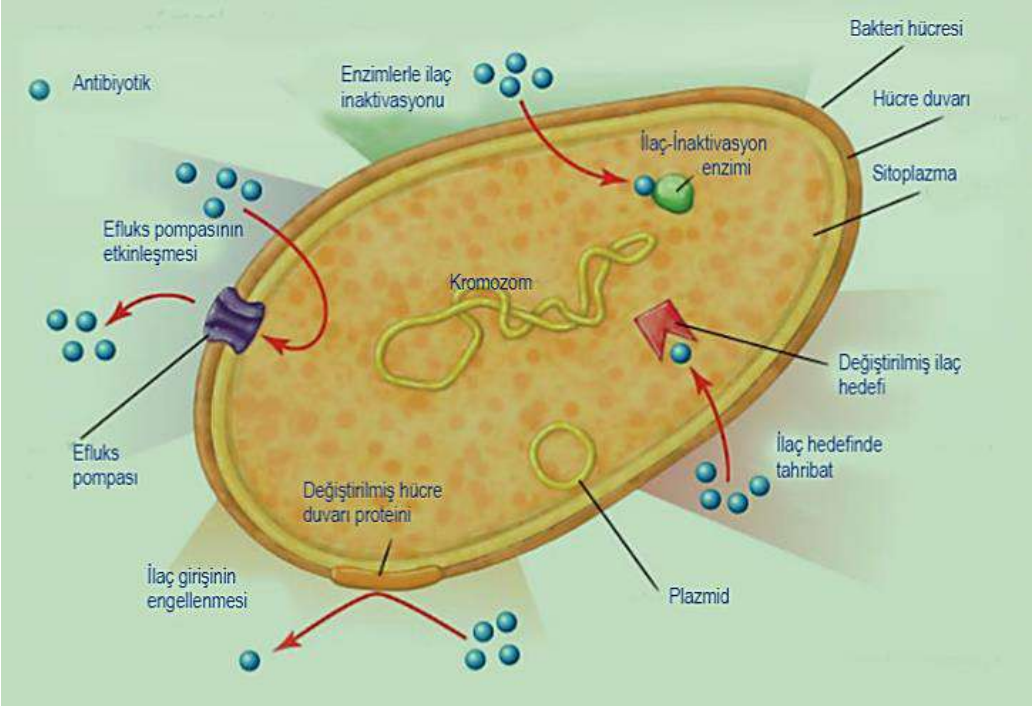
Antibiyotikler, balık ve hayvan yetiştiriciliğinin yanı sıra tıp ve veterinerlikte hastalıkların önlenmesi ve tedavisi için kullanılmaktadır. Ayrıca antibiyotikler, gıda endüstrisinde gıdaların korunmasında; akuakültür, arıcılık ve hayvancılıkta ise büyüme destekleyicileri olarak kullanılmaktadır (Nisha 2008). Bununla birlikte, antibiyotiklerin sık ve kontrolsüz kullanımları sonucu bakteriler, bu ilaçların öldürücü veya inhibe edici özelliklerine karşı direnç kazanabilmektedir. Bu direnç mekanizması sayesinde bakteriler hayatta kalma ve çoğalma özellikleri gösterebilmektedir. Bu durumun, doğada antibiyotik dirençli bakteri ve antibiyotik direnç genlerinin yayılmasına neden olduğu yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır.

Antibiyotik direnci, antibiyotiğin öldürücü veya inhibe edici etkisini engelleyen bir mekanizmadır (Harrison and Lederberg 1998). Mikroorganizmaların sahip oldukları direnç mekanizması doğal ve kazanılmış direnç olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir (MacGowan and Macnaughton 2017). Doğal direnç, bakterinin doğasına bağlı olarak gelişmektedir ve yatay olarak transfer edilmemekle beraber patojen olmayan bakterilerde herhangi bir risk teşkil etmemektedir. Doğal dirence sahip olan bakteriler, antibiyotiğin hedef bölgesini içermeyebilir ya da antibiyotiklerin yapısı gereği bunlara karşı düşük seviyede geçirgenlik gösterebilir. Örneğin; funguslar, protozoa ve virüsler penisiline karşı doğal olarak dirençlidir. Çünkü penisilin hücre duvarı yapısında bulunan peptidoglikanın sentezini önleyerek etkili olan bir antibiyotiktir ve bu organizmalarda peptidoglikan olmadığından ilacın etki edeceği bir hedef bulunmamaktadır. Kazanılmış direnç, antibiyotiklere duyarlı bakterilerin bakteri genomundaki mutasyonlardan veya bir direnç mekanizmasını kodlayan ilave genlerin edinilmesi gibi çeşitli yollarla

antibiyotiklerden etkilenmeyecek duruma gelmeleri olarak tanımlanmaktadır. Kazanılmış direnç çeşitli mekanizmalarla gerçekleşebilir ve bu mekanizmalar;

- Antibiyotiğin hedefini yok etmek veya değiştirmek,
- Hücreye antibiyotik alınmasını engellemek,
- Kendisine karşı kullanılan antibiyotiği parçalamak,
- Biyosentez yollarını değiştirmek veya atlamak,
- Çapraz direnç geliştirmek

şeklinde etki göstermektedir (Mathur and Singh 2005).



Şekil 2. Direnç mekanizmaları (Yarsan, 2012)

Antibiyotik inaktivasyonu gerçekleştirilerek kazanılan direnç mekanizmasında çeşitli enzimler rol oynamaktadır. Örneğin β- laktamaz enzimi penisilin ve sefalosporin gibi antibiyotiklerin beta laktam halkalarını bozarak etki gösterirken; transferaz enzimleri asetil ve fosforil gruplarını antibiyotiğin yapısına ekleyerek etkilerini göstermektedir. Ayrıca, bakterilerde antibiyotik hedef bölgesinde gerçekleşen modifikasyonlar sonucunda antibiyotiğin hedefine uygun şekilde bağlanamaması şeklinde de direnç kazanılmaktadır. Dış zarın geçirgenliğinde meydana gelen değişimler sonucu gelişen direnç antibiyotik molekülünün hücre içine girişinin sınırlandırılması ile gelişmektedir (Çiftçi ve Aksoy, 2015). Bakterilerin geliştirdiği mekanizmalardan bir diğeri ise biyofilm oluşumudur. Biyofilmdeki kimyasal ortamın değişmesi ve biyofilmdeki bakterilerin yavaş üreme fazına girmeleri antibiyotik direncine neden olan mekanizmalardır (Mah and Toole, 2001).

Antibiyotik direnç genleri, bakteriler arasındaki antibiyotik direncinin yayılmasında etkilidir. Yapılan çalışmalarla, bu dirençten sorumlu olan genlerin antibiyotiklere göre farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Örneğin, bakterilerdeki *sul I, sul II* ve *sul III* genlerinin sülfonamid direncinden sorumlu olduğu, *tetA*,

tetM, tetW, tetZ gibi genlerin tetrasiklin direncinden (Pan and Chu, 2018) ve *qnrS, qnrD* genlerinin ise kinolon direncinden sorumlu olduğu belirtilmiştir (Rutgersson *et al.* 2014).

Antimikrobiyal direnç genleri, plazmitler ve transpozonlarla taşınabilmektedir. Transpozonlar, direncin taşınmasında rol oynayan hareketli DNA parçacıklarıdır ve plazmitten plazmite, plazmitten kromozoma kolayca hareket edebildiklerinden direncin hızla yayılmasına yol açarlar. Plazmitler; çoğu bakteri türünde doğal olarak bulunan, bağımsız replike olan, bakterinin kendi kromozomu dışındaki çift zincirli halkasal DNA molekülüdür. Dirençliliği sağlayan genleri taşıyan plazmitlere direnç plazmitleri (R plazmitleri) denilmektedir (Madigan *et al.* 2016). Plazmit kaynaklı direnç; transformasyon, transdüksiyon ve konjugasyonla transfer edilebilmektedir (MacGowan and Macnaughton 2017).

Konjugasyon; bir bakteriden diğerine plazmit transferi olarak tanımlanmaktadır. Direnç geni transferinde, konjugasyonun ana mekanizma olduğu düşünülmektedir (Salyers 1995). Transformasyon; bakterilerin antibiyotik direnç geni içeren serbest DNA'yı elde ederek DNA'nın mevcut genom veya plazmitlere dahil edilmesidir. Transdüksiyon ise viral aracılı gen transferidir (Cytryn 2013).

Tek bir antibiyotiğe dirençli olan bakteri, bu antibiyotiğe yakın kimyasal yapıya veya benzer etki mekanizmasına sahip olan başka bir antibiyotiğe de direnç kazanabilir. Bu direnç çapraz direnç olarak isimlendirilir. Örneğin; oksitetrasikline dirençli olan bir bakteri, bu antibiyotiğe benzer kimyasal yapıya sahip olan tetrasiklin, klortetrasiklin ve doksisikline karşı da direnç kazanmış olur (Chopra and Roberts 2001). Bunun yanı sıra birden fazla antibiyotiğe dirençli bakteriler de bulunmaktadır. Bakterilerin sahip olduğu bu direnç çoklu direnç olarak adlandırılmaktadır (Mathur and Singh 2005).

Antibiyotikler tüm dünyada kullanılan ilaçlar arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Tıpta antibiyotikler reçetelerin %6'sından fazlasını, β-laktam antibiyotikler ise toplam antibiyotik kullanımının %50-70'ini oluşturmaktadır (Cars *et al.* 2001). Geçmişte birçok enfeksiyöz hastalığın tedavisi antibiyotiklerle sağlanırken, antibiyotiklerin hatalı kullanımı sonucunda yeni bulunan her antibiyotiğe karşı kısa sürede direnç gelişmiştir. 1900'lü yılların son çeyreğinde *Staphylococcus aureus, Stenotrophomonas maltophila, Acinetobacter baumanii, Pseudomonas aeruginosa* ve enterokoklar gibi hastane enfeksiyonlarından sık izole edilen patojenlerde düşük oranda çoklu ilaç direnci gösteren suşlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Bunun yanı sıra *Escherichia coli, Klebsiella pneumonia* ve *Staphylococcus aureus* için test edilen enfeksiyonların yaklaşık % 50'si yaygın olarak kullanılan antibiyotiklere direnç göstermiştir (Tacconelli *et al.* 2018). Antibiyotik direnci gösteren mikroorganizmaların giderek yayılması sonucu mikroorganizmalara bağlı olarak gelişen birçok enfeksiyonun tedavisinde sorunlar yaşanmakta ve bu durum hastanede yatış süresini uzatmakla beraber, morbiditede ciddi artışa yol açmaktadır (Sancak 2011). Sadece Amerika'da 2 milyondan fazla kişi antibiyotiğe dirençli enfeksiyon kazanmakta ve en az 23.000 kişi doğrudan ölmektedir (Smith et al. 2015). İnsanlara bulaşabilen ve savaşması son derece zor olan dirençli bakteri suşlarının gelişmesine bağlı olarak antibiyotik direnci son zamanlarda dünya çapında büyük bir problem haline gelmiştir (Conde-Cid et al. 2018).

Antibiyotiklerin aşırı ve bilinçsiz kullanımı sonucunda çevreden yok edilemeyen antibiyotik kalıntıları çevreye yayılarak kalıcı bir kimyasal kirletici haline gelmektedir (Berendonk *et al.* 2015, Martinez 2008). Antibiyotikler insanlarda veya hayvanlarda tamamen metabolize edilememektedir. Bu nedenle, uygulanan antibiyotiklerin %50-90'ı ana ve metabolit formlarının bir karışımı olarak idrar ve dışkı yoluyla çevreye atılmaktadır. Sonuç olarak; ev, hastane ve hayvan çiftliklerinden salınan antibiyotikler sulama suyu, nehirler ve tarımsal topraklara karışmaktadır. Bu ortamlarda antibiyotik birikimi, antibiyotik direnç genlerinin (ADG) ve antibiyotik dirençli bakterilerin (ADB) oluşumunu arttırmaktadır. Çin, İspanya gibi ülkelerde yapılan çalışmalarda tarım topraklarında, atık sularda, nehir sularında ve hatta içme suyunda antibiyotiklerin varlığı ve bu antibiyotiklere bağlı olarak antibiyotik direnç genlerinin ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Makrolid ve tetrasikline dirençli Enterokokların oranının, yüzey sularında önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, Avustralya'daki atık su arıtma tesislerinin yakınındaki yüzey suyu sahalarının örneklerinde de antibiyotiğe dirençli *Escherichia* coli populasyonunda önemli bir artış gözlenmiştir (Watkinson *et al.* 2007). Ayrıca, son yıllarda yapılan çalışmalar, antibiyotik olmayan ilaçların da antibiyotik direnci üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Antibiyotik direnç genlerinin sadece antibiyotikle değil, antidepresanlar, antiepileptik ilaçlar, dezenfektanlar gibi diğer kimyasallardan da kaynaklanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin; antiepileptik ilaç karbamazepin konsantrasyonlarının bakterilerde konjugatif transferini önemli ölçüde arttırdığı belirtilirken (Wang *et al.* 2018), antidepresan fluoksetinin *Escherichia coli*'de antibiyotik direncini indüklediği gösterilmiştir (Jin *et al.* 2018). Bir başka çalışmada ağrı kesici ve kemoterapi ilaçlarının bağırsak florasında yaşayan bakterilerde antibiyotik direncini etkilediği sonucuna ulaşılmıştır (Maier *et al.* 2018). Bu bulgular, antibiyotik direnci ile mücadele için sadece antibiyotiklerin değil, aynı zamanda antibiyotik dışındaki ilaçların ve diğer kimyasalların kullanımında da dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

Bennett, J.W. and Chung, K.T., 2001. Alexander Fleming and the discovery of penicillin. Advances in Applied Microbiology.

Berendonk, T.U., Manaia, C.M., Merlin, C., Fatta-Kassinos, D., Cytryn, E., Walsh, F., Bürgmann, H., Sørum, H., Norström, M. and Pons, M.N., 2015. Tackling antibiotic resistance: the environmental framework. Nature Reviews Microbiology, 13(5), 310.

Cars, O., Mölstad, S. and Melander, A., 2001. Variation in antibiotic use in the European Union. The Lancet, 357(9271), 1851-1853.

Chopra, I. and Roberts, M., 2001. Tetracycline antibiotics: mode of action, applications, molecular biology, and epidemiology of bacterial resistance. Microbiol. Mol. Biol. Rev., 65(2), 232-260.

Ciftci, A. ve Aksoy, A. 2015, Antibiyotiklere Karşı Oluşan Direnç Mekanizmaları, Türkiye Klinikleri J Vet SCI Pharmacol Toxicol-Special Topics. 1(2), 1-10.

Conde-Cid, M., Álvarez-Esmorís, C., Paradelo-Núñez, R., Nóvoa-Muñoz, J.C., Arias-Estévez, M., Álvarez-Rodríguez, E., Fernández-Sanjurjo, M.J. and Núñez-Delgado, A., 2018. Occurrence of tetracyclines and sulfonamides in manures, agricultural soils and crops from different areas in Galicia (NW Spain). Journal of cleaner production, 197, 491-500.

Cytryn, E., 2013. The soil resistome: the anthropogenic, the native, and the unknown. Soil Biology and Biochemistry, 63, 18-23.

Harrison, P.F. and Lederberg, J., 1998. Antimicrobial resistance: issues and options. National Academies Press.

Hasenekoğlu İ. ve Yeşilyurt S., 2001. Mikrobiyoloji. Atatürk Üniversitesi Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Yayınları. Erzurum, 453-480.

Jin, M., Lu, J., Chen, Z., Nguyen, S.H., Mao, L., Li, J., Yuan, Z. and Guo, J., 2018. Antidepressant fluoxetine induces multiple antibiotics resistance in Escherichia coli via ROS-mediated mutagenesis. Environment International, 120, 421-430.

Kümmerer, K., 2009. Antibiotics in the aquatic environment–a review–part I. Chemosphere, 75(4), 417-434.

MacGowan, A. and Macnaughton, E., 2017. Antibiotic resistance. Medicine, 45(10), 622-628.

Madigan, M. T., Martinko, J. M., Bender, D. and Parker, J., 2016. Brock biology of microorganisms. Upper Saddle River (NJ): Prentice-Hall.

Mah, T. F. C. and O'Toole, G. A., 2001. Mechanisms of biofilm resistance to antimicrobial agents. Trends in microbiology, 9(1), 34-39.

Maier, L., Pruteanu, M., Kuhn, M., Zeller, G., Telzerow, A., Anderson, E.E., Brochado, A.R., Fernandez, K.C., Dose, H. and Mori, H., 2018. Extensive impact of non-antibiotic drugs on human gut bacteria. Nature, 555(7698), 623.

Mathur, S. and Singh, R., 2005. Antibiotic resistance in food lactic acid bacteria—a review. International journal of food microbiology, 105(3), 281-295.

Nisha, A., 2008. Antibiotic residues-a global health hazard. Veterinary world, 1(12), 375.

Pan, M. and Chu, L., 2018. Occurrence of antibiotics and antibiotic resistance genes in soils from wastewater irrigation areas in the Pearl River Delta region, southern China. Science of the total environment, 624, 145-152.

Petchiappan, A. and Chatterji, D., 2017. Antibiotic resistance: current perspectives. ACS omega, 2(10), 7400-7409.

Rutgersson, C., Fick, J., Marathe, N., Kristiansson, E., Janzon, A., Angelin, M. Johansson, A., Shouche, Y., Flach C.F. and Larsson, D. J. (2014). Fluoroquinolones and qnr genes in sediment, water, soil, and human fecal flora in an environment polluted by manufacturing discharges. Environmental science & technology, 48(14), 7825-7832.

Sancak, B., 2011. Staphylococcus aureus ve antibiyotik direnci. Mikrobiyol Bul, 45(3), 565-576.

Salyers, A.A., 1995. Antibiotic resistance gene transfer in the mammalian intestinal tract: implications for human health, food safety and biotechnology. RG Landes Company.

Smith, R. A., M'ikanatha, N. M. and Read, A. F., 2015. Antibiotic resistance: a primer and call to action. Health communication, 30(3), 309-314.

Tacconelli, E., Carrara, E., Savoldi, A., Harbarth, S., Mendelson, M., Monnet, D. L. and Ouellette, M., 2018. Discovery, research, and development of new antibiotics: the WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. The Lancet Infectious Diseases, 18(3), 318-327.

Wang, Y., Lu, J., Mao, L., Li, J., Yuan, Z., Bond, P.L. and Guo, J., 2019. Antiepileptic drug carbamazepine promotes horizontal transfer of plasmid-borne multi-antibiotic resistance genes within and across bacterial genera. The ISME journal, 13(2), 509.

Watkinson, A. J., Murby, E. J. and Costanzo, S. D. 2007. Removal of antibiotics in conventional and advanced wastewater treatment: implications for environmental discharge and wastewater recycling. Water research, 41(18), 4164-4176.

Yarsan, E., 2012. Veteriner Hekimlikte Antibiyotikler: Antibiyotiklere Direnç ve Direncin Çok Yönlü Etkileri. Ankara: MakroMedya, 1-30.

Yoshida, H., Nakamura, M., Bogaki, M., Ito, H., Kojima, T., Hattori, H. and Nakamura, S., 1993. Mechanism of action of quinolones against Escherichia coli DNA gyrase. Antimicrobial agents and chemotherapy, 37(4), 839-845.

Zaman, S.B., Hussain, M.A., Nye, R., Mehta, V., Mamun, K.T. and Hossain, N., 2017. A review on antibiotic resistance: alarm bells are ringing. Cureus, 9(6).

MİKROBİYAL LİPİDLER VE BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI

MICROBIAL LIPIDLER AND BIOTECHNOLOGICAL APPLICATIONS

Tuğba ORAK

(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı

Meryem DOYMUŞ

(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı

Prof. Dr. Mesut TAŞKIN

Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

ÖZET

Lipitler hemen hemen tüm canlı organizmalar tarafından üretilmektedir. Bunlar hücre zarının yapısını oluşturmak, enerji depolanması dahil önemli yapısal ve işlevsel özelliklere sahiptir. Mikroorganizmalar ayrıca hayati fonksiyonlarını yerine getirmek için lipitler üretmektedir. Mayaların, küflerin ve alglerin bazıları oleaginous özellikler göstermektedir. Kuru ağırlıklarının %20'sinden fazla oranda lipid biriktiren mikroorganizmalara oleaginous denir. Mayaların, küflerin ve alglerin bazıları oleaginous özellik gösterir. Bununla birlikte, oleaginous mikroorganizmaların çoğu, *Rhodosporidium, Rhodotorula, Lipomyces* ve *Yarrowia* gibi maya cinsine aittir. Bu mayalarda lipit içeriği, hücre kuru ağırlığının %70'ine kadar erişebilir. Oleaginous mikroorganizmalarda lipojenez, karbon bol olduğunda ve azot sınırlı olduğunda artmaktadır. Ayrıca fazla fosfat, oleaginous mikroorganizmalarda lipit sentezini inhibe eder. Oleaginous mikroorganizmalar lipid biriktirme için karbon dioksit, glukoz, ksiloz, gliserol ve nişasta dahil olmak üzere çeşitli karbon substratlarını kullanabilmektedir. Mikrobiyal lipit birikiminde karbon, substrat maliyetin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu nedenle melas, peynir altı suyu, mahsul artıkları ve ham gliserol gibi bol miktarda şeker içeren ucuz tarımsal atıklar, lipit üretiminde fermantasyon substratları olarak kullanılır. Oleaginous mikroorganizmalardan elde edilen lipitler, son zamanlarda yenilenebilir biyoyakıt ve kozmetik katkı maddelerinin üretiminde yaygın olarak kullanılmaları nedeniyle dikkat çekmiştir. Ayrıca mikrobiyal lipidler, gıda katkı maddesi olarak kullanılabildiğinden gıda endüstrisinde büyük öneme sahiptir. Uzun zincirli doymuş ve /veya tekli doymamış yağ asitlerine sahip mikrobiyal lipitler, biyodizel üretimi için daha uygun hammadde adayları olarak kabul edilmektedir. Tersine, linolenik asit, eikosapentaenoik asit ve dokosaheksaenoik asit gibi çoklu doymamış yağ asitlerini (PUFA'lar) içeren mikrobiyal lipidlerin, beslenme ve farmasötik amaçlar için daha uygun olduğu değerlendirilmektedir. Çoklu doymamış yağ asitlerinden biri olan linoleik asit (C18: 2) (Omega 6) insan diyetinde en sık tüketilen PUFA'dır. İnsan vücudunda büyüme ve cilt fonksiyonları için önemlidir. İnsanlar linoleik asit ve oleik asitleri sentezleyememektedir. Bu yüzden diyet ile gıdalardan alınmaktadır. Bu derleme mikrobiyal lipit üretimini, lipit üreten

mikroorganizmaları, mikrobiyal lipid üretiminde kullanılan substratları ve mikrobiyal lipidlerin kullanımlarını vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: mikrobiyal lipid, oleaginous mikroorganizmalar, tarımsal atık

ABSTRACT

Lipids are produced in almost all living organisms. They have important structural and functional properties, including energy storage, to form the structure of the cell membrane. Microorganisms also produce lipids to perform their vital functions. Microorganisms accumulating lipid more than 20% of their dry weight are called oleaginous. Some of yeasts, molds and algae show oleaginous propertiy; however, most of oleaginous microorganisms are belonged to yeast genera such as *Rhodosporidium*, *Rhodotorula, Lipomyces* and *Yarrowia*. In these yeasts, lipid content can reach 70% of the cell dry weight. Lipogenesis in oleaginous microorganisms is increased when carbon is abundant and nitrogen is limited. In addition, excess phosphate inhibits lipid synthesis in oleaginous microorganisms. Oleaginous microorganisms can utilize a variety of carbon substrates, including carbon dioxide, glucose, xylose, glycerol and starch for lipid deposition. In microbial lipid accumulation, the carbon substrate constitutes a large part of the cost. Therefore, cheap agricultural wastes containing abundant sugar, such as molasses, whey, crop residues and crude glycerol, are used as fermentation substrates in lipid production. Lipids obtained from oleaginous microorganisms have recently attracted attention due to their wide application in the production of renewable biofuel and cosmetic additives. In addition, microbial lipids are of great importance in the food industry as they can be used as food additives. Microbial lipids with long chain saturated and/or monounsaturated fatty acids are accepted as more appropriate feedstock candidates for biodiesel production. Conversely, microbial lipids containing polyunsaturated fatty acids (PUFAs) such as linolenic acid, eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid are assess to be more appropriate for nutritional and pharmaceutical purposes. Linoleic acid (C18: 2) (Omega 6), one of the polyunsaturated fatty acids, is the most commonly consumed PUFA in human diet. It is important for growth and skin functions in the human body. People cannot synthesize linoleic acid and oleic acids. Therefore, they are obtained from foods with diet. This review emphasizes microbial lipid production, lipid-producing microorganisms, substrates used in microbial lipid production, and uses of microbial lipids.

Keywords: microbial lipid, oleaginous microorganisms, agricultural waste

1. GİRİŞ

Lipidler bütün makro ve mikroorganizmalar tarafından üretilmektedir (Dowhan and Bogdanov 2013). Triaçilgliserol ve sterol esterleri olarak üretilen lipitler hücrenin belirli organellerinde lokalize olmuş, yaklaşık 39 kJ/g (9 kcal/g) enerji değerine sahip depolama molekülleridir. Yağlı tohumlarda, oleaginous mikroorganizmalarda ve memelilerin adipoz dokusunda lipidler birikmektedir. Enerji depolama rollerine ek olarak lipid biriktiren organeller, hücre zarının biyogenezi için yağ asitleri ve steroller sağlayabilmektedir (Thevenieau and Nicaud 2013).

2. LİPİD ÜRETİMİNDE MİKROORGANİZMALAR

Tüm mikroorganizmalarda lipit metabolizması mevcuttur (Thevenieau and Nicaud 2013). Oleaginous mikroorganizmalar, yağ içeriği biyokütle ağırlığının % 20'sinden fazla olan oleaginous türler olarak tanımlanmaktadır (Meng et al. 2009). Bununla birlikte yalnızca nispeten az sayıda mikroorganizma depolama malzemesi olarak biriktirilmelerinin yanı sıra %20'nin üzerinde hatta hücre kütlelerinin % 80'ine varan miktarlarda hücresel lipid biriktirebilmektedir (Ratledge 2004). Tek hücre yağları olarak da adlandırılan mikrobiyal yağlar; maya, fungus, bakteri, mikroalg gibi bazı oleaginous mikroorganizmalar tarafından üretilmektedir (Ma et al. 2006). Ökaryotik maya, küf ve mikroalg; bitkisel yağların bileşimine benzeyen triaçilgliserolleri sentezleyebilmektedir. Ancak prokaryotik bakteriler spesifik lipidleri sentezleyebilmektedir (Li et al. 2008). Oleaginous mikroorganizmaların çoğunluğunu özellikle mayalar oluşturmaktadır. Oleaginous mayalar genellikle *Candida, Cryptococcus, Rhodotorula, Trichosporon, Lipomyces* ve *Yarrowia* cinslerine ait olmaktadır (Amaretti et al. 2010; Beopoulos et al. 2011).

Bitkisel lipidlerle karşılaştırıldığında mikrobiyal lipid üretiminin; mikroorganizmaların kısa yaşam döngüsüne sahip olması, lipidlerin bol ve ucuz hammaddelerle ile üretilebilmesi, üretimin daha az işçilik gerektirmesi, daha kolay ölçeklendirme, mekan, mevsim ve iklim koşullarından etkilenmemesi gibi birçok avantajı vardır (Ma 2006; Yi and Zheng 2006).

Lipid birikimi, fazla miktarda karbon kaynağı ve bir sınırlandırıcı besin maddesi ile genellikle azot tarafından tetiklenmektedir. Bu koşullar altında, karbonhidratlar doğrudan lipit sentezine yönlendirilir ve hücrelerde triaçilgliserollerden oluşan lipidler meydana gelmektedir (Ratledge 2004; Wynn and Ratledge 2005). Tüm besin maddelerinin aşırı olduğu dengeli büyümenin ilk aşaması; biyokütle üretimi, karbon ve azot kaynağının tüketimi ile karakterize edilmektedir. Azot tükenirse, biyokütle üretimi azalmakta ve lipit birikimi başlamaktadır (Wynn and Ratledge 2005).

2.1. KÜFLER

Bazı oleaginous küfler (filamentli funguslar) biyokütlesinin % 80'ini lipit olarak depolayabilmektedir (Murphy 1991). Fungus lipitleri temel olarak azot kaynağı, karbon kaynağı, C/N oranı, sıcaklık ve pH'dan etkilenmektedir. Diğer birçok mikroorganizmada olduğu gibi hücrelerde lipit üretimi C/N oranı arttıkça artmaktadır. Ancak fosfolipid ve glikolipid bileşimi üzerinde C/N oranı ve nitrojen kaynağının herhangi bir etkisi bulunamamıştır (Patil 2010). Karbon kaynakları metabolizmalarındaki farklılıklardan dolayı küflerin lipidlerindeki yağ asitlerinin üretimini ve bileşimini güçlü bir şekilde etkileyebilmektedir. Glikoz, laktoz, nişasta, yağ, mısır likörü ve tarımsal ürünler funguslardan lipit üretimi için karbon kaynağı olarak kullanılmıştır (Chen and Liu 1997; Abu et al. 2000). *Aspergillus terreus, Claviceps purpurea, Tolyposporium, Mortierella alpina, Mortierella isabellina* gibi birçok fungus türü lipitler biriktirebilmektedir. Oleaginous küf olan *Mucor rouxii*'nin yüksek düzeyde bir hücre içi lipit ve γ-linolenik asit (GLA) biriktirdiği bilinmektedir (Mamatha et al. 2009). Küfler yüksek konsantrasyonda γ-linolenik asit (GLA) ve araşidonik asit (AA) üretmektedir. Çoklu doymamış yağ asitlerinin hücrelerde üretimi miselin yaşı ile ilgilidir. Fraksiyonlarının genç misellerde

en yüksek olduğu ve hücrelerin yaşlandıkça franksiyonların da azaldığını gösterilmiştir (Fakas et al. 2009).

2.2. MAYALAR

Oleaginous mayalar, kuru ağırlığının en az % 20'si lipitlerden oluşan tek hücreli funguslardır (Ratledge and Wynn 2002). Oleaginous mayalar hızlı bir büyüme hızına ve yüksek yağ içeriğine sahiptir. Oleaginous mayaların triaçilgliserol (TAG) fraksiyonları bitki yağlarına benzemektedir. Bu organizmalar glukoz, ksiloz, arabinoz, mannoz, gliserol, diğer tarımsal ve endüstriyel artıklar gibi çok sayıda karbon kaynağı üzerinde büyüyebilmektedir. Oleaginous mayaların çoğu, lipitleri kuru ağırlıklarının %40'ından daha fazla oranda biriktirebilmektedir. Besin sınırlandırması koşullarında altında kuru ağırlıklarının %70'inden daha fazla seviyelerde lipid biriktirebilmektedir (Beopoulos and Cescut 2009). Oleaginous mayaların ürettiği lipidlerin ana yağ asitlerinin mistik asit, palmitik asit, stearik asit, oleik asit, linoleik asit ve linolenik asit olduğu görülmektedir (Li et al. 2007).

Yüksek lipit üretimi için temel gereksinim, fazla miktarda karbon kaynağı olan ve azot gibi diğer sınırlayıcı besin maddesinin bulunduğu bir ortamdır. Bu nedenle lipitlerin üretimi C/N oranı, havalandırma, inorganik tuzlar, pH ve sıcaklıktan yüksek oranda etkilenmektedir (Papanikolaou et al. 2006). C/N oranı 25'ten 70'e çıkarıldığında, yağ içeriği % 18'den % 46'ya yükseldiği belirtilmiştir (Mainul et al. 1996). Farklı azot kaynaklarının da yağ üretimi üzerinde etkisi değişmektedir. Hem inorganik azot kaynakları hem de organik azot kaynakları, yağ birikimi üzerinde çeşitli etkileri olan mayaların geliştirilmesinde kullanılabilmektedir (Liu et al. 2000; Shi et al. 1997). İnorganik azot kaynaklarının hücre büyümesi için iyi olduğu fakat yağ üretimi için uygun olmadığı; pepton gibi organik azot kaynaklarının yağ üretimi için uygun olduğu fakat hücre büyümesi için uygun olmadığını bildirmiştir (Huang et al. 1998). Ayrıca iz metal iyonlarının besiyerinde varlığı yağ birikimini çeşitli derecelerde etkilemektedir (Li et al. 2006; Wang et al. 2005; Mainul et al. 1996). Biyokütle ve yağ içeriğinin Mg^{2+}, Zn^{2+}, Mn^{2+}, Cu^{2+} ve Ca^{2+} konsantrasyonunun optimizasyonu ile önemli ölçüde iyileştirilebileceği belirtilmiştir (Li et al. 2006). Ayrıca çözünmüş oksijen, sıcaklık ve pH gibi diğer optimizasyon parametreleri hücre büyümesi ve yağ birikmesi üzerinde değişken bir etki göstermektedir. Genellikle kültür ortamındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu, yağ birikimi ile pozitif bir ilişkiye sahiptir (Yi and Zheng 2006; Liang et al. 2006; Yan and Chen 2003).

2.3. MİKROALGLER

Minyatür, güneş ışığına dayalı biyokimyasal fabrikalar olarak da adlandırılan mikroalgler, baca gazlarından salınan karbondioksit ve güneş ışığı varlığında büyük miktarlarda lipit ve hidrokarbon üretebilme özelliğine sahiptir (Verma et al. 2010). Genellikle hücrelerde lipit içeriği kuru ağırlığın %20'sinden fazla olan mikroalge oleaginous mikroalg denir. Algal hücrelerinin ortalama lipid içerikleri %1 ile %70 arasında değişmektedir ancak belirli koşullar altında kuru ağırlığın % 90'ına ulaşabilmektedir (Metting 1996; Spolaore et al. 2006). % 20-50 arasındaki yağ seviyeleri oleaginous mikroalgler arasında yaygın görülmektedir (Zhang and Liu 2012). Fototrofik koşullar altında hücrelerin büyümesi ve algler tarafından lipit birikimi; ışığın yoğunluğundan, pH 'dan, çözünmüş oksijen konsantrasyonundan, savurma gazı içindeki karbon dioksit oranından etkilenmektedir. Ayrıca

azot, fosfor, silikon ve demir gibi besinlerin konsantrasyonu ve organik karbon kaynaklarının varlığından etkilenmektedir (Lv et al. 2010).

Ortamdaki azot ve/veya fosfor sınırlamaları, alg hücrelerinde artan lipit üretkenliğinin artması ile sonuçlanmaktadır. (Dean et al. 2010). Karbondioksit fraksiyonu hem besiyeri pH'sı üzerine hem de hücreler tarafından karbon kaynağı olarak kullanılan bikarbonatların mevcudiyeti üzerindeki etkisinden dolayı hücre büyümesi ve lipid birikiminde büyük bir etkiye sahiptir (Hsueh et al. 2009; Hu and Gao 2003).

Chlorophyta, Bacillariophyceae gibi mikroalgler, daha yüksek yağ içeriğine sahiptir ve bunların geliştirilmesi daha kolaydır. Özellikle endüstriyel üretime uygulanabilecek olan *Chlorella,* bu nedenle ideal enerji kaynaklarıdır (Xiong et al. 2008; Miao and Wu 2004).

3. MİKROBİYAL LİPİD ÜRETİMİ İÇİN BİYOKAYNAKLARIN KULLANIMI

Ticari olarak kullanılan lipidlerin üretimi, substratların yüksek maliyeti nedeniyle gerçekleştirilememektedir. Bu nedenle çeşitli düşük maliyetli ve etkili alternatif substratlar araştırılmıştır. Bunlar arasında halı değirmeni atıkları (Chinnasamy et al. 2010a; Chinnasamy et al. 2010b), tatlı sorgum suyu (Gao et al. 2010; Economou et al. 2010), tatlı patates atığı (Westendorf 2000; Abu et al. 2000), domates atığı (Fakas et al. 2007), süt çiftliği ve belediye atık suları (Hassan et al. 1995; Johnson and Wen 2010), biyodizel türevi gliserol (Makri et al 2010; Morita et al. 2007), gübre atığı (Anaga and Abu 1996), lağım çamuru (Angerbauer et al. 2008), üre (Hsieh and Wu 2009), lignoselülozik materyaller (Hu et al. 2009), atık melas (Wu et al. 2010; Karatay and Donmez 2010), pancar melas (Fadaly et al. 2009), çözünür nişasta (Chen and Liu 1997), şeker kamışı melas (Alvarez et al.1992), portakal kabuğu ekstraktları (Ziino et al. 1999), endüstriyel gliserol (Papanikolaou and Aggelis 2002), elektrik santrali baca gazı (Kadam 1997), dikenli armut suyu (Hassan et al. 1996), tarımsal sanayi yan ürünleri (Gouda et al. 2008), buğday kepeği ile karıştırılmış buğday samanı (Peng and Chen 2008), atık pirinç samanı (Huang et al. 2009) ve nişasta atıksu (Xue et al. 2010) bulunmaktadır.

4. MİKROBİYAL LİPİDLERİN BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI

4.1. BİYODİZEL

Biyodizel olarak da bilinen yağ asidi metil veya etil esterlerin üretimi için tek hücre yağlarını kullanma fikri cazip görünmektedir ve bitki veya hayvan lipitlerinden üretilen biyodizel ile karşılaştırıldığında çeşitli avantajlar sunmaktadır. Yakıt talepleri geniş üretim alanı gerektiren alanlardan ve gıda üretimindeki rekabetten dolayı bitkisel lipidler veya hayvansal lipitler kullanılarak karşılanamamaktadır (IEA, 2006).

Tüm heterotrofik mikroorganizmalar arasında mayalar, yüksek büyüme hızı ve yüksek yağ içeriği bakımından avantajlıdır. *R. toruloides* ile lipid üretiminde; mayanın en yüksek biyokütleyi, en yüksek

lipit verimini ve en yüksek lipit içeriğini oluşturabileceği gösterilmiştir. Gelecekte, biyodizel üretimine uygulanan bu tür yağların birikimi için ucuz karbon kaynakları kullanarak maya yeteneklerini daha da optimize etmek ve geliştirmek konusu çok önemlidir (Li et al. 2008).

Model organizmalar olarak *C. gracialis* ve *Cryptococcus curvatus*, sırasıyla mikroalg ve mayayı temsil etmek üzere seçilmiştir. *C. gracialis* 'ten üretilen biyodizelin esas olarak 16 ve 18 zincir uzunluklarına sahip yağ asitleri içerdiği, *C. curvatus* 'un çoğunlukla 16 ve 14 zincir uzunluğundaki yağ asitlerinden oluşan dizel ürettiği gözlenmiştir (Kerkhoven et al. 2016).

Farklı mayalardan (*C. curvatus, Caulerpa cylindracea, R. glutinis, Lipomyces starkeyi, L. lipofer*) üretilen biyodizelin yağ asidi bileşimini incelemiş ve yağ asitlerinin çoğunun iki doymamış bağ ile zincir uzunluğu 18 olduğunu belirlemiştir. Bu tür yağ asitlerinin varlığı, soğuk akış özelliklerini korurken gelişmiş oksidatif stabilite göstermektedir (Mast et al. 2014).
Tatlı patates işleme endüstrisinden *Lipomyces starkeyi* ve karbon kaynağı olarak nişastalı atıklarla biyodizel üretiminin ekonomik analizini yapmıştır. Mikrobiyal lipitlerin galon başına 2.30 dolar fabrika çıkış fiyatından üretilebileceğini ve galon başına 3,00 $ fiyat ile biyodizel destekleyeceğini belirlemiştir (Patil et al. 2010).

4.2. İNSAN BESİNİ VE GIDA UYGULAMALARI

Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar) insan vücudundaki birçok farklı fizyolojik işlevi etkiler ve bu nedenle insan sağlığı için önemlidir (Dyal and and Narine 2005; Bellou et al. 2016). PUFA'lar dolaşım hastalıkları, aterosklerozis, koroner kalp hastalıkları ve kanda yüksek lipid içeriği gibi hastalıklarda olumlu etkileri bulunmaktadır ve bu nedenle diyetle alınmaları vücut gelişimi ve özellikle kalp-damar hastalıkların önlenmesi bakımından önemlidir (Papanikolaou and Aggelis 2011). ω -3 ve ω -6 sınıfından olan α linolenik asit (ALA; 18:3; ω-3) ve linoleik asit (LA; 18:2; ω -6) PUFA'ları membran fosfolipidlerinin bileşini olmakla birlikte tüm memeliler için esansiyel olan eikosonoidlerin öncüsüdür (Sakuradani et al. 2009; Stressler et al. 2013). Omega-6 yağ asitleri cilt sağlığını korumakla beraber esnek ve pürüzsüz cilt oluşumunu sağlamaktadır. Bu nedenle deri yaralanmalarından ve enfeksiyonlardan korunup, vücudun ısısı ve su kaybı düzenlenmektedir (Burr 1989). Bu yağ asitlerinin eksikliğinde insanlarda astım, artritis, büyümede gerileme, şeker, bazı kanser türlerinin yanında öğrenme eksikliği de görülmektedir (Lewis et al.2000). Serebral korteksin yanı sıra retina da araşidonik asit (ARA; 20: 4; ω-6) ve dokosaheksaenoik asit (DHA; 22: 6; ω-3) gibi yüksek miktarda PUFA'ya sahiptir (Bellou et al. 2016). GLA'nın benzersiz antikanser özelliği olduğu kanıtlanmıştır. GLA'nın doksorubisin, sisplatin, karboplatin, idarubisin, mitoksantron, tamoksifen, vinkristin ve vinblastin gibi antikanser ilaçlarının da etkinliğini arttırdığı belirlenmiştir. Önümüzdeki yıllarda saf GLA'nın kanser tedavisinde kullanılacağı düşünülmektedir (Stredansky et al. 2000). Ayrıca PUFA'lar, trombositlerin, nöronal ve kas hücrelerinin yanı sıra nötrofiller ve monositler gibi immün sistem hücrelerin bileşenleridir (Simopoulos, 1999; Ward and Singh, 2005).

Memeliler, esansiyel yağ asitlerini (LA, ALA) sentezleme yeteneğinden yoksundur, bunlar diyet yoluyla sağlanmalıdır (Laoteng and Certik 2010). Özel olarak PUFA'lar bakımından zengin olan

mikrobiyal lipitler, saf yağ veya stabil emülsiyonlar olarak çeşitli yiyeceklere eklenebilmektedir (Bellou et al. 2016). Ticari DHA üretimi için üretim organizasyonu olarak iki heterotrofik mikroalg dinoflagellat (*Crypthecodinium cohnii*), stramenofil (*Schizochytrium*) seçilmiştir (Wynn and Ratledge 2005). Mayıs 2001'de FDA, ABD'de bebek maması bileşimine dahil edilmesi için tek hücre yağı olan DHA ve ARA için GRAS statüsünü vermiştir (Wynn and Ratledge 2005). *Zygomycetes* ve *Mucolares*'e ait fungus türleri GLA üreten mikroorganizmalardır. *Mucor circineloides*'den GLA içeren tek hücre yağları üretilmiştir. *Mortierella*, *Cunninghamella* ve *Thamnidium* gibi mikroorganizmalar da birçok araştırmacı tarafından tercih edilmiştir. Japonya'da GLA üretimi için *Mortierella ramaniana* kullanılmış ve üretilen SCO gıda katkı maddesi olarak tüketilmiştir (Papanikolaou and Aggelis 2011). *C. curvata*'dan elde edilen yağ, palmiye ağacı yağının düşük erime noktasına sahip olan "palm olein" fraksiyonuna benzer özellik göstermektedir. Palm olein balık köftesi, patates cipsi, parmak patates ve diğer hafif yemeklerin kızartılmasında kullanılmaktadır (Akpınarn et al. 2004).

4.3. OLEOKİMYASALLAR

Oleokimyasallar, petrokimyasalların yerine geçer ve genellikle sınırlı miktarda bulunabilen bitkisel yağlardan ve hayvansal yağlardan elde edilmektedir (Biermann et al. 2011). Mikrobiyal yağ asidi biyosentezi, yenilenebilir oleokimyasalların üretimi için bir alternatif sunduğu için dikkatleri üzerine çekmiştir (Lennen and Pfleger 2013).

Basit oleokimyasallar arasında yağ asitleri, yağ alkolleri ve metil ester bulunur. Özellikle bir yağ asidi ve bir yağ alkolü (wax ester) arasındaki yağ alkolleri ve esteri; sabunlar, deterjanlar, kozmetik katkı maddeleri, feromonlar ve aromaları içeren çeşitli endüstrilerde uygulanabilmektedir (Noweck and Grafahrend 2006; Steen et al. 2010).

Yağsız organizma *E.coli* ile metabolik mühendisliği kullanılarak şekerden yağ alkolleri ve balmumları üretilmiştir. Oleokimyasalların mikrobiyal üretimi aynı zamanda birkaç patenti de içermektedir. Örneğin, Schirmer et al. 2012, Hu 2011 (EP2367947B1) ve Osterhout and Burgard 2014 (US20140127765A1).

5. SONUÇ

Mikrobiyal lipidler bitkisel ve hayvansal lipitlere alternatif olarak oleaginous mikroorganizmalar tarafından üretilmektedir (Biermann et al. 2011). Mikroorganizmalar bitkisel lipitlere benzer profilde lipidler sentezlemektedirler. Mikroorganizmaların kısa yaşam döngüsüne sahip olması ve iklim koşullarından etkilenmemesi gibi özellikleri nedeniyle mikrobiyal lipitlere ilgi artmaktadır. Ayrıca mikroorganizmaların ucuz karbon substratları üzerinde gelişebilme özellikleri mikrobiyal lipidleri daha da cazip kılmaktadır. Mikrobiyal lipitlerden PUFA'lar besin takviyesi olarak kullanılmaktadır. Mikrobiyal lipidlerin diğer kullanım alanları ise tıp, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyodizel üretimi, deterjan, sabun vb. üretimi ve kozmetik sektörüdür.

KAYNAKLAR

Abu, O. A., Tewe, O. O., Losel, D. M., Onifade, A. A., 2000. Changes in lipid, fatty acids and protein composition of sweet potato (Ipomoea batatas) after solid-state fungal fermentation. BioresourMTechnol 72: 189–192.

Akpınar-Bayizit, A, Özcan Yılsay, T.,2004. Peynir altı suyundan mikrobiyal yağ üretimi. Akademik Gıda.10:15-7.

Alvarez, R. M., Rodriguez, B., Romano, J. M., Diaz, A.O., Gomez, E., Miro, D., Navarro, L,, Saura, G., Garcia, J.L., 1992. Lipid accumulation in *Rhodotorula glutinis* on sugar cane molasses in singlestage continuous culture. World J Microbiol Biotechnol 8: 214–215.

Amaretti, A., Raimondi, S., Sala, M., Roncaglia, L., Lucia, M. D., Leonardi, A., Rossi, M., 2010. Single cell oils of the cold-adapted oleaginous yeast *Rhodotorula glacialis* DBVPG 4785, Microb Cell Fact., 9(73), 1-6.

Anaga, A., Abu, G.O., 1996. A laboratory-scale cultivation of *Chlorella* and *Spirulina* using waste effluent a fertilizer company in Nigeria. Bioresour Technol 58: 93–95.

Angerbauer, C., Siebenhofer, M., Mittelbach, M., Guebitz, G. M., 2008 Conversion of sewage sludge into lipids by *Lipomyces starkeyi* for biodiesel production. Bioresour Technol 99: 3051–3056.

Bellou, S., Triantaphyllidou, I.-E., Aggeli, D., Elazzazy, A. M., Baeshen, M. N., and Aggelis, G., 2016. Microbial oils as food additives:recent approaches for improving microbial oil production and its polyunsaturated fatty acid content. Curr.Opin.Biotechnol. 37,24–35.doi:10.1016/j.copbio.2015.09.005

Beopoulos, A., Nicaud, J. M., Gaillardin, C., 2011. An overview of lipid metabolism in yeasts and its impact on biotechnological processes, Appl Microbiol Biotechnol., 90, 1193-1206.

Beopoulos, A., Cescut, J., Haddouche, R., Uribelarrea, J. L., Jouve, C. M., Nicaud, J. M., 2009. *Yarrowia lipolytica* as a model for biooil production. Prog Lipid Res 48: 375–387.

Biermann, U., Bornscheuer, U., Meier, M. A. R., Metzger, J. O. & Schafer, H. J., 2011. Oils and fats as renewable raw materials in chemistry. Angew Chem. Int. *Ed.* 50, 3854–3871.

Burr, M. L., 1989. Effects of Changes in Fat, Fish and Fibre Intakes on Death and Myocardial Reinfarction: Diet and Reinfarction Trial, Lancet, Vol. 11 pp. 757-61.

Chen, H. C., Liu, T. M., 1997. Inoculum effects on the production of c-linolenic acid by the shake culture of *Cunninghamella echinulata* CCRC 31840. Enzym Microbiol Technol 21:137–142.

Chinnasamy, S., Bhatnagar, A., Claxton, R., Das, K. C., 2010a. Biomass and bioenergy production potential of microalgae consortium in open and closed bioreactors using untreated carpet industry effluent as growth medium. Bioresour Technol. 101:6751–6760.

Chinnasamy, S., Bhatnagar, A., Hunt, R. W., Das, K. C., 2010b. Microalgae cultivation in a wastewater dominated by carpet mill effluents for biofuel applications. Bioresour Technol 101:3097–3105.

Dean, A. P., Sigee, D. C., Estrada, B., Pittman, J. K., 2010 Using FTIR spectroscopy for rapid determination of lipid accumulation in response to nitrogen limitation in freshwater microalgae. Bioresour Technol 101:4499–4507.

Dowhan, W. and Bogdanov, M., 2013."Functional roles of lipids in membranes," in *Encyclopedia of Biophysics*, ed G.C.K.Roberts (Berlin;Heidelberg:Springer BerlinHeidelberg),868–875

Dyal, S. D. and Narine, S. S., 2005. Implications for the use of *Mortierella* fungi in the industrial production of essential fatty acids. Food Res. Int. 38,445–467. doi:10.1016/j.foodres.2004.11.002.

Economou, C. N., Makri, A., Aggelis, G., Pavlou, S., Vayenas, D. V., 2010. Semi-solid state fermentation of sweet sorghum for the biotechnological production of single cell oil. Bioresour Technol 101:1385–1388.

Fadaly, H. A. E., Naggar, N. E. A. E., Marwan, E. S. M., 2009. Single cell oil production by an oleaginous yeast strain in a low cost cultivation medium. Res J Microbiol 4(8):301–313.

Fakas, S, Makri, A, Mavromati, M., Tselepi, M., Aggelis, G., 2009. Fatty acid composition in lipid fractions lengthwise the mycelium of *Mortierella isabellina* and lipid production by solid state fermentation. Bioresour Technol 100:6118–6120.

Fakas, S., Panayotou, M. G., Papanikolaou, S., Komaitis, M., Aggelis, G., 2007. Compositional shifts in lipid fractions during lipid turnover in *Cunninghamella echinulata*. Enzym Microb Technol 40(5):1321–1327.

Gao, C., Zhai, Y., Ding, Y., Wu, Q., 2010. Application of sweet sorghum for biodiesel production by heterotrophic *Chlorella protothecoides*. Appl Energy 87:756–761

Gouda, M. K., Omar, S. H., Aouad, L. M., 2008. Single cell oil production by *Gordonia* sp. DG using agro-industrial wastes. World J Microbiol Biotechnol 24: 1703–1711

Hassan, M., Blanc, P. J., Pareilleux, A., Goma, G., 1995. Production of cocoa butter equivalents from prickly-pear fermentation by an unsaturated fatty acid auxotroph of *Crytococcus curvatus* grown in batch culture. Process Biochem 30: 629–634

Hassan, M., Blanc, P. J., Granger, L. M., Pareilleux, A., Goma, G., 1996. Influence of nitrogen and iron limitations on lipid production by *Crytococcus curvatus* grown in batch and fed-batch culture. Process Biochem 31(4):355–361

Hu, H. H., Gao, K. S., 2003. Optimization of growth and fatty acid composition of a unicellular marine picoplankton *Nannochloropsis* sp. with enriched carbon sources. Biotechnol Lett 25: 421–425

Hu, C., Zhao, X., Zhao, J., Wu, S., Zhao, Z. K., 2009. Effects of biomass hydrolysis by-products on oleaginous yeast *Rhodosporidium toruloides.* Bioresour Technol 100:4843–4847

Hu, Z., 2011. Methods for Producing Fatty Alcohols. European Patent EP2367 947B1.Munich; The Hague; Brussels; Vienna; Berlin:European Patent Office.

Huang JZ, Shi QQ, Zhou XL, Lin YX, Xie BF,Wu SG (1998) Studies on the breeding of mortierella isabellina mutant high producing lipid and its fermentation conditions. Microbiology 25(4):187–191

Huang, C., Zong, M., Wu, H., Liu, Q., 2009. Microbial oil production from rice straw hydrolysate by *Trichosporon fermentans*. Bioresour Technol 100:4535–4538

Hsueh, H. T., Li, W. J., Chen, H. H., Chu, H., 2009. Carbon bio-fixation by photosynthesis of *Thermosynechococcus* sp. CL-1 and *Nannochloropsis oculata*. J Photochem Photobiol B: Biol 95: 33–39

Hsieh, H. C., Wu, W. T., 2009. Cultivation of microalgae for oil production with a cultivation strategy of urea limitation. Bioresour Technol 100:3921–3926.

International Energy Agency (IEA), 2006. World Energy Outlook 2006. Available onlineat:http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/2008-1994/ weo2006.pdf

Johnson, M. B., Wen, Z. Y., 2010. Development of an attached microalgal growth system for biofuel production. Appl Microbiol Biotechnol 85: 525–534

Kadam, K. L., 1997. Power plant flue gas as a source of CO2 for microalgae cultivation: economic impact of different process options. Energy Convers Mgmt 38: 505–510

Karatay, S. E., Donmez, G., 2010. Improving the lipid accumulation properties of the yeast cells for biodiesel production using molasses. Bioresour Technol 101:7988–7990

Kerkhoven, E. J., Pomraning, K. R., Baker, S. E., et al. Regulation of amino-acid metabolism controls flux to lipid accumulation in *Yarrowia lipolytica*. NPJ Syst Biol Appl. 2016;2: doi:10.1038/npjsba.2016.6.

Laoteng, K. and Certik,M., 2010."Biotechnological productionand application of high-value microbial oils,"in Industrial Fermentation: Food Processes, Nutrient Sources and Production Strategies (Hauppauge,NY:NovaScience Publishers,Inc.),187–215.

Lennen, R. M. & Pfleger, B. F. Microbial production of fatty acid-derived fuels and chemicals. Curr. Opin. Biotechnol. 24, 1044–1053 (2013).

Lewis, N. M., Seburg, S., Flanagen, N. L. 2000. Enriched eggs as a sourced of n-3 polyunsaturated fatty acids for humans. Poult. Sci., 79: 971-974.

Li, Q., Du, W., Liu, D. H., 2008. Perspectives of microbial oils for biodiesel production. Appl Microbiol Biotechnol; 80: 749–56.

Li, W., Du, W., Li, Y. H., Liu, D. H., Zhao, Z. B., 2007. Enzymatic Transesterification of Yeast Oil for Biodiesel Fuel Production. Chin J Process Eng 7(1):137–140

Li, Y. H., Liu, B., Zhao, Z. B., Bai, F. W., 2006. Optimized culture medium and fermentation conditions for lipid production by *Rhodosporidium toruloides*. Chin J Biotechnol 22(4):650–656.

Liang, X. A., Dong, W. B., Miao, X. J., Dai, C. J., 2006. Production technology and influencing factors of microorganism grease. Food Res Dev 27(3):46–47

Liu, S. J., Yang, W. B., Shi, A. H., 2000. Screening of the high lipid production strains and studies on its flask culture conditions. Microbiology 27(2):93–97

Lv, J. M., Cheng, L. H., Xu, X. H., Zhang, L., Chen, H. L., 2010. Enhanced lipid production of *Chlorella vulgaris* by adjustment of cultivation conditions. Bioresour Technol 101:6797–6804

Ma, Y. L., 2006. Microbial oils and its research advance. Chin J Bioprocess Eng;4:7–11.

Mainul, H., Philippe, J. B., Louis, M. G., Alain, P., 1996. Influence of Nitrogen and Iron Limitations on Lipid Production by *Cryptococcus curvatus* Grown in Batch and Fed-batch Culture. Process Biochem 31(4):355–361.

Makri, A., Fakas, S., Aggelis, G., 2010. Metabolic activities of biotechnological interest in *Yarrowia lipolytica* grown on glycerol in repeated batch cultures. Bioresour Technol 101:2351–2358.

Mamatha, S. S., Ravi, R., Venkateswaran, G., 2009. Medium optimization of gamma linolenic acid production in *Mucor rouxii* CFR–G15 using RSM. Food Bioprocess Technol 1: 405–409.

Mast, B., Zohrens, N., Schmidl, F., et al. Lipid production for Microbial Biodiesel by the Oleaginous Yeast *Rhodotorula glutinis* using Hydrolysates of Wheat Straw and Miscanthus as Carbon Sources. Waste Biomass Valorization. 2014;5(6):955–962.

Meng, X., Yang, J. M., Xu, X., Zhang, L., Ni, Q.J., Xian, M., 2009. Biodiesel production from oleaginous microorganisms. Renew Energy; 34: 1–5.

Metting, F. B., 1996 Biodiversity and application of microalgae. J Ind Microbiol Biotechnol;17:477–89.

Miao, X. L., Wu, Q. Y.,2004. High yield bio-oil production from fast pyrolysis by metabolic controlling of Chlorella protothecoides. J Biotechnol;110:85–93.

Morita, T., Konishi, M., Fukuoka, T., Imura, T., Kitamoto, D., 2007. Microbial conversion of glycerol into glycolipid biosurfactants, mannosylerythritol lipids, by a basidiomycete yeast, *Pseudozyma antarctica* JCM 10317. J Biosci Bioeng 104(1):78–81.

Murphy, D., 1991. Storage lipid bodies in plants and other organisms. Prog Lipid Res 29:299–324.

Noweck, K., and Grafahrend, W., 2006."Fatty alcohols,"in Ullmann's Encyclopedia of IndustrialChemistry, edB.Elvers(Weinheim:Wiley-VCH), 117–141.

Osterhout, R. E. and Burgard, A. P., 2014. Microorganisms and Methodsfor Production of Specific Length Fatty Alcohols and Related Compounds. USPatent US 20140127765A1.Washington, DC:U.S.Patent and Trademark Office.

Papanikolaou, S. and Aggelis, G., 2002. Lipid production by Yarrowia lipolytica growing on industrial glycerol in a single-stage continuous culture. Bioresour Technol 82: 43–49

Papanikolaou, S., Galiotou-Panayotou, M., Chevalot, I., Komaitis, M., Marc, I., Aggelis, G., 2006. Influence of glucose and saturated free-fatty acid mixtures on citric acid and lipid production by *Yarrowia lipolytica*. Curr Microbiol 52:134–142

Papanikolaou, S. and Aggelis, G.,2011. Lipids of oleaginous yeasts. Part I: Biochemistry and biotechnology of single cell oil. Eur J Lipid Sci Technol; 113:1031-51. http://dx.doi.org/10.1002/ejlt.201100014

Patil, S., 2010. Lipid production from glucose and starch using *Lipomyces starkeyi*. M.S. thesis submitted to the Graduate School, UL Lafayette, Chemical Engineering Department, Lafayette, LA, USA

Peng, X., Chen, H., 2008. Single cell oil production in solid-state fermentation by *Microsphaeropsis* sp. from steam-exploded wheat straw mixed with wheat bran. Bioresour Technol 99:3885–3889

Ratledge, C. and Wynn, J. P., 2002. The biochemistry and molecular biology of lipid accumulation in oleaginous microorganisms. Adv Appl Microbiol 51: 1–51.

Ratledge, C., 2004..Fatty acid biosynthesis in microorganisms being used for single cell oil production. *Biochimie* 86,807–815.doi: 10.1016/j.biochi.2004.09.017

Schirmer, A., Rude, M., and Brubaker, S., 2012. Method for Producing a Fatty Alcoholor Fatty Aldehyde. USPatentUS8,268,599B2.Washington, DC:U.S. Patent and Trademark Office.

Shi, A. H., Gu, J. S., Liu, S. J., Ma, Y. J., 1997. Screening high oil yield yeast strains, fermentation conditions optimization and fat composition analysis. China Brewing 4: 10–13

Simopoulos, A. P., 1999. Essential fatty acids in health and chronic disease. Am.J. Clin.Nutr. 70,560–569.

Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., Isambert, A.,2006. Commercial applications of microalgae. J Biosci Bioeng 2006; 101:87–96.

Stredansky, M., Conti, E., Stredanska, S., Zanetti, F.,2000. γ-Linolenic acid production with *Thamnidium elegans* by solid-state fermentation on apple pomace. *Biosour Technol*; 73:41-5. http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00132-7

Thevenieau, F. and Nicaud, J. M., 2013. Microorganisms as sources of oils.Oilseed & fats Crobs and Lipids 20:6: 10.1051/ocl/2013034

Verma, N.M., Mehrotra, S., Shukla, A,. Mishra, B. N., 2010. Prospective of biodiesel production utilizing microalgae as the cell factories: a comprehensive discussion. Afric J Biotechnol 9(10):1402–1411.

Wang, L., Sun, Y. M., Wang, P. Z., Zhao, Z. B., 2005. Effects of metal ions on lipid production by fermentation with *Trichosporon fermentans*. J Dalian Institute Light Indust 24(4): 259–262.

Ward, O.P. and Singh, A., 2005. Omega-3/6 fatty acids:alternative sources of production. *Proces sBiochem.* 40,3627–3652.doi: 10.1016/j.procbio.2005.02.020

Westendorf, M. L., 2000. Food waste to animal feed. Iowa State University Press, Ames, p 298

Wu, S., Hu, C., Jin, G., Zhao, X., Zhao, Z. K., 2010. Phosphate-limitation mediated lipid production by *Rhodosporidium toruloides*. Bioresour Technol 101:6124–6129.

Wynn, J. P. and Ratledge, C., 2005."Microbial production of oils and fats,"in *Food Biotechnology, Second Edition Food Science and Technology*, eds K.Shetty, G.Paliyath,A.Pometto,andR.E.Levin(BocaRaton,FL:CRCPress),443–472.

Xiong, W., Li, X. F., Xiang, J. Y., Wu, Q. Y., 2008. High-density fermentation of microalga *Chlorella protothecoides* in bioreactor for microbio-diesel production. Appl Microbiol Biotechnol;78:29–36.

Xue, F., Gao, B., Zhu, Y., Zhang, X., Feng, W., Tan, T., 2010. Pilot scale production of microbial lipid using starch wastewater as raw material. Bioresour Technol 101:6092–6095

Yan, Z., Chen, J., 2003. Research advance on microbial oils and their exploitation and utilization. Journal of Cereals & Oils 7: 13–15

Yi. S. J., Zheng, Y. P., 2006. Research and application of oleaginous microorganism. China Foreign Energy 11(2):90–94.

Zhang, Y. W. and Liu, W.,2012. Advances in the research of microalgae bioenergy. Mar Sci;36:132–8.

Ziino, M., Lo Curto, R. B., Salvo, F., Signorino, D., Chiofalo, B., Giuffrida, D., 1999. Lipid composition of *Geotrichum candidum* single cell protein grown in continuous submerged culture. Bioresour Technol 67: 7–11

MİKROBİYAL PİGMENTLERİN ÜRETİMİ VE BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI

PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGICAL APPLICATIONS OF MICROBIAL PIGMENTS

Tuğba ORAK
(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Meryem DOYMUŞ
(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Prof. Dr. Mesut TAŞKIN
Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

ÖZET

Pigmentler doğal ve sentetik pigmentler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Doğal pigmentler mikroorganizmalar, bitkiler, hayvanlar ve insanlar tarafından üretilmektedir. Doğal pigmentlerin diğer kaynakları ile karşılaştırıldığında, pigment üretiminde mikroorganizmaları kullanmanın bazı avantajları vardır. Mikrobiyal pigmentlerin üretimi iklimden etkilenmez, ucuz ortamlarda üretilebilir, pigmentleri saflaştırmak daha kolaydır ve daha stabildir. Bazı algler, mayalar, küfler ve bakteriler mükemmel bir mikrobiyal pigment kaynağıdır. Örneğin, *Bacillus, Agrobacterium, Serratia* ve *Chromobacterium* cinslerine ait bakterilerin, *Monascus, Penicillium, Ashbya* ve *Fusarium* cisnlerine ait küflerin, *Rhodotorula, Xanthophyllomyces, Yarrowia* ve *Phaffia* cinslerine ait mayaların ve *Dunaliella* ve *Spirulina* cinslerine ait mikroalglerin iyi lipid üreten mikroorganizmalar olduğu rapor edilmektedir. Mikrobiyal pigmentler, umut verici bir alternatif doğal gıda sınıfı pigment kaynağı olarak kabul edilir. Mikrobiyal pigmentler katı hal fermantasyonu veya sıvı hal fermantasyonu yoluyla üretilebilmektedir. Ek olarak, rekombinant DNA teknolojisinde yüksek verimli ürün üretimi elde edilebilir. Mikrobiyal pigment üretimi sıcaklık, pH, havalandırma ve karbon kaynağı gibi parametrelerden erkilenmektedir. Sentetik renkler gıda, tekstil, kozmetik ve ilaç gibi çeşitli endüstrilerde yaygın olarak kullanılmasına rağmen; insanlar ve çevre üzerinde istenmeyen bazı toksik etkilere neden olabilmektedir. Aksine, mikrobiyal pigmentlerin, anti-kanser, anti-proliferatif, immünosupresif, anti-enflamatuar etkisi gibi birçok faydalı özelliğe sahip olduğu bildirilmiştir. Bu özelliklerden dolayı, mikrobiyal pigmentler tıbbi amaçlar için etkili bir şekilde kullanılabilir. Ayrıca, gıda ve tekstil endüstrisinde renklendirici olarak güvenle kullanılabilir. Örneğin, gıda endüstrisinde Riboflavin ve *Monascus* pigmentleri, ilaç endüstrisinde antosiyaninler kullanılmaktadır. Tekstil endüstrisinde kullanılan pigment örnekleri prodigiosinler ve violet pigmentleridir. Naylon, akrilik, ipek ürünleri üretiminde prodigiosinler; violet pigmenti ise saf ipek ve akrilik üretiminde kullanılır. Bu derlemede, mikrobiyal pigmentlerin, pigment üreten mikroorganizmaların özellikleri ve biyoteknolojik kullanımları vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: mikrobiyal pigment, antosiyanin, prodigiosin, antikanser

ABSTRACT

Pigments are divided into two catagories: natural and synthetic pigments. Natural pigments are produced by microorganisms, plants, animals and humans. Compared to the other sources of natural pigments, use of microorgansisms for pigment production have some advantages. The production of microbial pigments is not affected by the climate, their production can be performed on cheap media, it is easier to purify microbial pigments and they are more stable. Some algae, yeasts, molds and bacteria are an excellent source of microbial pigments. For example, the bacteria belonging to the genera *Bacillus*, *Agrobacterium*, *Serratia* and *Chromobacterium*, molds belonging to the genera *Monascus*, *Penicillium*, *Ashbya* and *Fusarium*, yeasts belonging to the genera *Rhodotorula*, *Xanthophyllomyces*, *Yarrowia* and *Phaffia*, and microalgs belonging to genera *Dunaliella* and *Spirulina* are reported to be good pigment producing microorganisms. Microbial pigments are accepted as a promising alternative source of natural food grade pigments. Microbial pigments may be produced by solid state fermentation or submerged fermentation. In addition, high yield product production can be achieved in recombinant DNA technology. Microbial pigment production is affected by parameters such as temperature, pH, carbon and carbon source. Although synthetic colors are widely used in various industries such as food, textiles, cosmetics and pharmaceuticals, they can cause some undesired toxic effects on humans and the environment. On the contrary, it has been reported that microbial pigments have numerous beneficial properties such as anti-cancer, anti-proliferative, immunosuppressive, antibiotic, anti-inflammatory effect. Due to these properties, microbial pigments can be effectively used for the medicinal purposes. Furthermore, they can be safely used as colouring agents in food and textile industries. For example, Riboflavin and *Monascus* pigments are used in the food industry and anthocyanins are used in the pharmaceutical industry. Examples of pigments used in the textile industry are prodigiosins and violet pigments. Prodigiosins in the production of nylon, acrylic, silk products; violet pigments are used in the production of pure silk, pure and acrylics. This review article emphasizes the properties of microbial pigments, pigment-producing microorganisms and their biotechnological uses.

Keywords: microbial pigment, anthocyanin, prodigiosin, anticancer

1. GİRİŞ

Latince kökenli pigment kelimesi renk anlamına gelmektedir. Biyolojik terminolojide hayvanlarda ve bitkilerde vücut sıvısında süspanse halde, dokuda birikintiler olarak hücre içinde granüllerde ya da hücre zarında bulunan renkli maddeler olarak tanımlanan pigment (Buxbaum 1998), görünür bölgedeki dalga boyu aralığında ışığı emen moleküllerdir. Renge özgü yapı enerjiyi yakalamaktadır ve bir elektronun bir dış yörüngeye uyarılması olayı gerçekleşmektedir. Bu olay sırasında absorblanmayan enerji, göz tarafından algılanacak şekilde kırılıp yansıyarak sinirsel uyarılar beyne iletilmektedir. Beyin bu sinyali renk olarak algılamaktadır (Hari et al. 1994).

Renk giydiğimiz kıyafetler, evimizdeki mobilyalar ve yemeğin cazibesi dahil tüm yaşam alanlarını etkilemektedir (Downham and Collins 2000; Manikprabhu and Lingappa 2013). Pigmentlerin renklendirici ajan olarak kullanımı, tarih öncesi zamanlara dayanmaktadır. Örneğin, bitkilerin klorofil olmadan kendi besinlerini nasıl üretebilecekleri veya hemoglobin olmadan vücutta oksijenin nasıl taşınabileceği düşünüldüğünde dünyadaki yaşamın pigmentlere bağlı olduğu söylenebilmektedir (Britton 1995). Pigmentler dünyanın farklı yerlerinde kullanılmıştır. Çin'de bitkiler ve böceklerle boyamanın 5.000 yıldan daha uzun bir süre önce yapıldığı gözlenmiştir (Gokhale et al. 2004; Aberoumand 2011). Kına, MÖ 2500'den önce kullanılmışken (Gulrajani 2001) Mısır'da mumyalar, alizarin varlığını gösteren renkli bir beze sarılmış olarak bulunmuştur (Aberoumand 2011).

Pigmentler doğal olarak sentezlenen pigmentler ve sentetik olarak sentezlenen pigmentler olarak ikiye ayrılmaktadır (Fabre et al. 1993). Sentetik pigmentler ise kendi içinde inorganik ve organik pigmentler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İnorganik pigmentler kadmiyum ve krom gibi metal elementleri içeren bileşiklerden; diğer tarafdan sentetik organik pigmentler ise benzen, anilin ve naftalin gibi organik bileşiklerden üretilen geniş, karmaşık kimyasal yapılardan oluşmaktadır. Organik pigmentler daha parlak, daha berrak ve daha zengin renk seçeneklerine sahiptir. Bütün bunlara ek olarak, organik pigmentler daha az opaktır, güneş ışığına, kimyasal bozulmaya, aşırı sıcaklığa daha az dirençlidir. Sentetik renklendiriciler zararlı etkileri nedeniyle yasaklanmıştır veya renklendiricilerin etiketlenmesine ilişkin daha sert yasalar oluşturulmuştur. Örneğin Sudan serisinin (Sudan I-IV) kırmızı renklendiricilerinin ithali, bu maddelerin kanserojen etkileri olduğundan dolayı yasaktır (Europe Environment 29 Jan 2004). Ayrıca, Avrupa Parlamentosu tarafından kabul edilen yeni yasal pakete göre, tartrazin, kuinolin sarı, gün batımı sarısı karmoisine, ponceau 4R ve allura kırmızı gibi sentetik renklendiriciler içeren gıdaların 'Çocuklarda aktivite ve dikkat üstüne olumsuz etkileri olabilir' şeklinde etiketlenmesi gerektirmektedir (Frisvad and Samson 2004).

Doğal pigmentler bitki, hayvan ve mikroorganizmalar tarafından üretilmektedir (Johns and Stuart 1991; Hanagata et al. 1992; Masahiro et al. 1994). Fakat bitkilerden elde edilen doğal pigmentlerin ışık ile instabil olma, ısı hassasiyeti, suda düşük çözünürlüğe sahip olma, yıl boyunca elde edilememe gibi dezavantajları vardır (Raisainen et al. 2002).

Doğal renklendiricilerin veya boyaların toksik ve kanserojenik olmaması, doğada biyolojik olarak çözünebilir olması nedeniyle güvenilir olduğu düşünülmektedir (Cristea and Vilarem 2006). Gıda maddesi, kozmetik ve ilaç üretimi işlemlerinde yaygın olarak kullanılan birçok yapay sentetik renklendiricilerin ciddi bir güvenlik sorunu oluşturması nedeniyle, pigmentlerin doğal kaynaklardan üretimi için proses geliştirmek, dünya çapında büyük ilgi çekmektedir (Vendruscolo et al. 2016).

2. MİKROBİYAL PİGMENTLER

Bakteri, maya, küf ve mikroagleri içeren tüm mikrobiyal dünyada pigment üreten türler belirlenmiştir. Bu mikroorganizmalar vücut sıvısı, toprak, bitki, hayvanlardan izole edilebilir, kültüre edilebilir ve saflaştırılabilmektedir (Tuli et al. 2015).

Mikroorganizmalar tarafından üretilen pigmentler; stabilitesi (Raisainen et al. 2002), kültüvasyon teknolojisini varlığı (Kim et al,1999; Parekh et al. 2000), kolay alt akım işlemleri (Joshi et al. 2003) nedeniyle daha caziptir. Mikroorganizmalar doğal pigment ve boyaların üretiminde daha yüksek yaşam formlarına göre verimlilik ve çok yönlülük avantajlarına sahiptir (Hajjaj et al. 2000). Ayrıca yapay ve inorganik renklendiricilere göre de bir takım avantajları vardır. Kimyasal sentezle karşılaştırıldıklarında mikroorganizmalarla pigment üretimi etkin ve yararlı bir işlemdir. Mikroorganizmalar ucuz kültür ortamında hızlı ve kolay bir şekilde gelişmektedir (Dufosse 2009) ve üretimi çevre koşullarından bağımsızdır. Bunlara ek olarak mikrobiyal renkler biyobozunabilir ve çevreyle dosttur (Joshi et al. 2003).

Pigment üreten bakterilere örnek olarak *Bacillus subtilis*, *Agrobacterium aurantiacum* (Ciapara et al. 2006) *Serratia marcescens* (Khanafari et al. 2006), *Chromobacterium violaceum* (Malik et al. 2012) ve *Janthinobacterium lividum* (Rao et al. 2017) ; küflere örnek olarak *Monascus purpureus* (Silveira et al., 2008), *Monascus ruber* (Vendruscolo et al. 2014). *Penicillium purpurogenum* (Mendez et al.2011), *Penicillium oxalicum* (Dharmaraj et al. 2009), *Ashbya gossypii* (Stahmann et al. 2000), *Fusarium sporotrichioides (*Dufosse, 2006); *mayalara örnek olarak Rhodotorula glutinis* (Panesar et al., 2015). *R. graminis* (Buzzini et al. 2005), *Xanthophyllomyces dendrorhous* (Dharmaraj et al. 2009), *Yarrowia lipolytica* (Carreira et al. 2001), *Phaffia rhodozyma* (Defusso 2006); alglere örnek olarak *Dunaliella salina* (Arun and Singh 2013), *Spirulina platensis* (Leema et al. 2010) verilebilir.

2.1.MİKROBİYAL PİGMENT TÜRLERİ

Mikroorganizmalar tarafından üretilen moleküller arasında karotenoidler, melaninler, flavinler, kinonlar ve daha spesifik olarak monasinler, violacein veya indigo bulunur (Dufossé et al. 2005 ; Dufossé 2006).

Tüm karotenoidler tetraterpenoiddir (Kocher and Muller 2011) ve 600'ü aşkın karotenoid vardır. Karotenoidler 2 sınıfa ayrılmaktadır: Oksijen içeren ksantofiller, oksijen içermeyip saf hidrokarbondan oluşan karotenler. En önemli karotenoidler alfa ve beta karotenler, cryptoxanthin, lutein, violaxanthin, neoxanthin, zeaxanthin, and canthxanthin (Rymbai et al. 2011). Karotenoid üreten mikroorganizmalar birkaç tanedir: *Flavobacterium multivorum* (Bhosale and Bernstein 2004), *Rhodobacter sphaeroides* (Chen et al. 2006), *Rhodotorula mucilaginosa* (Aksu and Eren 2005), *Sphingomonas* sp. (Silva et al. 2004), *Dunaliella* sp., *Blakeslea trispora*, *Phycomyces blakesleeanus*, *Mucor circinelloides*, *Fusarium sporotrichioides*, *Agrobacterium aurantiacum*, *Paracoccus carotinifaciens*, *Gordonia jacobea* (Dufosse,- 2006), *Sporidobolus salmoncolor*, *Rhodosporium paludigenum*, and *Rhodotorula glutinis* (Panesar et al. 2015).

Riboflavin, pek çok mikro organizma tarafından üretilen, suda çözünen sarı bir vitamindir. Riboflavin'in geleneksel kimyasal sentezinin yerini, Ascomycetes *Ashbya gossypii*, filamentli fungus *Candida famata* veya bakteri *Bacillus subtilis* kullanarak rekabetçi biyoteknolojik işlemler almaktadır (Stahmann et al. 2000). Riboflavin koenzimlerin, flavin mononükleotidin ve flavin adenin dinükleotidin yapısal bir bileşeni olarak görev yapmaktadır. Her iki koenzim, ATP üretiminde yer alan

taşıma sisteminde dehidrojenleştirici hidrojen taşıyıcıları olarak görev alarak enzimatik olmayan oksidasyon azaltma reaksiyonlarını katalize etmektedir. 30 yıldan uzun bir süredir yenidoğan sarılığı için fototerapi tedavisinin bir parçası olarak riboflavin takviyeleri kullanılmaktadır (Kutsal ve Özbaş 1989; Feroz 2010).

Prodigiosin *Serratia marcescens, Vibrio psychoerythrus, Rugamonas rubra,* actinomycetes *Streptoverticillium rubrireticuli* gibi çeşitli mikroorganizmaların ürettiği çok amaçlı bir kırmızı pigmenttir (Khanafari et al. 2006). Ayrıca *Pseudomonas magneslorubra, Vibrio gazogenes* ve *Alteromonas rubra*'nın da prodigiosin üretimi bildirilmiştir (Darshan ve Manonmani 2015). Prodigiosin üreten mikroplar geniş yayılım göstermektedir.

Violacein, çeşitli biyolojik aktiviteler sergileyen bir bakteri olan *Chromobacterium violaceum*'dan üretilen çok yönlü bir pigmenttir (Malik et al. 2012). *Chromobacterium violaceum* dışında, *Collimonas* sp., *Duganella* sp., *Janthinobacterium lividum, Microbulbifer* sp., *Pseudoalteromonas luteoviolacea, Psödoalteromonas tunicata* gibi farklı mikroorganizmalar tarafından da üretilmektedir (Rao et al. 2017).

Melaninler indolik polimerlerdir (Surwase et al. 2013). Bu bileşikler eumelaninler, feomelanlar ve allomelaninler olarak sınıflandırılmıştır (Banerjee et al. 2014). Melanin tüm canlı sistemlerde yaygın olarak bulunur ve hemen hemen her büyük taksonda bulunmaları evrimsel bir öneme sahiptir (Plonka and Grabacka, 2006). Melanin pigmenti *Colletotrichum lagenarium, Magnaporthe grisea, Cryptococcus neoformans, Paracoccidioides brasiliensis, Sporothrix schenckii, Aspergillus fumigates Aspergillus fumigates* (Langfelder et al. 2003) ve *Streptomyces* cinsinin birçok türü (Manivasagan et al. 2013) tarafından sentezlenmektedir.

Monascus pigmentleri, Ascomycetes ailesine ait *M. pilosus, M. purpureus, M. ruber* and ve *M. froridanus* küfleri tarafından üretilmektedir (Francielo et al. 2013). *Monascus*, gıda maddelerine kırmızı, turuncu ve sarı renk verilmesinde kullanılmaktadır. *Monascus*, yiyeceğe yalnızca renk katmakla kalmaz, aynı zamanda belirli bir lezzet verir (Abhishek et al. 2015). Kırmızı şaraplar, soya peyniri, sosis, jambonlar ve etlerde gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Renk bozulması bu pigmentler için ortak bir dezavantajdır (Chung et al. 2008).

2.2. MİKROBİYAL PİGMENTLERİN ÜRETİMİ

Fermantasyon tekniklerindeki gelişmeler renk pigmentlerinin kolay üretilmesine ve izole edilmesine yol açmıştır. Mikrobiyal pigmentler ya katı substrat fermantasyonuyla ya da sıvı hal fermantasyon yoluyla üretilebilmektedir. Kat hal fermantasyonunda (SSF),mikrobiyal biyokütlenin ekimi katı bir substratın yüzeyinde meydana gelmektedir (Araújo et al. 2010; Grossart et al. 2009). Bu teknik, atık su tasarrufu ve metabolitlerin verimi gibi birçok potansiyel avantaja sahiptir. Öte yandan, sıvı hal fermantasyonda, mikroorganizmalar aerobik olarak sıvı ortamda, hücrelerin ve ortam bileşenlerinin homojen büyümesini elde etmek için uygun havalandırma ile yetiştirilmektedir (Cho et al. 2002).

Ayrıca araştırmacılar karbon kaynağı, sıcaklık, pH, havalandırma oranı gibi çeşitli fermentasyon parametrelerinin pigment üretimi üzerindeki etkisini araştırmıştır (Vasanthabharathi et al. 2011). Bununla birlikte pigmentlerin üretiminde sentetik besiyerinin kullanım maliyetinin yüksek olmasından dolayı, yeni düşük maliyetli süreç ve özütleme prosedürü geliştirme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Atık organik malzemenin büyük ölçekli mikrobiyal pigment üretimi için kullanılması için çalışmalar sürdürülmektedir. Bazı çalışmalar, peynir altı suyu, elma ezmesi ve ezilmiş makarna gibi atık malzemelerden karotenoidlerin üretilmesine odaklanmıştır (Lampila et al. 1985).

Escherichia coli, Corynebacterium glutamicum, Bacillus subtilis, Pseudomonas putida gibi endüstriyel mikroorganizmaların genetik erişilebilirliği, bireysel üretim amaçlarına göre metabolik profilleri modifiye etmek için metabolik mühendisliği ile istenilen rekombinant suşların geliştirilmesine izin vermektedir. Rekombinant mikroorganizmalar genellikle heterolog şekilde eksprese edilen yola doğru rekabet eden yolaklardan kaçındığından, arzu edilen doğal ürünler tipik olarak hücrede kimyasal olarak ayrı maddeler olarak yapımaktadır (Chemler and Koffas 2008).

3. MİKROBİYAL PİGMENTLERİN BİYOTEKNOLOJİK UYGULAMALARI

3.1. ANTİMİKROBİYAL AJAN OLARAK PİGMENTLER

Dünyada çoklu ilaca dirençli bakterilerin ortaya çıkması ve bu tür patojenlerle savaşmak için antibiyotik eksikliği, tıbbi toplum için büyük bir endişe olmaya devam etmektedir (Manikprabhu and Li 2015). Mikrobiyal pigmentler çok çeşitli patojenlere karşı antimikrobiyal ajanlar olarak hizmet etmektedir. Karotenoidler, melaninler, flavinler, kinonlar, monasinler, violacein ve indigo gibi pigmentlerin iyi antimikrobiyal ajanlar olduğu bildirilmiştir (Malik et al. 2012). *Pseudomonas aeruginosa*'dan elde edilen piyosiyanin ve pyorubin gibi pigmentler, genellikle idrar yolu ve yara enfeksiyonlarıyla ilişkili olan *Citrobacter* sp.'ye karşı belirgin antibakteriyel aktivite göstermiştir. *Micrococcus luteus* KF532949'den üretilen pigmentler *Staphylococcus* sp., *Klebsiella* sp. ve *Pseudomonas* sp. gibi yara ile ilişkili patojenlere karşı umut verici antimikrobiyal aktivite göstermiştir (Umadevi and Krishnaveni 2013). *Streptomyces hygroscopicus*'tan elde edilen pigmentle; *Staphylococcus aureus*'un metisilin ve vankomisin dirençli suşları, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Klebsiella* sp. gibi ilaca dirençli patojenlere karşı iyi antimikrobiyal aktivite göstermiştir (Berlanga et al. 2000; Selvameenal et al. 2009). *Monascus ruber* tarafından üretilen pigmentler gıda kaynaklı bakterilere karşı antimikrobiyal aktivite göstermiştir (Vendruscolo et al. 2014). Ayrıca *Staphylococcus aureus, Klebsiella pneumoniae* ve *Vibrio cholerea* gibi insan patojenik bakterilerinin inhibisyonu, bir endofitik mantar türü olan *Monodicty castaneae*'nin pigmenti ile gözlemlenmiştir (Visalakchi and Muthumary 2010). *Chromobacterium violaceum*'dan izole edilen violet pigmentin hem Gram-pozitif hem de Gram-negatif bakterilere özellikle *S. aureus* ve *S. typhi* 'ye karşı geniş spektrumlu antibakteriyel aktiviteye sahip olduğunu bildirmiştir (August et al. 2000). *H. alkaliphilus* MSRD1 tarafından üretilen kırmızı pigmentin, *S. aureus*, *S. typhi*, *K. pneumonia*, *E. coli* ve *Salmonella paratyphi*'ye karşı güçlü antibakteriyel aktiviteye sahip olduğunu bulunmuştur (Suresh et al. 2015). *Monascus purpureus* pigmentlerinin, *S. aureus* 'a (*Chen* and Tseng 1989) karşı antibakteriyel aktivite gösterdiğini göstermiştir.

3.2. ANTİOKSİDAN AJAN OLARAK PİGMENTLER

Vücuttaki serbest radikallerin artması, kanser, diyabet, kardiyovasküler ve otoimmün hastalıklar gibi kronik hastalıkların görülme olasılığını artırmaktadır (Rankovic et al. 2011). Bunu önlemek için antioksidanlar kullanılmaktadır. Antioksidanlar serbest radikallere elektronlar vererek ve serbest radikal temizleme özellikleriyle onları nötrleştirerek hücresel hasarı geciktiren veya engelleyen moleküllerdir (Lobo et al. 2010). Karotenoid ve naftalinon gibi mikrobiyal pigmentler antioksidan aktiviteler göstermiştir (Tuli et al. 2015). Benzer şekilde, endofitik fungus *Stemphylium lycopersici* (Li et al. 2017) antrakinonları ve *Streptomyces glaucescens* NEAE-H tarafından üretilen melanin antioksidanlar olarak rapor edilmiştir (El-Naggar and El-Ewasy, 2017). Ksantomonadin benzeri pigment, antioksidan aktivite ve foto hasarına karşı koruma göstermiştir (Tuli et al. 2015). Benzer şekilde, bir antarktika bakterisi olan *Pedobacter* 'in üretiiği karotenoid pigmentin güçlü antioksidan kapasiteye sahip olduğu ve bakteriyi oksidatif hasara karşı koruduğu belirlenmiştir (Correa Llanten et al. 2012).

3.3. ANTİKANSER AJAN OLARAK MİKROBİYAL PİGMENTLER

Kanser, insanda bilinen en ölümcül hastalıklardan biridir. Pigmentlerin bazı kanser türlerinin tedavisinde çok önemli olduğu düşünülmektedir, çünkü mevcut tedavilerin çoğu tam koruma sağlayacak kadar etkili değildir (Chakraborty and Rahman 2012). Kansere karşı birçok ilaç geliştirilmiştir ve bugüne kadar da denenmeye devam edecektir. Ancak bu ilaçlara karşı yan etkiler ve direnç de keşfedilmiştir (Lowe and Lin 2000). Antikanser ajanlar olarak mikrobiyal pigmentleri kullanma çabaları başarılı tedavilerin temelini atmıştır. Birçok mikrobiyal pigment antikanser aktivitesine sahiptir. Antosiyanin çeşitli biyolojik aktiviteleri olan, sağlığı olumlu yönde etkileyen ve kanser riskini azaltma özelliği olan bir bileşikdir (Kong et al. 2003; Katsub et al. 2003). Prodigiosin sitotoksik böbrek, kolon, akciğer ve yumurtalık gibi çeşitli hücre hatlarında antiproliferatif potansiyele sahiptir. Ayrıca *Psödoalteromonas* sp. 1020R'den elde edilen prodigiosin, U937 lösemi hücrelerine karşı sitotoksisiteye sahiptir (Wang et al. 2012*). Streptomyces glaucescens* NEAE-H tarafından üretilen melanin, cilt kanseri hücre hattına karşı etkili olduğu gösterilmiştir (El-Naggar ve El-Ewasy, 2017). Antrakinonun mangrov endofitik mantardan türevleri *Alternaria* sp. ZJ9-6B'nin, insan meme kanseri hücre hatlarına karşı anti-kanser aktivitesi olduğu bildirilmiştir (Huang et al. 2011). *Monascus* sp.'den elde edilen pigmentler farklı kanser hücrelerine karşı kayda değer antikanser aktivitesi göstermiştir. Monasin gibi pigmentler, fare derisi kanserojenine karşı inhibe edici aktivite gösterirken, ankaflavin; Hep G2 ve A549 insan kanseri hücre hatlarına karşı inhibe edici aktivite göstermiştir. Benzer şekilde monaphilon A ve monaphilon B, HEp-2 insan larenks karsinomu hücre hatlarına karşı anti-proliferatif etki sergilemektedir (Feng et al. 2012). Prodigiosin benzeri pigment, 60'tan fazla kanser hücresi hattına karşı antikanser aktivitesi için test edilmiştir ve çoklu hücresel hedeflerin varlığı nedeniyle iyi bir antikanser aktivite gösterdiği belirtilmiştir (Darshan and Manonmani 2015).

3.4. BESİN RENKLENDİRİCİSİ OLARAK MİKROBİYAL PİGMENTLER

Monascus sp. tarafından üretilen kırmızı pigment, *Xanthophyllomyces dendrorhous* tarafından üretilen astaksantin, *Penicillium oxalicum*'dan elde edilen Arpink red™, *Ashbya gossypii* 'den elde edilen

riboflavin, *Blakeslea trispora* tarafından üretilen β-karoten ve *Erwinia uredovora* ve *Fusarium sporotrichioides* kaynaklı likopen gibi mikrobiyal kaynaklı pigmentler yiyeceklerin çekiciliğini artırmak için besinlere eklenmiştir (Dharmaraj et al. 2009). Riboflavin (yani B2 vitamini) gibi pigmentler içeceklerde, hazır tatlılarda ve dondurmalarda kullanılmaktadır. Karotenoidler, gıda kalitesini yoğun ışıktan koruyarak korumak için kullanılabilir (Chattopadhyay et al. 2008).

3.5. ANTİİNFLAMUTUVAR AJAN OLARAK MİKROBİYAL PİGMENTLER

Enflamatuar aktivitelerin kanserin ilerlemesi ile ilgili olduğu uzun zamandır anlaşılmaktadır. Kanser hücrelerinin, enflamatuar tepkilere aracılık etmede önemli rol oynayan çeşitli sitokinleri, kemokinleri ve reseptörlerini eksprese ettiği bilinmektedir (Arias et al. 2007; Farrow et al. 2004). Birçok anti-kanser bileşiği de iltihaplı hastalıkları tedavi etmek için kullanılabilir. Önceki çalışmalar, IL-6, IL-8, G-CSF, IFN-P ve MIP-1 gibi sitokinlerin ekspresyonunun karsinomda regüle edildiğini bildirmiştir (Rayburn et al. 2009). Bu nedenle bu tür enflamatuar mediatörlerin, kanserle mücadele ve önleme için güçlü bir strateji geliştirmek üzere inhibe edilmesi şarttır. Siyanobakterilerden ekstrakte edilen scytonemin pigmentinin anti-enflamatuar ve proliferatif etkisini değerlendirmiştir (Stevenson et al. 2002). Son çalışmalar, lipopolisakkarit (LPS) ile uyarılmış makrofajlarda anti-enflamatuar etkiden sorumlu olan scytonemin moleküler mekanizmalarını araştırmıştır.

3.6. TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE PİGMENTLER

Farklı kumaş türlerini boyamak için birçok mikrobiyal pigment kullanılmıştır. *Vidigio* sp. tarafından üretilen Prodigiosin yün, naylon, akrilik ve ipekleri boyayabilmektedir. *Fusarium oxysporum* kaynaklı antrakinon, yün kumaşları boyamak için kullanılabilir (Nagia ve El-Mohamedy, 2007). *Talaromyces verruculosus*'un sitotoksik olmayan kırmızı pigmenti pamuklu kumaş için yeterli bir renk tonu göstermektedir (Chadni et al. 2017). Mikrobiyal pigmentler farklı tekstillerde farklı renk tonları üretmektedir. *Thermomyces*'in sarı pigmentinin boyama yeteneği pamuk, ipek ve yün kumaşlar için değerlendirilmiştir. İpek kumaşın *Thermomyces* pigmentleri için diğer kumaşlarla karşılaştırıldığında yüksek afinite gösterdiği görülmüştür (Poorniammal et al. 2013). *Streptomyces* suşları NP2 ve NP4'ün koyu mavi ve kırmızı pigmentleri kullanılan malzemeye göre boyama kabiliyetinde önemli değişiklikler göstermiştir. Poliamid ve akrilik lifler canlı olarak boyanırken, pamuklu ve selülozik lifler zayıf boyanmıştır (Kramar et al. 2014).

4.SONUÇ

Sentetik pigmentlerin insan sağlığı ve çevre üzerine toksik etkileri nedeniyle kullanımı arzu edilmemektedir. Bunun yerine kullanılacak doğal pigmentler çevreye dosttur ve toksik etki göstermemektedir. Bu pigmentler bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalar tarafından sentezlenmektedir. Ancak mikrobiyal pigmentler çok yönlülüğü ve saflaştırılmasının kolay olması gibi nedenlerle daha çok tercih edilmektedir. Mikrobiyal pigmentler insan sağlığı için yararlı olan antimikrobiyal, anti enflamatuvar, anti kanserojen, antiproliferatif etkilere sahiptir. Ayrıca gıda endüstrisinde renklendirici ajan ve aroma verici ajan olarak ve tekstil endüstrisinde boya olarak kullanılmaktadır. Mikrobiyal pigmentler ucuz ve atık substratlar üzerinde gelişebilmektedir. Bu durum

atıkların yönetilmesini kolaylaştırdığı gibi pahalı organik pigmentlerin yerini ucuz, sağlıklı pigmentlerin almasını sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

Aberoumand, A., 2011. A review article on edible pigments properties and sources as natural biocolorants in foodstuff and food industry. World J. Dairy Food Sci. 6, 71–78.

Abhishek, K., Hari, S., Jyoti, S., Shipra, D., Mahendra, K.,2015. Microbial pigments: production and their applications in various industries. IJPCBS, 5:203-212.

Aksu, Z., and Eren, A. T., 2005. Carotenoids production by the yeast *Rhodotorula mucilaginosa*: use of agricultural wastes as a carbon source. Process Biochem. 40, 2985 2991. doi: 10.1016/j.procbio.2005.01.011

Araújo, H. W. C. D., Fukushima, K., Takaki, G. M. C., 2010. Prodigiosin production by *Serratia marcescens* UCP 1549 using renewable-resources as a Low cost substrate. Molecules 15:6931–6940.

Arias JI, Aller MA, Arias J (2007) Cancer cell; using inflammation to invade the host. Mol Cancer 6:29–39

Arun, N., Singh, D., 2013. Differential response of *Dunaliella salina* and *Dunaliella tertiolecta* isolated from brines of Sambhar Salt Lake of Rajasthan (India) to salinities: a study on growth, pigment

August, P., Grossman, T., Minor, C., Draper, M., MacNeil, I., Pemberton, J., Call, K., Holt, D., Osburne, M., 2000. Sequence analysis and functional characterization of the violacein biosynthetic pathway from *Chromobacterium violaceum*. J Mol Microbiol Biotechnol 2(4):513–519

Banerjee, A., Supakar, S., and Banerjee, R., 2014. Melanin from the nitrogen fixing bacterium *Azotobacter chroococcum*: a spectroscopic characterization. PLoS ONE 9:e84574. doi: 10.1371/journal.pone.0084574

Berlanga, M., Ruiz, N., Hernandez-Borrell, J., Montero, T., and Vinas, M., 2000. Role of the outer membrane in the accumulation of quinolones by *Serratia marcescens*. Can. J. Microbiol. 46, 716–722. doi: 10.1139/w00-052

Bhosale, P., and Bernstein, P. S., 2004. β-Carotene production by *Flavobacterium multivorum* in the presence of inorganic salts and urea. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 31, 565–571. doi: 10.1007/s10295-004-0187-9

Britton, G., 1995. Structure and properties of carotenoids in relation to function. *FASEB J.* 9, 1551–1558.

Buxbaum, G., 1998. Industrial Inorganic Pigments. WILEY –VCH,1,Germany.

Buzzini, P., Martini, A., Gaetani, M., Turchetti, B., Pagnoni, U. M., Davoli, P., 2005. Optimization of carotenoid production by *Rhodotorula graminis* DBVPG 7021 as a function of trace element concentration by means of response surface analysis. Enzyme Microb Technol 36:687–692. doi:10.1016/j.enzmictec.2004.12.028

Carreira, A, Ferreira, L. M., Loureiro, V. L., 2001. Brown pigments produced by *Yarrowia lipolytica* result from extracellular accumulation of homogentisic acid. Appl Environ Microbiol 67(8):3463–3468.

Chadni, Z., Rahaman, M. H., Jerin, I., Hoque, K. M. F., and Reza, M. A., 2017. Extraction and optimisation of red pigment production as secondary metabolites from Talaromyces verruculosus and its potential use in textile industries. Mycology 8, 48–57. doi: 10.1080/21501203.2017.1302013

Chakraborty, S., and Rahman, T., 2012. The difficulties in cancer treatment. Ecancermedicalscience. 6:ed16. doi: 10.3332/ecancer.2012.ed16

Chattopadhyay, P., Chatterjee, S., and Sen, S. K., 2008. Biotechnological potential of natural food grade biocolorants. Afr. J. Biotechnol. 7, 2972–2985. doi: 10. 5897/AJB08.433

Chemler, A., Koffas, M. A.,2008. Metabolic engineering for plant natural productbiosynthesis in microbes. Curr Opin Biotechnol;19:597–605.

Chen, D., Han, Y., and Gu, Z., 2006. Application of statistical methodology to the optimization of fermentative medium for carotenoids production by *Rhodobacter sphaeroides*. Process Biochem. 41, 1773–1778. doi: 10.1016/j.procbio.2006.03.023

Cho,Y. J., Hwang, H. J., Kim, S. W., Song, C. H., Yun, J. W., 2002. Effect of carbon source and aeration rate on broth rheology and fungal morphology during red pigment production by *Paecilomyces sinclairii* in a batch bioreactor. J Biotechnol 95:13–23

Chung, C .C., Chen, H. H., Hsieh, P. P., 2008. Optimization of the *Monascus purpureus* fermentation process based on multiple performance characteristics. Int J Grey Syst, 11:85-96.

Ciapara, I. H., Valenzuela, L. F. , Goycoolea, F. M., 2006. Astaxanthin: a review of its chemistry and applications. Crit Rev Food Sci Nutr 46(2):85–196.

Correa Llanten, D. N., Amenabar, M. J., and Blamey, J. M. (2012). Antioxidant capacity of novel pigments from an Antarctic bacterium. J. Microbiol. 50, 374–379. doi: 10.1007/s12275-012-2029-1

Cristea, D., Vilarem G.,2006. Improving light fastness of natural dyes on cotton yarn Dyes Pigments, 70, 238-245

Darshan, N., and Manonmani, H. K., 2015. Prodigiosin and its potential applications. J. Food. Sci. Technol. 52, 5393–5407. doi: 10.1007/s13197-015- 1740-4

Dharmaraj, S., Ashokkumar, B., and Dhevendaran, K.,2009. Food-grade pigments from Streptomyces sp. isolated from the marine sponge Callyspongia diffusa. Food. Res. Int. 42, 487–492. doi: 10.1016/j.foodres.2009.02.006

Downham, A. and Collins, P., 2000. Coloring our foods in the last and next millennium. *Int. J. Food Sci. Technol.* 35, 5–22. doi: 10.1046/j.1365-2621.2000.00373.x

Dufossé, L., Galaup, P., Yaron, A., Arad, ,. S. M., Blanc, P., Murthy, K. N. C., Ravishankar, G., 2005. Microorganisms and microalgae as sources of pigments for food use: a scientific oddity or an industrial reality? Trends in Food Science and Technology., 16(9), 389–406.

Dufossé, L.,2006. Production of food grade pigments. Food Technology and Biotechnology., 44(3), 313–321.

Dufosse, L., 2009. Pigments, microbial. Encyclopedia Microbiol. 4:457–471.

El-Naggar, N. E., and El-Ewasy, S. M., 2017. Bioproduction, characterization, anticancer and antioxidant activities of extracellular melanin pigment produced by newly isolated microbial cell factories Streptomyces glaucescens NEAE-H. Sci. Rep. 14:42129. doi: 10.1038/srep42129

Europe Environment 29 Jan 2004.

Fabre, C.E., Goma, G. and Blanc ,P. J., 1993. Production and food applications of the red pigments of Monascus ruber. Journal of Food Science, 58, 1099-1110.

Farrow, B., Sugiyama, Y., Chen, A., Uffort, E., Nealon, W., Mark, B. E., 2004. Inflammatory mechanisms contributing to pancreatic cancer development. Ann Surg 239(6):763–769

Feng, Y., Shao, Y., and Chen, F., 2012. *Monascus* pigments. Appl. Microbiol. Biotechnol. 96, 1421–1440. doi: 10.1007/s00253-012-4504-3

Frisvad, J. C. and Samson, R. A., 2004. Polyphasic taxonomy of Penicillium subgenus Penicillium. A guide to identification of food and air-borne terverticillate Penicillia and their mycotoxins. Stud. Mycol., 49, 1–173.

Feroz, M. S., 2010. Optimization of Riboflavin Production by Fungi on Edible oil Effluent. Master's thesis, Durban University of Technology, Durban.

Francielo V, Bruna LM, Denise EM, Debora D' O, Willibaldo S, Jorge LN: Thermal stability of natural pigments produces by Monascus ruber in submerged fermentation. Biocatal Agric Biotechnol 2013, 2:278-284.

Gokhale, S. B., Tatiya, A. U., Bakliwal, S. R., and Fursule, R. A.,2004. Natural dye yielding plants in India. Nat. prod. Radiance 3, 228–234.

Grossart, H. P., Thorwest, M., Plitzko, I., Brinkhoff, T,, Simon, M., Zeeck, A., 2009. Production of a blue pigment (glaukothalin) by marine rheinheimera spp. Int J Microbiol 2009:701735

Hajjaj, H., Blanc, P., Groussac, E., Uribelarrea, J., Goma, G. and Loubiere, P., 2000. Kinetic analysis of red pigment and citrinin production by *Monascus ruber* as a function of organic acid accumulation, Enzyme Microb. Technol., 27, 619-625.

Hanagata, N., Ito, A., Fukuju, Y. and Murata, K.,1992. Red pigmentformation in cultured cells of Carthamus-TinctoriusL.Bioscience Biotechnology and Biochemistry 56, 44–47.

Huang, C. H., Pan, J. H., Chen, B., Yu, M., Huang, H. B., Zhu, X., et al.,2011. Three

bianthraquinone derivatives from the mangrove endophytic fungus *Alternaria* sp. ZJ9-6B from the South China Sea. Mar. Drugs 9, 832–843. doi:10.3390/md9050832

Leema, M. J. T., Kirubagaran, R., Vinithkumar, N.V., Dheenan, P. S., Karthikayulu, S.,2010. High value pigment production from Arthrospira (Spirulina) platensis cultured in seawater. Bioresource Technology. 101; 9221–9227

Johns, M.R. and Stuart, D.M.,1991. Production of pigment by *Monascus purpureus* in solid culture. Journal of Industrial Microbiology 8, 23–28.

Joshi, V., Attri, D., Bala, A., Bhushan, S., 2003. Microbial Pigments. Indian J Biotechnol 2:362- 369.

Katsube, N., Iwashita, K., Tsushida, T., Yamaki, K., Kobori., M ., 2003. Induction of apoptosis in cancer cells by bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins. J Agric Food Chem 51(1):68–75

Khanafari, A., Assadi, M.M. and Fakhr, F.A., 2006. Review of prodigiosin, pigmentation in *Serratia marcescens*. *J. Biol. Sci.*, 6: 1-13.

Kim C. H., Kim S. W., Hong S. I., 1999. An integrated fermentation separation process for the production of red pigment by *Serratia* sp. KH-95. Process Biochem, 35: 485-490.

Kocher, S., and Muller, V., 2011. "The nature and function of carotenoids in the moderately halophilic bacterium *Halobacillus halophilus*," in Halophiles and Hypersaline Environments, eds A. Ventosa, A. Oren, and Y. Ma (Berlin: Springer), 303–317.

Kong, J. M., Chia, L. S., Goh, N. K., Chia, T. F., Brouillard, R., 2003. Analysis and biological activities of anthocyanins. Phytochemistry ,64(5):923–933

Kramar, A., Llic Tomic, T., Petkovic, M., Radulovic, N., Kostic, M., Jocic, D., et al. (2014). Crude bacterial extracts of two new Streptomyces sp. isolates as bio-colorants for textile dyeing. World. J. Microbiol. Biotechnol. 30, 2231–2240. doi: 10.1007/s11274-014-1644-x

Kutsal, T. and Ozbas, M. T., 1989. "Microbial production of vitamin B2 (riboflavin)," in Biotechnology of Vitamins, Pigments and Growth Factors, ed. E. J. Vandamme (Dordrecht: Springer), 149–166. doi: 10.1007/978-94-009-11 11-6_10

Lampila, L. E., Wallen, S. E., Bullerman, L. B., 1985. A review of factors affecting biosynthesis of carotenoids by the order *Mucorales*. Mycopathologia 90:65–80

Langfelder, K., Streibel, M., Jahn, B., Haase, G., and Brakhage, A. A., 2003. Biosynthesis of fungal melanins and their importance for human pathogenic fungi. Fungal Genet. Biol. 38, 143–158. doi: 10.1016/S1087-1845(02)00526-1

Li, F., Xue, F., and Yu, X., 2017. GC-MS, FTIR and Raman analysis of antioxidant components of red pigments from *Stemphylium lycopersici*. Curr.Microbiol. 74, 532–539. doi: 10.1007/s00284-017-1220-3

Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., and Chandra, N., 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods: impact on human health. Pharmacogn. Rev. 4, 118–126. doi: 10.4103/0973-7847.70902

Lowe ,S. W., Lin, A. W., 2000. Apoptosis in cancer. Carcinogenesis 21(3):485–495

Malik, K., Tokkas, J., and Goyal, S., 2012. Microbial pigments: a review. Int. J. Microb. Res. Technol. 1, 361–365.

Manikprabhu, D. and Lingappa, K., 2013. γ Actinorhodin a natural and attorney source for synthetic dye to detect acid production of fungi. *Saudi J. Biol Sci.* 20, 163–168. doi: 10.1016/j.sjbs.2013.01.004

Masahiro, K.O., Mine, K., Taya, M., Tone, S. and Ichi, T.,1994. Production and release of anthraquinone pigments by hairy roots of madder (Rubia tinctorum L.) under improved culture conditions.Journal of Fermentation and Bioengineering 77, 103–106.

Mendez, A., Perez, C., Montanez, C. J., Mrtinez, G., Aguilar, N.C., Red pigment production by *Pencillium purpurogenum* GH2 is influenced pH and temperature. Biomed Biotechnol 2011, 12:961-968.

Nagia, F. A., and El-Mohamedy, R. S. R., 2007. Dyeing of wool with natural anthraquinone dyes from Fusarium oxysporum. Dyes Pigments 75, 550–555. doi: 10.1016/j.dyepig.2006.07.002

Panesar, R., Kaur, S., and Panesar, P. S., 2015. Production of microbial pigments utilizing agro-industrial waste: a review. Curr. Opin. Food. Sci. 1, 70–76. doi: 10.1016/j.cofs.2014.12.002

Parekh S., Vinci V. A., Strobel R. J., 2000. Improvement of microbial strains and fermentation processes. Appl Microbio. Biotech. 54: 287-301.

Plonka, P. M., and Grabacka, M., 2006. Melanin synthesis in microorganisms biotechnological and medical aspects. Acta. Biochim. Pol. 53, 429–443.

Poorniammal, R., Parthiban, M., Gunasekaran, S., Murugesan, R., and Thilagavathy, R., 2013. Natural dye production from *Thermomyces* sp. fungi for textile application. Indian J. Fiber Textile Res. 38, 276–279.

Raisainen R., Nousiainen P., Hynninen P.H.,2002. Dermorubin and 5- chlorodermorubin natural anthraquinone carboxylic acids as dyes for wool. Textile Res J, 72: 973-976.

Rankovic, B. R., Kosanic, M. M., and Stanojkovic, T. P., 2011. Antioxidant, antimicrobial and anticancer activity of the lichens *Cladonia furcata*, *Lecanora atra* and *Lecanora muralis*. BMC. Complement. Altern. Med. 11:97. doi: 10.1186/ 1472-6882-11-97

Rayburn, E. R. , Ezell, S. J., Zhang, R., 2009. Anti-inflammatory agents for cancer therapy. Mol Cell Pharmacol 1(1):29–43.

Rymbai, H., Sharma, R. R., andManish, S., 2011. Biocolorants and its implications in Health and Food Industry - a review. Int. J. PharmTech Res. 3, 2228–2244.

Selvameenal, L., Radhakrishnan, M., and Balagurunathan, R., 2009. Antibiotic pigment from desert soil actinomycetes; biological activity, purification and chemical screening. Indian J. Pharm Sci. 71, 499–504. doi: 10.4103/0250-474X. 58174

Silva, C., Cabral, J. M. S., and Keulen, F. V., 2004. Isolation of a b-total carotenoids over-producing soil bacterium, Sphingomonas sp. Biotechnol. Lett. 26, 257–262. doi: 10.1023/B:BILE.0000013716.20116.dc

Silveira, S. T., Daroit, D. J., and Brandelli, A., 2008). Pigment production by *Monascus purpureus* in grape waste using factorial design. LWT Food Sci. Technol. 41, 170–174. doi: 10.1016/j.lwt.2007.01.013

Stahmann, K.P., Revuelta, J.L. and Seulberger, H., 2000. Three biotechnical processes using *Ashbya gossypii, Candida famata,* or *Bacillus subtilis* compete with chemical riboflavin production. *Appl. Microbiol. Biotech*., 53: 509–516.

Stevenson, C.S., Capper, E. A. , Roshak, A. K., 2002 Scytonemin— a marine natural product inhibitor of kinases key in hyperproliferative inflammatory diseases. Inflamm Res 51(2):112–114

Sudha Gupta, C., and Aggarwal, S., 2016. Dyeing wet blue goat nappa skin with a microbial colorant obtained from *Penicillium minioluteum.* J. Clean. Prod. 127, 585–590. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.03.043

Surwase, S. N., Jadhav, S. B., Phugare, S. S., and Jadhav, J. P., 2013. Optimization of melanin production by *Brevundimonas* sp. SGJ using response surface methodology. 3 Biotech 3, 187–194. doi: 10.1007/s13205-012-0082-4

Suresh, M., Renugadevi, B., Brammavidhya, S., Iyapparaj, P., Anantharaman, P., 2015. Antibacterial activity of red pigment produced by *Halolactibacillus alkaliphilus* MSRD1—an isolate from seaweed. Appl Biochem Biotechnol 176(1):185–195

Tuli, H. S., Chaudhary, P., Beniwal, V., and Sharma, A. K.,2015. Microbial pigments as natural color sources: current trends and future perspectives. J. Food. Sci. Technol. 52, 4669–4678. doi: 10.1007/s13197-014-1601-6

Umadevi, K., and Krishnaveni, M., 2013. Antibacterial activity of pigment produced from *Micrococcus* luteus KF532949. Int. J. Chem. Anal. Sci. 4, 149–152. doi: 10.1016/j.ijcas.2013.08.008

Vasanthabharathi, V., Lakshminarayanan, R., Jayalakshmi, S., 2011. Melanin production from marine *Streptomyces*. Afr J Biotechnol 10(54):11224–11234

Vendruscolo, F., Tosin, I., Giachini, A. J., Schmidell, W. and Ninow, J. L., 2014. Antimicrobial activity of *Monascus* pigments produced in submerged fermentation. J. Food Process Preserv. 38, 1860–1865. doi: 10.1111/jfpp.12157

Visalakchi, S., and Muthumary, J., 2010. Antimicrobial activity of the new endophytic *Monodictys castaneae* SVJM139 pigment and its optimization. Afr. J. Microbiol. Res. 4, 38–44.

Wang, Y., Nakajima, A., Hosokawa, K., Soliev, A. B., Osaka, I., Arakawa, R., et al., 2012. Cytotoxic prodigiosin family pigments from *Pseudoalteromonas* sp. 1020R isolated from the Pacific coast of Japan. Biosci. Biotechnol. Biochem. 76, 1229–1232. doi: 10.1271/bbb.110984

ANTIOXIDANT AND ANTIPROLIFERATIVE EFFECTS OF ETHANOLIC EXTRACT OF *INULA DİSCOİDEA* BOİSS

Res. Assist. Abdurrahim ÇETİN
Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Bingol University
Assist. Prof. Dr. Mehmet Kadir ERDOĞAN
Department of Occupational Health and Safety, Laboratory of Natural Product Research, Faculty of Health Science, Bingol University
Assist. Prof. Dr. İbrahim Halil GEÇİBESLER
Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Bingol University
Prof. Dr. Lütfi BEHÇET
Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Bingol University

ABSTRACT

The present study is aimed to analyze the antioxidant activity of ethanolic extracts of *Inula discoidea* Boiss. by DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) method, besides the antiproliferative effect. *Inula* L. genus is a member of Asteraceae family, and *I. discoidea* is a local endemic species (Province of Bingöl and Muş, from Turkey). The DPPH radical scavenging activity of ethanolic extracts of *I. discoidea* at 640 µg/mL concentration was 81.5%, while the same concentration was 92.1% and 93.7% for BHA (Butylated hydroxyanisole) and Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), that reference antioxidant substances, respectively. In consequence, ethanolic extracts of *I. discoidea* have a significant antioxidant effect compared to reference antioxidants trolox and BHA.

Keywords: DPPH, *Inula*, Antioxidant, Asteraceae, BHA

1. Introduction

Plant based phenolics received considerable interest due to their potential antioxidant, antimicrobial and anticancer effects. The fact that the toxic effects are very low or absent and that approximately 75% of the approved medicines are inspired by the plants, make the plants medically important. In recent years, many studies have been carried out on plant-derived phenolics and flavonoids. This is due to their natural antioxidant properties, pharmacological activities and free radical scavenging properties. *Inula* genus is a member of Asteraceae family, and is represented by 33 taxa and 27 species in Turkey. Several studies were reported that, the *Inula* genus have antioxidant, antibacterial, anti-inflammatory and anticancer activity (Spiridon *et al*., 2013; Mahmoudi *et al*., 2015; Lee *et al*., 2016; Lounis *et al*., 2018). *I. discoidea* (Fig 1), is a local endemic species spreading in Bingöl/Muş provinces (Aksoy and Paksoy, 2012), that 30-60 cm, rhizomatous perennial, stems ascending or erect (Grierson, 1975). The present study is aimed to elucidate the antioxidant effect of ethanolic extracts of *I. discoidea*.

Figure 1. *Inula discoidea* Boiss.

2. Materials and Methods:

2.1. Plant material: Endemic *I. discoidea* was collected from Bingol province during vegatation season of 2019. The identification of plant samples was made according to Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Grierson, 1975). Identification was confirmed by Lütfi Behçet, botanist (Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Bingol University, Bingol, Turkey). A voucher specimens was deposited (BIN 5956) in the Herbarium of Department of Biology, Faculty of Arts and Sciences, Bingol University, Bingol, Turkey.

2.2. Chemicals and reagents: BHA (Butylated hydroxyanisole), trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), and DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) was obtained from Sigma-Aldrich (Sigma-Aldrich Company, St. Louis, MO, USA). All chemicals used in studies were of analytical grade and all solutions were prepared with ethanol.

2.3. Extraction procedure: The collected plant samples were dried under appropriate conditions. The aerial parts of the plant samples were pulverized, and were extracted according to the method described in our previous studies (Erdoğan *et al*., 2019). Briefly, 20 g of plant samples were put on filter paper and placed in Soxhlet apparatus with 400 mL ethanol. To obtain the powder extract, the solvent was removed by evaporator and a vacuum oven. The main stock at a concentration of 1 mg/mL was prepared from the powder extract for the studies and kept at 4°C until use.

2.4. DPPH Assay: The antioxidant activity of ethanolic extract of *I. discoidea* (EEID) was determined by DPPH assay. DPPH radical scavenging activity of the EEID sample was evaluated according to the method described previously (Geçibesler *et al*., 2017). Briefly, 100 µL of DPPH solution (10 µM DPPH) and 100 µL of different concentrations (0, 10, 20, 40, 80, 160, 320 and 640 µg/mL) of EEID were added to each well of a 96-well microplate. The reaction was carried out in the dark for 30 minutes at room temperature. The absorption of the reaction mixture was then measured

using an ELISA reader at 517 nm at intervals of 5 minutes. DPPH radical scavenging activity was calculated on the basis of the following equation:

% DPPH scavenging activity = (C-S/C) x100.

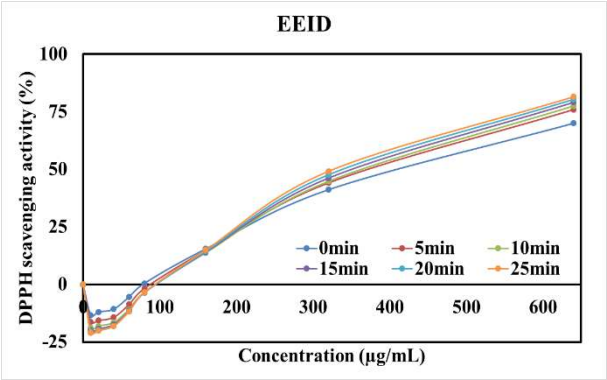
In the equation, C is the absorbance of the control and S is the absorbance of the sample.

2.5. Antiproliferative activity: The antiproliferative activity of EEID was tested on A549 human non-small cell lung cancer cells were cultured in DMEM (Dulbecco's Modified Eagle Medium) with 10% fetal bovine serum, 1% penicillin/streptomycin and incubated at 37°C in 5% CO_2. The cells were seeded in 96 well plates and treated with various doses of EEID. After 24 h treatment, WST-1 [Water Soluble Tetrazolium-1; 2-(4-Iodophenyl)-3-(4-nitrophenyl)-5-(2, 4-disulfophenyl)-2H-tetrazolium, monosodium salt)] assay was carried out to evaluate the dose dependent effect of EEID.

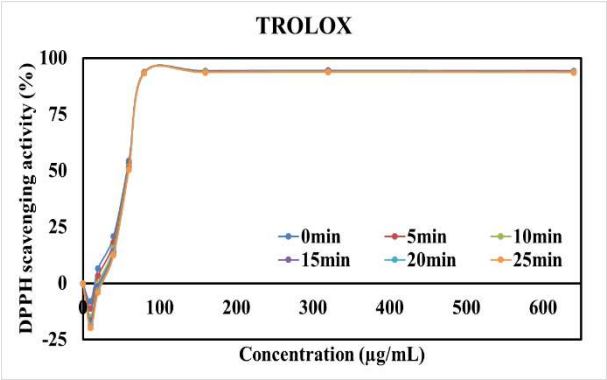
3. Results:

The DPPH radical scavenging activity of EEID, trolox and BHA, both dose and time dependent, is shown in Fig 2. EEID showed a time-dependent DPPH radical scavenging activity at different concentrations. The DPPH radical scavenging activity at a concentration of 640 µg/mL was 81.5%, while the same concentration was 92.1% and 93.7% for BHA and trolox reference antioxidant substances, respectively.

A



B



C

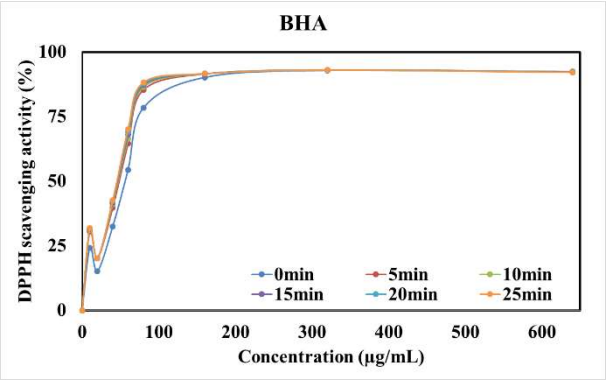


Figure 2. Dose and time-dependent kinetic DPPH radical scavenging activity of EEID (A), Trolox (B), and BHA (C). The various concentration (0, 10, 20, 40, 80, 160, 320 and 640 µg/mL) of EEID, trolox and BHA were tested and compared to control. The absorbances were measured by Elisa microplate reader at 517 nm wavelength, and at 0, 5, 10, 15, 20 and 25th minutes. The experiments were performed in three replications and the results were evaluated as mean±standard deviation.

In this study, EEID was found to have the ability to scavenging DPPH radicals in the medium in a kinetic controlled manner. This research study also showed that EEID exhibits stable scavenging ability in a medium with increasing concentration. In the kinetic study, it was observed that DPPH radical scavenging activity was low at 160 µg/mL concentration, but showed high activity above 320 µg/mL concentration. This activity of EEID can be attributed to compounds such as phenolic acid, flavonoids, steroids, and terponoid (Geçibesler *et al*., 2017; Geçibesler, 2019; Geçibesler and Erdoğan, 2019). Also EEID exhibited antiproliferative effects on A549 cells dose dependent manner. The highest dose of EEID (640 µg/mL) was significantly inhibited the proliferation of A549 human non-small cell lung cancer cells.

4. Discussion and Conclusion:

The therapeutic and preventive effects of plants have been used since ancient times. Today, plants are used in alternative medicine, especially because of their limited or no toxic effects and supportive properties of treatments. In particular, many compounds obtained by plants use in different fields. Also, side effects of synthetic antioxidants, such as teratogenic, mutagenic, carcinogenic, make the natural antioxidant resources valuable. Increased levels of reactive oxygen species and free radicals in the cells can trigger many diseases including cancer, cardiovascular disease and aging (Koca and Karadeniz, 2005). It is known that natural antioxidants can prevent the harmful effects of reactive oxygen species and free radicals (Falleh *et al*., 2012). Endemic species are of great interest due to the possibility that they may contain potential novel therapeutic compounds. *Inula* species have an important field of use in folk medicine and it has been shown that the species belonging to this genus contain many health-useful phenolic compounds. Various *Inula* species have been shown to exhibit antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial and anticancer activity and contain potentially beneficial compounds for health. In a previous study, it was reported that, some compounds isolated from *Inula viscosa* (L.) Aiton significantly scavenged the DPPH and ABTS radicals and changed the ROS levels of 3T3 and B16 cells (Danino *et al*., 2009). *Inula crithmoides* L. has been shown to be rich in phenolic compounds and has strong antioxidant and antimicrobial activity (Jallali *et al*., 2014). In the study carried out with three different *Inula* species, phenolic compounds of these species were determined and all three showed significant antioxidant, antibacterial and anticandidal effects (Gökbulut *et al*., 2013). *I. helenium* L. root extracts contain many different phenolic acids, terpenes and flavonoids (Spiridon *et al*., 2013). In this study we also revealed that, endemic *I. discoidea* has a significant DPPH radical scavenging activity. These

preliminary findings suggest that, *I.discoidea* may be considered as a possible antioxidant agent and may have important phenolic compounds. The results of this study will be supported by new antioxidant and anticancer studies in the future and we will be able to demonstrate the possible anticancer efficacy of this species in the light of new findings. Thus, the potential contribution of *I.discoidea* will be evaluated to the development of new therapeutic approaches in alternative and supportive treatment.

Conflict of interest

The authors declarated no conflict of interest.

References

Aksoy, A., Paksoy, M.Y. 2012. Inula Şu eserde Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M, Babaç, M.T. (edlr.). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler).Nezahat Gökyiğit Botnaik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul.

Danino, O., Gottlieb, H.E., Grossman, S., Bergman, M. 2009. Antioxidant activity of 1, 3-dicaffeoylquinic acid isolated from *Inula viscosa*. Food Research International, 42(9), 1273-1280.

Erdoğan, M.K., Ağca, C.A., Aşkın, H. 2019. Enhanced antiproliferative and apoptotic effects of 5-fluorouracil by combined with *Pistacia eurycarpa* Extracts on human colorectal cancer cells, Biological Diversity and Conservation, 12(1), 27-38.

Falleh, H., Ksouri, R., Boulaaba, M., Guyot, S., Abdelly, C., Magné, C. 2012. Phenolic nature, occurrence and polymerization degree as marker of environmental adaptation in the edible halophyte Mesembryanthemum edule. South African Journal of Botany 79, 117–124

Geçibesler, İ.H. 2019. Antioxidant activity and phenolic profile of Turkish *Celtis tournefortii*. Chemistry of Natural Compounds, 55(4), 738-742.

Geçibesler, İ.H., Behçet, L., Erdoğan, M.K., Aşkın, H. 2017. Antioxidant potencies and chemical compositions of essential oils of two endemic species grow in Turkey: *Astragalus oocephalus* subsp. *stachyophorus* and *Astragalus sericans*. Progress in Nutrition, 19, 60-67., Doi: 10.23751/pn.v19i1-S.5364

Geçibesler, İ.H., Erdoğan, M. 2019. A new nutraceutical resource from a rare native plant growing in Turkey and for its spectro-chemical and biological insights: Endemic Diplotaenia bingolensis (Apiaceae). Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 223, 117358, Doi: 10.1016/j.saa.2019.117358 (Yayın No: 5136967)

Gökbulut, A., Özhana, O., Satılmiş, B., Batçioğlu, K., Günal, S., Şarer, E. 2013. Antioxidant and antimicrobial activities, and phenolic compounds of selected Inula species from Turkey. Natural product communications, 8(4), 1934578X1300800417.

Grierson, A.J.C. 1975. in Davis.P.H flora of Turkey and East Aegean Islands (54-73) Edinburg at the Üniversty Press.Edinburg

Jallali, I., Zaouali, Y., Missaoui, I., Smeoui, A., Abdelly, C., Ksouri, R. 2014. Variability of antioxidant and antibacterial effects of essential oils and acetonic extracts of two edible halophytes: Crithmum maritimum L. and Inula crithmoïdes L. Food chemistry, 145, 1031-1038.

Koca, N., Karadeniz, F. 2005. Gıdalardaki Doğal Antioksidan Bileşikler. Gıda, Yıl:30, Sayı :4 Temmuz-Ağustos, 229-230.

Lee N.K., Jeewanthi, R.K.C., Park, E.H., Paik, H.D. 2016. Short communication: Physicochemical and antioxidant properties of Cheddar-type cheese fortified with Inula britannica extract. J. Dairy Sci. 99:83–88

Lounis, H., Bergheim, I., Bouhaimi, A., Guigonis, J.M., Belhamel, K. 2018. Anti-infammatory and antioxidant activities of Inula viscosa and Senecio anteuphorbium. Oriental Pharmacy and Experimental Medicine, 18:225–236

Mahmoudi, H., Hosnı, K., Zaouali, W., Amri, I., Zargouni, H., Hamida, N.B., Kaddour, R., Hamrouni, L., Nasri, M.B., Ouerghı, Z. 2015. Comprehensıve Phytochemıcal Analysıs, Antıoxıdant And Antıfungal Actıvıtıes Of Inula viscosa Aıton Leaves. Journal Of Food Safety Issn 1745-4565

Spiridon, I., Nechita, C., Niculaua, M., Silion, M., Armatu, A., Teacă, C. A., Bodîrlău, R. 2013. Antioxidant and chemical properties of Inula helenium root extracts. Open Chemistry, 11(10), 1699-1709.

SULU ORTAMDAN ASTRAZON YELLOW 5GL BOYAR MADDESİNİN UV/H_2O_2 PROSESİ İLE GİDERİMİNİN TAGUCHİ METODU KULLANILARAK OPTİMİZASYONU

OPTIMIZATION OF REMOVAL OF ASTRAZON YELLOW 5GL DYE MATERIAL FROM AQUEOUS MEDIA BY UV/H_2O_2 PROCESS USING TAGUCHİ METHOD

Neslihan ERAT

(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Saliha ERENTÜRK

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Son yıllarda su kirliliği kontrolü büyük önem kazanmıştır. Atık sularda bulunan boyar maddeler ve inorganik atıklar deşarj edildikleri su kaynağında kimyasal kirlilik yaparlar. Bu kirleticiler suyun içerdiği çözünmüş oksijen derişimini düşürür ve suda yaşayan canlıları olumsuz etkilerler. Ayrıca su kaynağının fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesine neden olurlar. Dolayısıyla su kalitesinde, biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında ve balıkçılıkta bozulmalara neden olarak suyun diğer amaçlarla kullanılmasını da engellemiş olurlar. Su kaynaklarına verilen boyar maddeler organik yük olarak bu kirliliğin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Tekstil ve boya endüstrilerinden kaynaklanan atık sular yüksek miktarda renk ve ilave kimyasallar içermektedir. Bu nedenle boyar madde içeren tekstil endüstrisi atık sularından renk giderim prosesleri ekolojik açıdan önem kazanmaktadır. Günümüzde boyar maddelerin giderimi büyük oranda fiziksel ve kimyasal yöntemler ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, Astrazon Yellow 5gl (AY5GL) boyar maddesinin UV/H_2O_2 oksidasyon prosesi ile giderimi araştırılmıştır. UV/H_2O_2 oksidasyon prosesinde, hidrojen peroksit varlığında UV radyasyonu ile oluşan temel oksidasyon ajanı hidroksil radikali (HO•), kirletici molekülü CO_2 ve H_2O'a dönüştürür. Yani, UV ışığı hidrojen peroksiti aktive ederek iki hidroksil radikaline parçalanmasını sağlar. Optimizasyon metodlarından Taguchi metodu kullanılarak en uygun koşullar belirlenmiştir. Taguchi yöntemi farklı parametrelerin, farklı seviyeleri arasından en iyi kombinasyonu saptamak için oldukça kullanışlı bir yöntemdir.

Her bir parametrenin, her bir seviyesini içeren tüm kombinasyonlar için oldukça fazla deneysel çalışma yapılması gereken durumlarda Taguchi yönteminde ortogonal dizi tablosu kullanılarak çok daha az sayıda deneysel çalışmayla sonuca ulaşmak mümkündür. Taguchi metodu ile belirlenen optimum koşullar UV/H_2O_2 prosesi için; boya konsantrasyonu:100 ppm, H_2O_2:25 mmol, lamba gücü:18X3 Watt ve pH:3,5'dur.

Optimum koşullar altında yapılan deneylerde UV/H_2O_2 prosesi için renk giderim yüzdesi; %99,99 ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) %81,4 olarak gözlemlenmiştir. Astrazon Yellow 5gl (AY5GL) boyar maddesinin gideriminde, UV/H_2O_2 oksidasyon prosesinin etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: UV/H_2O_2 prosesi, Taguchi, Renk giderimi.

ABSTRACT

In recent years, water pollution control has gained great importance. Dyestuffs and inorganic wastes in the waste water cause chemical pollution in the water source where they are discharged. These pollutants reduce the dissolved oxygen concentration in water and adversely affect aquatic organisms. In addition, the physical, bacteriological, radioactive and ecological properties of the water source cause negative changes. Therefore, they cause deterioration in water quality, biological resources, human health and fishery, thus preventing the use of water for other purposes. Dyes given to water resources constitute a large part of this pollution as organic load. Wastewater from the textile and dye industries contains a large amount of color and additional chemicals.

Therefore, color removal processes from textile industry wastewater containing dyes are gaining ecological importance. Nowadays, the removal of dyes is mostly done by physical and chemical methods.

In this study, the removal of Astrazon Yellow 5gl (AY5GL) dye by UV/H_2O_2 oxidation process was investigated. In the UV/H_2O_2 oxidation process, the main oxidation agent hydroxyl radical (HO•) formed by UV radiation in the presence of hydrogen peroxide converts the pollutant molecule into CO_2 and H_2O. That is, UV light activates hydrogen peroxide, allowing it to decompose into two hydroxyl radicals. Optimum conditions were determined by using Taguchi method which is one of the optimization methods. The Taguchi method is a very useful method to determine the best combination of different levels of different parameters.

In cases where a considerable amount of experimental work is required for all combinations involving each level of each parameter using the orthogonal sequence table in Taguchi method, it is possible to reach results with much less experimental studies. Optimum conditions determined by Taguchi method for UV/H_2O_2 process; dye concentration: 100 ppm, H_2O_2: 25 mmol, lamp power: 18X3 Watt and pH: 3.5.

The percentage of color removal for UV/H_2O_2 process in the experiments carried out under optimum conditions; 99.99% and chemical oxygen demand (COD) were observed as 81.4%. UV/H_2O_2 oxidation process was found to be effective in removing Astrazon Yellow 5gl (AY5GL) dyestuff.

Keywords: UV/H_2O_2 process, Taguchi, Color removal.

1. GİRİŞ

Su yaşamın temel öğelerinden biridir. Su canlının ve canlılığın ana gereksinimlerindendir [1,2]. Yerini başka bir şeyin alamayacağı doğal bir kaynak olup insan hayatı için oksijenden sonra gelen en önemli öğedir [3]. Su, yüzyıllar boyunca uygarlıkların kaderini belirleyen temel faktörlerden biri olmuştur.

Su kirliliği genel olarak suyun bulunduğu ortamlarda fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan doğal niteliğinin ve görünümünün bozulması olarak ifade edilmektedir. Meydana geliş sırasına göre temel olarak üç sınıfa ayrılmaktadır; fiziksel, kimyasal ve biyolojik. Fiziksel temele dayanan kirlilik suyun bulanıklığı, rengi ve sıcaklığı gibi özelliklerinin bozulmasından kaynaklanan kirliliktir. Sularda organik ve inorganik maddelerin varlığından kaynaklanan kirlilik, kimyasal kirliliktir. Genelde karşılaşılan tipi ise boyalar, deterjanlar, proteinler, yağlar ve karbonhidratlar sebebiyle oluşan organik kirliliktir. Biyolojik kirliliğe sudaki patojenik bakteri, alg ve mantarlar neden olur [4,5].

İnsan sağlığını önemli ölçüde tehdit eden yeryüzündeki kirlilik faktörleri içinde yer alan temel unsurların başında su kirliliği gelmektedir. Dünya Sağlık Örgütünün verilerine ilişkin olarak, gelişmekte olan ülkelerde meydana gelen hastalıkların %80 gibi ciddi bir oranı içme suyundan kaynaklanmaktadır. Sularda bulunan iyon çeşitlerine ve miktarlarına bağlı olarak insan sağlığı üzerinde etkisi de değişmektedir. Kimyasal maddeler içeren sular, insanlarda fizyolojik, akut ya da kronik rahatsızlıklara sebebiyet vermektedir [6].

Tekstil endüstrisi, Türkiye'deki endüstri kolları arasında en gelişmiş ve en fazla ihracat payına sahip olan endüstri kollarından bir tanesidir. En fazla ihracata sahip olmasına rağmen, en fazla çevre kirliliği yaratan sanayi dallarından biri olma özelliğine de sahiptir.

Tekstil ürünlerinin üretimi, işlenmesi ve boyanması esnasında oldukça yüksek miktarda su kullanılmakta, doğal olarak da yüksek miktarda atık su açığa çıkmaktadır. Boyama gücüne ve işleme yöntemine bağlı olarak boyama tanklarındaki derişimleri 10-1000 mg/L aralığında değişim göstermektedir. Boyama işlemine maruz kalan kumaşlar işlem sırasında hidrolizlenmiş boya moleküllerinin %50-70' ini absorblar ve tanktaki geriye kalan boya çözeltisi, durulanma işlemiyle %20-40' lık oranlara kadar seyreltilir. Tekstil ürünlerinin boyandığı, son ürünlerin elde edildiği boyama ve sonlanma aşamalarında daha yaygın kullanılmaktadır. Boyama ve sonlanma aşamalarında kullanılmış olan su atık su olarak sonlanmaktadır. Bu da deşarj edilmeden önce bir arıtım işleminden geçmesi gerekmektedir.

Boyama aşamalarında kullanılan boyar maddelerin sık olarak değiştirilmesi de pH, renk ve atık suyun kimyasal oksijen gereksinimi değerleri oluşan atık suyun özelliklerinde değişimlere neden olmaktadır [7]. Tekstil endüstrisi atık suları farklı yapıdaki birçok bileşen içermektedir. Üretim esnasında polimerleşmemiş monomer, işlenmesi esnasında proses atıkları ve boyama esnasında da boya fazlası atık suyun ana bileşenlerini oluşturmaktadır. Tekstil endüstrisi atık sularında bulunan boyar maddelerin bileşimi ve kompozisyonu günlük, hatta saatlik olarak değişebilmektedir [8].

Tekstil atık suyunun genel olarak bileşimi;

• Su içinde kalan fazla miktarlardaki boyaların sebebiyet verdiği yoğun renk,

• Boyama proseslerindeki reaksiyonların gerektirdiği yüksek sıcaklık dolayısıyla oluşan yüksek sıcaklık

• Yüksek molekül ağırlığa sahip sentetik tekstil yardımcı maddeler ve boyalar kaynaklı, kritik kimyasal oksijen gereksinim değerlerinin büyük miktarı,

• Tuz karakterini taşıyan yardımcı maddelerin, bu taşımadan kaynaklı meydana gelen yüksek elektriksel iletkenlik değerleri,

• Ağır metal ve yüksek sülfit derişimleri gibi özellikleriyle karakterize edilmesinin yanı sıra, sert su özelliğine sahip işlem esnasında kullanabilmek amaçlı yumuşatmaya yarayan fosfatın eklenmesiyle de yüksek fosfat içeriği ile de karakterize edilebilinir [9].

Genellikle düşük ve orta koyulukta seyreden atık su, çok koyu bir renge de sahip olmakla beraber, atık su renk şiddeti de farklı olabilmektedir [10]. Ayrıca, kompleks kimyasal yapılarından ve sentetik orijinlerinden dolayı tekstil endüstrileri atık sularında bulunan bir çok boyar maddenin renk giderim işlemi oldukça güçtür. Boyar maddeler asidik, bazik, dispers, azo, diazo, antrakinon temelli ve metal kompleks gibi değişik karakterlerde bulunabilmektedir. Bu nedenle her karakterdeki atığı arıtabilecek ortak bir yöntemin belirlenmesi gerekmektedir.

1.1. TEKSTİL ATIK SULARINDA KULLANILAN ARITIM YÖNTEMLERİ

Boyar madde içeren tekstil atık sularından renk giderimi için çeşitli fiziksel, kimyasal metodlar ve biyolojik arıtma sistemleri kullanılmaktadır.

Fiziksel yöntemler;

• Çökelme ya da çöktürme
• Adsorpsiyon
• Filtrasyon
• Ters ozmoz gibi yöntemlerden oluşmaktadır [11].

Biyolojik yöntemlerin temeli ise, atık sularda çözünen ve çözünmeyen organik maddeleri mikroorganizmaların enzimleriyle özümleyerek kolay ayrılabilen çamur haline gelmesidir [12].

Kimyasal yöntemler arasında;

• Oksidatif prosesler
• İyon değişim yöntemi
• Fotokatalitik metod
• Membran filtrasyonu
• Flotasyon yöntemi
• Kimyasal koagülasyon metodu
• Elektrokimyasal metodlar yer almaktadır.

Kimyasal arıtma işleminde arıtma sırasında yeni kimyasallar kullanılmakta, bir taraftan atıklar arıtılırken diğer taraftan arıtma atıkları oluşmaktadır.

Geleneksel kullanılan arıtma yöntemlerine ek olarak radyasyonla arıtma da tekstil sektöründe önemli sayılabilecek bir yöntem olarak arıtma yöntemleri arasında yerini almıştır.

Radyasyon teknolojisinde arıtma için herhangi bir kimyasal madde katkısının bulunmaması arıtma sonucunda yeni atıkların oluşumunu da ortadan kaldırmaktadır.

Ayrıca, tekstil kaynaklı atık sular, yüksek derişimlerde zehirli boyar maddeler içermektedir. Kullanılan boyaların büyük bir çoğunluğu biyolojik olarak parçalanamamakta, bu nedenle bilinen sıradan proseslerde işlenmesi yeterli olmamaktadır [13]. Bu tip atık sularda renk giderimi, kimyasal ve biyolojik oksijen ihtiyacının temel kaynağı olan renksiz organik maddelerin ortamdan uzaklaştırılması kadar önemlidir. Atık suların renkli olması suyun ışık geçirgenliğini engelleyerek sudaki canlıların yeterince fotosentez yapmasını önler. Bu nedenle sudaki çözünmüş oksijen miktarı azalır [35].

Mevcut teknolojiler atık su problemlerinin tamamını etkin bir şekilde çözmede yetersiz kalmaktadırlar. Bu nedenle daha etkin yöntemler araştırılmaktadır. Radyasyon teknolojisi de bu yeni ve etkin yöntemlerden bir tanesidir. Son yıllarda yapılan çalışmalar pek çok renkli malzemenin iyonlaştırıcı radyasyona maruz kaldığında renginde değişim olduğunu göstermiştir. Radyasyonun etkisi ile sulu çözeltilerde suyun radyolizi sonucunda oluşan temel ürünlerin ($H^{\cdot}$ ve $^{\cdot}OH$ radikalleri) yardımıyla boya molekülleri etkin olarak parçalanabilmektedir [35].

Boya tekstil endüstrisinde oldukça fazla kullanılmaktadır. Suya renk veren boyalar estetik nedenlerden dolayı su kullanıcıları için istenmeyen unsurdur [14]. Tekstil boyama proseslerinden atık su olarak çıkan renkli organikler olan boyalar sudaki canlı yaşama zarar vermektedir [15].

1.2. BOYAR MADDE

Renk, ışığın dalga boyuna bağlı bir özelliğidir. Işığın nesnelere çarparak gözümüze yansımasıyla oluşan duyumlardır. Uygulanan malzemeye kalıcı olarak rengini veren, karmaşık yapılı ve yoğun renkli organik bileşikler boyar madde olarak adlandırılmaktadır [16,17]. Ayrıca boyalar, delokalize elektron sistemine sahip aril halkalar içeren yapılarla iyonik, aromatik organik bileşiklerdir. Boyanın rengi kromofor grubun varlığı ile sağlanır [18]. Boyar maddelerin çoğu suda çözünmekle beraber renk dağılımlarının düzenli olması

amacıyla sulu çözelti halinde uygulanmaktadırlar [16,17]. Boyalar uygulama ve kimyasal yapılarına göre sınıflandırılıp doğal ve yapay birçok türü bulunmaktadır. Son zamanlarda kullanılmakta olan boyar maddelerin birçoğu, petrolden veya kömür katranından elde edilen benzen grubu hidrokarbonlardan elde edilmektedir [16,17].

1.3. İLERİ OKSİDASYON PROSESLERİ (İOP)

Atık su arıtımındaki yöntemleri fiziksel arıtma, kimyasal arıtma, biyolojik arıtma, ileri oksidasyon yöntemleri olmak üzere 4 ana başlık altında toplayabiliriz. İleri oksidasyon prosesleri, birçok farklı moleküler yapıda organik ve inorganik kirleticinin giderimi için etkin arıtma yöntemleridir. İOP sayesinde arıtım süresi oldukça kısalmaktadır. İleri oksidasyon proseslerinin en önemli avantajları, toksik ve kalıcı özellikteki organik maddeleri zararsız son ürünlere dönüştürebilmesidir [19,36].

İleri oksidasyon proseslerinde genellikle reaktif, güçlü yükseltgen $^{\cdot}OH$ radikalleri boya moleküllerinin parçalanmasında temel rol oynamaktadır [20]. İleri oksidasyon prosesleri, ilk kez içilebilir su iyileştirmesi için 1980 yılında önerilmiştir. Ayrıca etkili su arıtımı için yeterli miktarda ($^{\cdot}OH$) radikallerinin üretimini içermesi olarak tanımlanır. Daha sonra, ileri oksidasyon prosesleri kavramı sülfat radikalleri ($SO_4^{\cdot-}$) ile yükseltgeme proseslerine genişlemiştir. Alışılagelmiş oksidantlardan farklı olarak, örneğin klor ve ozon arıtma ve dezenfeksiyon gibi çift etkiye sahiptir [21,22]. Su ve atık sularda organik ya da inorganik kirleticilerin uzaklaştırılması için birincil olarak ileri oksidasyon prosesleri uygulanır [23,24]. İleri oksidasyon prosesleri atık su iyileştirilmesi için uygulandığında, bu radikaller kuvvetli bir yükseltgenme ajanı olarak, atık su kirleticilerini yeterli düzeyde bozması onları daha az zararlı ürüne ve hatta toksik olmayan ürünlere dönüştürmeleri beklenmektedir [25]. Atık su arıtımına dair son zamanlarda geliştirilmekte olan bir iyileştirme yöntemidir [26]. İleri oksidasyon prosesleri verimli olmaları, seçici olmamaları ve geniş kullanıma sahip olmaları nedeniyle tercih sebebi olan bir

yöntemdir. Toksik ve biyolojik parçalanmaya dirençli organik maddelerin zararsız yapılara dönüşmesini sağlayan bir yöntemdir. Son zamanlarda boyaların oluşturduğu atık suların iyileştirilmesi için birçok araştırma İleri oksidasyon proseslerine yoğunlaşmaktadır [27,36].

1.3.1. HİDROJEN PEROKSİT PROSESİ (UV/H_2O_2)

UV/H_2O_2 prosesi çeşitli su kirleticilerinin başarılı bir şekilde arıtımını sağlayan ileri oksidasyon proseslerinden biridir. Bu proses hidroksil radikalleri gibi güçlü yükseltgeyici türlerin oluşumunu ele almaktadır. Reaktif radikaller verimlilikte organik kirleticileri bozundurabilmektedir[28].Bu metotla boyar madde H_2O_2 varlığında UV ile birlikte karbondioksit ve suya parçalanmaktadır. Parçalanma sonucu yüksek konsantrasyonda hidroksil radikalleri üretilmektedir. UV, H_2O_2 gibi aktif molekülleri kullanır ve boyar madde giderim hızı UV ısınının yoğunluğuna, ortamın pH'ına ve boyar maddenin yapısına bağlıdır.

Renk giderimi işleminin süresi ortamda bulunan metallere, inorganik asitlere, organik aldehitlere ve organik asitlere bağlıdır [29]. Hidrojen peroksitin UV ile ışınlanması foto-dekompozisyon ile önce çok kuvvetli bir oksidan olan OH radikali oluşturur. ·OH radikali klordan 2,05, H_2O_2'den 1,58, ozondan 1,35 kat daha güçlüdür. Oksitleme etkisi pH'a bağlıdır. Ancak pH arttıkça OH da bozunacağından bir optimum pH vardır [30]. Fotokimyasal proselerin gerçekleşmesi için gerekli olan temel iki parametreden birincisi ışık diğeri de bu ışıkla radikal oluşturacak veya radikale dönüşecek maddedir. Fotokimyadaki genel dalga boyu aralığı 100-1000 nm'dir. 1000 nm'den daha fazla dalga boyuna sahip olan fotonların enerjisi absorplandığında kimyasal değişime sebep olamayacak kadar düşüktür ve 100 nm'den düşük dalga boyundaki fotonların enerjisi de iyonizasyona ve radyasyona neden olacak kadar (radyasyon kimyası) yüksektir [31].

Aşağıda UV/H_2O_2 sistemi için öngörülen reaksiyon basamakları gösterilmektedir [32].

1. $H_2O_2 + hv \rightarrow 2HO\cdot$

Hidroksil Radikal Yayılımı ve Sonlanımı

2. $H_2O_2 + HO\cdot \rightarrow HO\cdot_2 + H_2O$
3. $2HO\cdot \rightarrow H_2O_2$
4. $HO\cdot_2 + HO\cdot \rightarrow H_2O + O_2$
5. $HO\cdot$ + boya → Ürün
6. $HO\cdot_2$ + boya → Ürün
7. $HO\cdot_2 + H_2O_2 \rightarrow HO\cdot + H_2O + O_2$

Toplam Reaksiyon

H_2O_2 + boya +hv → Ürün [36]

1.3.1.a. UV/H_2O_2 PROSESİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

UV/H_2O_2 Prosesine etki eden faktörler;

- ✓ pH etkisi
- ✓ Oksidan (H_2O_2) dozunun etkisi
- ✓ Kirletici derişimi
- ✓ Reaksiyon süresi

- ✓ Sıcaklık

1.4. TAGUCHİ YÖNTEMİ

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra Müttefikler, Japon telefon sisteminin kalitesinin çok kötü olduğunu ve uzun vadeli iletişim için uygun olmadığını tespit ettiler. Sistemi iyileştirmek için İttifak karargah merkezleri, en gelişmiş iletişim sistemlerini geliştirmek için araştırma tesisleri kurulmasını önerdi. Japonya ve Taguchi, ürün kalitesini geliştirmek ve Ar-Ge verimliliğini arttırmaktan sorumlu Elektronik Haberleşme Laboratuvarını (ECL) kurdular. Mühendislik deneyleri ve testleri için çok fazla zaman ve para harcadığı gözlemlendi. Yaratıcı beyin fırtınası süreci nadiren kaynak harcamalarını en aza indirmeye odaklanır. Taguchi, denetim, tarama ve geri dönüşüm sürecinin kaliteyi arttırmadığını belirtti. Yapılan hiçbir inceleme kaliteyi ürüne geri getiremez. Bu nedenle, kalite kavramının geliştirilen korunma üzerine dayanması gerektiğini düşünmektedirler.

Taguchi, mühendislik deneyleri sürecini en iyi hale getirmek için yeni yöntemler geliştirmeye başladı. Ona göre, kaliteyi arttırmanın en iyi yolu onu ürün içinde tasarlamak ve oluşturmaktır.

Günümüzde Taguchi olarak bilinen teknolojiyi geliştirdiler. Asıl katkısı, matematik formülünün deneysel tasarımında değil, beraberinde getirdiği felsefede yatmaktadır. Felsefesi, geleneksel uygulamalardan farklı olan benzersiz ve güçlü bir kalite geliştirme tekniğini oluşturmasıdır. Çevre, makine aşınması ve "çetin" veya etkilenmeyen mevsimsel ve günlük değişimlerin diğer harici etkenleri için üretim sistemi geliştirmiştir. Felsefesi çok kapsamlı bir etkiye sahiptir, ancak üç basit kavrama dayanmaktadır.

Tekniği tamamen bu üç fikirden gelmektedir [33].

1. Üründe kalite denetim yapılmaksızın tasarlanmalıdır.
2. Hedeften sapmayı en aza indirgeyerek daha iyi kalite elde edilebilir ve ürün, kontrol edilemeyen çevresel faktörlerden etkilenmeyecek şekilde tasarlanmalıdır.
3. Maliyetin niteliği stveart sapmanın bir fonksiyonu olarak ölçülmelidir ve zarar, sistem genelinde ölçülmelidir.

1.4.1. TAGUCHİ YÖNTEMİ DÖRT ADIMDA UYGULANIR

1. Ürün/proses, önemli kalite özellikleri ve tasarım parametrelerine yönelik beyin fırtınası yapılır.
2. Tasarım ve deney aşaması.
3. En iyi durumu belirlemek için sonuçlar analiz edilir.
4. Testi onaylamak için en iyi şartlar kullanılır.

Proses tasarım parametreleri, imalat ve proses parametrelerini kontrol edebilen optimum şartların belirlenmesinde kullanılır. İki ürün ve proses tasarım parametresindeki amaç; etkenlerin en iyi ürün değerini seçerek kontrol edilebilmesi ve elde edilen değişim ve kontrol edilemeyen etkenler için proses değişiminin en aza indirilmesidir [34].

1.5. MINITAB

MINITAB, çok çeşitli temel ve gelişmiş veri analizi becerileri sağlayan güçlü, kullanımı kolay istatistiksel bir pakettir. MINITAB'ın doğrudan komut yapısı, kullanıcıların çok çeşitli arka planları ve

deneyimleri kullanmalarını sağlar. MINITAB, PC'ler ve Macintosh bilgisayarlarda ve önde gelen iş istasyonlarının, mini bilgisayarların ve ana bilgisayarların çoğunda çalışır. MINITAB, sürüm ve bilgisayar platformuna göre değişse de, MINITAB'ın çekirdekleri (çalışma sayfaları ve komutları) aynıdır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. TAGUCHİ METODU İLE UV/ H_2O_2 PROSESİNDE DENEY TASARLAMA

UV/H_2O_2 deneylerinde farklı parametreler ve farklı seviyeler ile çalışılmıştır. Belirlenen parametreler boya konsantrasyonu, Fe^{2+} konsantrasyonu, H_2O_2 konsantrasyonu, açık lamba gücü ve pH'tır. Çizelge 2.1'de UV/H_2O_2 prosesi için Taguchi denemelerinde kullanılan değişkenler ve aralıkları verilmiştir. Parametreler ve seviyeler belirlendikten sonra Taguchi optimizasyon metodu ile çalışılacak olan ortgonal dizin L16 seçilmiştir. Deney sonuçlarında elde dilen renk giderim verimleri programa cevap olarak girilmiştir. AY5GL boyar maddesinden renk giderim veriminde maksimum değere ulaşmak istediğimiz için en büyük en iyi performans istatiği eşitliği kullanılmıştır.

Çizelge 2.1.UV/H_2O_2 prosesi için Taguchi denemelerinde kullanılan değişkenler ve aralıkları

FaktörlerSeviyeler				
	0	1	2	3
A: pH	2	3,5	4	5
B:H_2O_2 konsantrasyonu (mmol)	20	30	40	50
C: Fe^{2+} konsantrasyonu(mmol)	0,5	1	1,5	2
D:Boya konsantrasyonu(ppm)	25	50	75	100

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

İleri oksidasyon yöntemlerinden biri olan UV/H_2O_2 prosesi ile AY5GL boyar maddesinin renk giderimi çalışılmıştır. Renk giderimini etkileyen parametreler; pH, boya konsantrasyonu, H_2O_2 konsantrasyonu ve UV lamba gücü'dür. Boyarmadde gideriminin maksimum olması için gerekli seviyelerin belirlenmesinde optimizasyon metodlarından Taguchi yöntemi kullanılmıştır. L16 ortogonal dizin kullanılarak 16 deney yapılmıştır. Denemeler sonucunda elde edilen renk giderim yüzdeleri cevap olarak Taguchi metodu L16 ortogonol dizinine girilmiştir. Toplanan veriler, Minitab16 programının Taguchi analiz kısmında çözümlenmiştir. Elde edilen sonuçlarla Taguchi metoduna göre yapılacak değerlendirmede UV/H_2O_2 prosesinin AY5GL boyarmaddesinin gideriminde optimum deneysel şartların oluşturulması Minitab 16 programı ile sağlanmıştır. Çalışılan parametrelerin en etkin seviyeleri Taguchi metodu ile analiz edilmiştir. AY5GL boyarmaddesinde en etkili seviyeler; boya konsantrasyonuiçin 100 ppm, pH için 3,5, UV lamba sayısı 3x18W ve H_2O_2 için ise 25 mmol olarak tespit edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan AY5GL boyar maddesini içeren atık sularda AY5GL'nin ortamdan uzaklaştırılması üzerine çalışmalar yapılmıştır. UV/H_2O_2 prosesi metodu uygulanarak renk giderim verimleri üzerine pH, Fe^{+2} konsantrasyonu, H_2O_2 konsantrasyonu ve açık lamba gücü parametrelerin etkileri araştırılmıştır. UV/H_2O_2 prosesinin amacı UV ışını altında asit ortamında Fe^{+2} iyonları içeren sulu bir sisteme H_2O_2 ilave ederek hidroksil radikallerinin oluşumunu sağlamak ve boya moleküllerinin kromofor veya kromojen yapısını oksidasyon yoluyla yıkarak renksizleştirmeyi sağlamaktır.

AY5GL boyar maddesi ile gerçekleştirilen UV/H_2O_2 çalışmalarında elde edilen sonuçlar boyalı atık sulardan rengin etkili bir şekilde giderilebileceğini göstermiştir. Deneylerde Astrazon Yellow 5gl boyar maddesi gideriminde en etkili seviyeler; boya konsantrasyonu için 100 ppm, pH için 3,5, UV lamba sayısı 3x18W ve H_2O_2 için ise 25 mmol'dür. Bu değerlerde en iyi giderim yüzdesi tespit edilmiş ve Astrazon Yellow 5gl (AY5GL) için %99,9 oranında renk giderimi sağlanmıştır. Buna göre en etkili koşulların sağlanması durumunda AY5GL için %99'nin üzerinde giderim verimlerine ulaşılmıştır.

5. KAYNAKÇA

[1] Baysal, A., Genel Beslenme Bilgisi, Hatipoğlu Yayınevi, Baysal, 1989:9 Ankara, 1989.

[2] Akın G., Güleç E., Sağır M., Gültekin T., Bektaş Y., 2005:133, Yaşlanma ve yaşlanmayı geciktiren çevresel etmenler, III. UlusalYaşlılık Kongresi 16-19 Kasım, 127-137, Türkiye, İzmir, 2005.

[3] Ulusoy, K., Küresel Ticaretin Son Hedefi: Su Pazarı, Kristal Kitaplar Yayınevi, 2007:25, Ankara, 2007.

[4] Koparal, S.A., Sudaki boyarmaddelerin bir elektrokimyasal reaktörde renklerinin giderilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 1991.

[5] Doğan F., Uygulamalı Çevre Bilimi ve Çevre Epidemiyolojisi, Ege Üniversitesi Ödemiş Sağlık Meslek Yüksek Okulu Yayınları, Ödemiş, 35-55, 1998.

[6] Karaoğlu , M. H., Sulu Çözeltilerden Bazı Boyar Maddelerin Fizikokimyasal Yöntemlerle Giderimi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 2007.

[7] İnce, N.H. and Tezcanlı, G., Treatability of textile dye-bath effluents by advanced oxidation: preparation for reuse, Water. Sci. Tech. 40(1),183,1999.

[8] Ö. Kantoğlu, S. Özvatan, T. Konaç, Treatment of textile wastewater by gamma rays, IX.th National Congress of Nuclear Sciences and Technologies, İzmir, Türkiye, 2005.

[9] Rott, U. And Minke, R., Overview of wastewater treatment and recycling in the textile processing industry, Wat. Sci. Tech. 40(1), 137, 1999.

[10] Lin, S.H. and Peng, C.F., Treatment of textile wastewater by electrochemical method, Wat. Res., 28(2),277, 1994.

[11] Doğar, Ç., Bazı reaktif boyaların elektrokoagülasyonunun kavramsal ve istatiksel olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.

[12] Tutuş, A. Ve Eroğlu, H., Kağıt atıksularının çevreye olan zararları ve arıtılması, Kayseri 1.Atık Su Sempozyumu, Kayseri, 87-92, 1998.

[13] Chang, J.-M., Kuo, T.-S., Kinetics of bacterial decolorization of azo dye with Escherichia coli N03, Biores. Technol., 75, 107-111, 2000.
[14] C.C. Chen, A.J. Chaudhary, S.M. Grimes, Photodegradation of acid blue 29 and ethyl violet in the presence/absence of sodium hydroxide andaluminumions, J.Hazard.Mater. 117, 171–178, 2005.114
[15] D.R. Acosta, A.I. Martinez, A.A. Lopez, C.R. Magana, Titanium dioxide thin films: the effect of the preparation method in their photocatalytic properties, J. Mol. Catal. A: Chem., 228 273–283, 2005.
[16] Kirişken, B. ve Kalkan, A., Tekstil boyarmaddeleri, Bitirme Çalışması, Celal Bayar Ünivesitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Manisa, 2002.
[17] Kurbanova, R., Mirzaoğlu, R., Ahmedova, G., Şeker, R. ve Özcan, E., Boya ve tekstil kimyası ve teknolojisi, Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi yayınları, Konya, 1998.
[18] M.A.S., Al-Ghouti, Mechanisms and chemistry of dye adsorption on diatomite and modified diatomite, PhD Thesis, Queens University of Belfast, 2004.
[19] Parsons, S., Advanced oxidation processes for water and wastewater treatment, IWA Publications, 2004.
[20] Krapfenbauer, K., Wolfger, H., Getoff, N., Hamblett, I., Navaratnam, S., Pulse radiolysis and chemical analysis of azo dyes in aqueous solution. I. P phenylazoaniline, Radiat. Phys. Chem. 58, 21–27, 2000.
[21] Cho M,ChungH,ChoiW, Yoon J.Different inactivationbehaviors of MS-2 phage and Escherichia coli in TiO2 photocatalytic disinfection, Appl EnvironMicrobiol., 71(1):270–5,2005.
[22] Saratale, R.G., Saratale, G.D., Chang, J.S., and Govindwar, S.P.,Bacterial decolorization and degradation of azo dyes: a review, J. Taiwan Inst. Chem. Eng. 42: 138–157, 2011.
[23] Cho M,ChungH,ChoiW, Yoon J., Different inactivation behaviors of MS-2 phage and Escherichia coli in TiO2 photocatalytic disinfection, Appl EnvironMicrobiol.;71(1):270–5, 2005.
[24] Ikai H, Nakamura K, Shirato M, Kanno T, Iwasawa A, Sasaki K, et al., Photolysis of hydrogen peroxide an effective disinfection system via hydroxyl radical formation, Antimicrob Agents Chemother.;54(12):5086–91, 2010.
[25] Auguliaro, V., Davi, E., Polmisano, L., et al., Influence of Hydrogen Peroxide on the Kinetics of Phenol Photodegradation in Aqueous Titanium Dioxide, Dispersion , Applied Catalysis, 65, 101-116, 1990.
[26] N.L. Stock, J. Peller, K. Vinodgopal, P. Kamat, Environ. Sci. Technol. 34,1747, 2000.
[27] T.C. An, X.H. Zhu, Y. Xiong, Chemosphere 46, 897, 2002.
[28] Mantha D, Aslam Basha Z, Panda T., Optimization of media composition by response surface methodology for the production of tartaric acid by Gluconobacter suboxydans, Bioprocess Engineering, 19:285–8, 1998.
[29] Çatalkaya E, Bali B, Şengul F., Photochemical degradation and mineralization of 4-chlorophenol, Environ Sci and Pollut Res;10(2):113–20, 2003.
[30] Sheriff, T.S., Cope, S., Ekwegh, M., Calmagite dye oxidation using in situ generated hydrogen peroxide catalysed by manganese(ii) ions, Dalton Trans., 5119, 2007.

[31] P. Soares, J.M. Órfão, Dionísia Portela ,António Vieira , Manuel Fernando R. Perira , Ozonation of textile effluents and dye solutions under continuous operation: Influence of operating parameters, Journal of Hazardous Materials B., 137: 1664 –1673, 2006.

[32] Wei Chu and Chi-Wai Ma, Quantitative prediction of direct and indirect dye ozonation kinetics, Water Research, 34: 3153-3160, 2000.

[33] Unal, Resit, and Edwin B Dean. 1990. "Taguchi Approach to Design Optimization for Quality and Cost: An Overview."

[34] Taguchi, Genichi, and Seiso Konishi. 1987. Taguchi Methods: Orthogonal Arrays and Linear Graphs-Tools for Quality Engineering. American Supplier Institute, Center for Taguchi Methods.

[35] Erat, N. (2018). "Optimization of removal of astrazon yellow 5gl dye material from Aqueous media by fenton and UV/H_2O_2 processes using taguchi method." Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

TAGUCHİ OPTİMİZASYON METODU KULLANILARAK SULU ORTAMDAN ASTRAZON YELLOW 5GL BOYAR MADDESİNİN FENTON PROSESİ İLE GİDERİMİ

REMOVAL OF ASTRAZON YELLOW 5GL DYE MATERIAL FROM AQUEOUS MEDIA WITH FENTON PROCESS BY USİNG OPTİMİZATİON METHODS TAGUCHİ

Neslihan ERAT

(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Saliha ERENTÜRK

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Atık sulardan boyar maddelerin gideriminde; kimyasal oksidasyon, membran filtrasyonu, koagülasyon ve flokülasyon, ters ozmoz ve adsorpsiyon gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. İleri oksidasyon prosesleri (İOP) oksidant olarak H_2O_2, O_3, O_2, peroksimonosülfat, persülfat vb. kullanan ve kirlenmiş yeraltı sularının, yüzeysel suların ve biyolojik olarak parçalanması zor organik maddeleri içeren atıksuların arıtımında kullanılan önemli arıtma prosesleridir. İleri oksidasyon prosesleri (İOP) oksidasyon potansiyeli yüksek $OH^{\cdot}$ radikallerinin üretimine dayanan proseslerdir. İleri oksidasyon prosesleri (İOP) arasında yaygın olarak kullanılan önemli bir proses, demir katalizi eşliğinde H_2O_2'nin ayrışmasına dayanan Fenton reaktifidir. Su arıtım yöntemlerinden biri olan ileri oksidasyon süreçleri arasında yer alan Fenton tipi prosesler boya moleküllerinin oksidasyonundaki başarıları, işletimlerinin kolaylığı ve göreceli olarak düşük maliyetleri ile dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, son yıllarda ileri oksidasyon prosesleri olarak bilinen, temelinde hayli aktif olan ve azo boyalar gibi organik bileşikleri, seçici olmadan oksitleme kapasitesine sahip hidroksil radikali oluşturan Fenton prosesi kullanılarak Astrazon Yellow 5gl (AY5GL) boyar maddesinin sulu ortamdan giderimi araştırılmıştır. Optimizasyon metodlarından Taguchi metodu kullanılarak en uygun koşullar belirlenmiştir. Bu metot; ürünlerin kalitesinin iyileşmesinde etkili olmasının yanı sıra, kalite geliştirmede çok daha az deneme ile daha iyi sonuç alma imkânını vermektedir. Bunun yanında felsefe olarak, kalitenin tasarım ve proseste sağlanmasını öngörmektedir. Bu metodda faktör seviyelerinin tespit edilmesinde; gözlem yöntemi, sıralama yöntemi, sütun farkları yöntemi, varyans analizi yöntemi ve faktör etkilerinin grafiksel gösterimi yöntemlerinden birisi uygulanmaktadır.

Taguchi metodu ile belirlenen optimum koşullar fenton prosesi için; boya konsantasyonu:100 ppm, Fe^{2+}:1,5 mmol, H_2O_2:40 mmol ve pH:3,5'dur.

Optimum koşullar altında yapılan deneylerde fenton prosesi için renk giderim yüzdesi; %98,7 ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) %80,4'tür. Astrazon Yellow 5gl (AY5GL) boyar maddesinin gideriminde, Fenton oksidasyon prosesini etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fenton prosesi, Taguchi, Renk giderimi.

ABSTRACT

In the removal of dyes from waste water; chemical oxidation, membrane filtration, coagulation and flocculation, reverse osmosis and adsorption. Advanced oxidation processes (IOP) as H_2O_2, O_3, O_2, peroxymonosulfate, persulfate and so on. These are important treatment processes used in the treatment of contaminated groundwater, surface water and wastewater containing biologically difficult organic materials. Advanced oxidation processes (IOPs) are processes based on the generation of $OH^{\cdot}$ radicals with high oxidation potential. An important process commonly used among advanced oxidation processes (IOP) is the Fenton reagent, which is based on the decomposition of H_2O_2 with iron catalysis. Fenton type processes, which are among the advanced oxidation processes which are one of the water treatment methods, are remarkable with their success in oxidation of dye molecules, ease of operation and relatively low costs. In this study, the removal of Astrazon Yellow 5gl (AY5GL) dye from aqueous medium was investigated by using Fenton process, which is known as advanced oxidation processes in the last years, which is based on highly active and capable of selectively oxidizing organic compounds such as azo dyes.

Optimum conditions were determined by using Taguchi method which is one of the optimization methods. This method; In addition to being effective in improving the quality of the products, it provides better results with much less experimentation in quality improvement. In addition, as a philosophy, quality and design of the process is provided. In this method, in determining factor levels; observation method, sorting method, column differences method, variance analysis method and graphical representation of factor effects are applied.

Optimum conditions determined by Taguchi method for fenton process; dye concentration: 100 ppm, Fe^{2+}: 1.5 mmol, H_2O_2: 40 mmol and pH: 3.5. The percentage of color removal for the fenton process in experiments performed under optimum conditions; 98.7% and chemical oxygen demand (COD) is 80.4%. It was concluded that Fenton oxidation process was effective in removing Astrazon Yellow 5gl (AY5GL) dyestuff.

Key Words: Fenton process, Taguchi, Color removal.

1. GİRİŞ

Günümüzde endüstrileşmenin artmasıyla etkilenen çevresel sorunların başında su kirliliği gelmektedir. İnsanların hayatsal faaliyetlerini gerçekleştirebilmesi için suyun önemi büyüktür ve su bir yaşam ortamıdır. Bu nedenle günümüzde endüstriyel üretim sonucu meydana gelen atık suların, çevreye zararsız olacak şekilde iyileştirme yöntemlerinden geçmesine oldukça önem verilmektedir.

Dünyada en çok su tüketen endüstri sektörlerinin başında tekstil endüstrisi gelmektedir. Tekstil endüstrisi boya gibi çeşitli zor ayrışan ve bozunmayan maddeler içeren atık sular üretmektedirler. Bu yüzden bu tip atık suların çevreye serbest bırakılması gerçekten önem arz eden bir konudur [1]. Bu durumda tekstil endüstrisinin oluşturduğu atık sular oldukça ciddi çevresel bir sorundur. İleri teknolojik cihazlar ve modern teknolojiler kullanılmasına rağmen, tekstil en çok su tüketen endüstriler arasında en yüksek paya sahip olup, yüksek miktarda atık su üretmektedir [2-3].

Boya yapısal olarak bozunmaya dayanıklı, kimyasal olarak kararlı, biyobozunmayan, toksik ve kanserojenik maddeler olması sorunun önemini oluşturmaktadır [4].

1.1. TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN BOYAR MADDELER

Boya; bir yüzeye uygulandığında koruyucu bir tabaka oluşturan aynı zamanda dekoratif amaçlı renk verme işlemlerinde de kullanılan malzeme olarak tanımlanmaktadır. Sentetik organik boyalar, yapısında benzen, naftalin, antrasen olan mürekkep terkipli bileşiklerden oluşmaktadır. Bu boyaların elde edilmesi için ara maddeler aromatik hidrokarbonlar; benzen, toluen, naftalinin türevleri; anilin, benzidin, toludin, aftilamin gibi maddeler kullanılmaktadır [5]. Sentetik boyaların bir çok endüstride kullanıldığını bilinmektedir. Kağıt, boya, baskı, tekstil endüstrisi sentetik boyaların en yaygın kullanıldığı endüstrilerden olup, artan sanayileşmenin bir sonucu olarak yılda yaklaşık 700.000 ton civarında boya üretimi gerçekleşmektedir.

Hem üretim hem de tüketim aşamalarından artan boya miktarı dikkate alındığında bu renkli suların oluşturduğu çevresel kirliliğin ne derece önemli olduğu anlaşılmaktadır [6]. Tekstil endüstrisinde boyar maddeler sentetik ve doğal elyafı renklendirmek üzere kullanılır. Kullanılan boyar maddeler boyama kalitesini etkileyen en önemli unsurdur [7]. Boyamada kullanılan bu maddeler organik yapıdadır ve boyanacak cisim veya malzeme ile dayanıklı olarak birleşir ve cismin yüzeyinin yapısının değişmesine sebep olurlar. Ayrıca bu maddeler süspansiyon ya da çözelti şeklinde değişik yöntemler ile boyanan cismin yüzeyi fizikokimyasal ya da kimyasal etkileşime girer. Tekstilde kullanılan boyar maddeler genellikle organik bileşiklerdir [8]. Tekstil endüstrisi atık sularının içerisinde bulunan, genellikle biyolojik olarak ayrışmaya karşı dirençli olan boyar maddeler toksik kabul edilmektedir [9].

1.2. TEKSTİL ENDÜSTRİSİ ATIKSULARINDA RENK/BOYARMADDE GİDERİMİNDE UYGULANAN YÖNTEMLER

Tekstil endüstrisi, farklı konsantrasyonlarda çeşitli boyar maddeleri bulunduran renkli atık sulara sahiptir. Bu atık suların arıtılmasında birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemi kullanılmaktadır [10]. Biyolojik arıtma, fiziksel ve kimyasal arıtma yöntemlerine nazaran ekonomik ve çevresel faktörler göz önünde bulundurularak daha çok tercih edilen bir yöntemdir. Ancak, çevre kirlenmesine karşı olan duyarlılığın gün geçtikçe artması ve özellikle atık su deşarj standartlarının bu kapsamda sıkılaştırılması nedeniyle, tek bir arıtma yönteminin uygulanması istenilen arıtma veriminin elde edilmesinde yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, farklı arıtma teknolojilerinin bir arada kullanılması tavsiye edilmektedir[11].

Günümüzde, tekstil endüstrisi atık sularının arıtımı için, biyolojik arıtma öncesinde veya sonrasında, hem sistemin maliyeti ve uzun süreli kullanımı hem de çevresel açısından güvenirliği açısından ileri oksidasyon prosesleri önerilmektedir. Tekstil boyası atık sularının iyileştirme prosesleri fiziksel ve kimyasal metodlara dayanmaktadır [12]. Bu metodlar pahalı ve bunlardan bazıları dikkat edilmesi gereken atıklar oluşturmaktadır [13]. Bu noktada atık suyun arıtılarak geri dönüşümünün ve endüstride yeniden kullanımının sağlanması için ileri arıtma proseslerine ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Son zamanlarda atık sularda organik kirleticilerin uzaklaştırılmasında koagülasyon, adsorpsiyon, membran ve ileri oksidasyon yöntemlerini içeren farklı metodlar uygulanmaktadır [14-15]. Boyaların

daha basit yapılara ya da toksik olmayan bileşiklere dönüşmesi için kullanılan yöntem ileri oksidasyon prosesleridir [16-17].

Yani ileri arıtma prosesleri arasında diğer ileri arıtma yöntemlerine oranla yüksek arıtma verimini sağlayan ileri oksidasyon prosesleri, günümüzde endüstriyel atık suların arıtımında kullanılan yöntemler arasında önem kazanmıştır [18-19]. İleri oksidasyon prosesi tekstil boyama ve son atık maddelerinden oluşan zor ayrışabilen atık su birikintilerini en aza indirgemek ve renk giderimini sağlamak için potansiyel alternatiftir [20]. İleri oksidasyon prosesleri (İOP) boyaların ve birçok organik içerikli atık suların bozunmasında alternatif tekniktir.

1.3. İLERİ OKSİDASYON PROSESLERİ

İleri Oksidasyon Prosesleri (İOP), özelikle son 30 yılda birçok sektörde geniş ve yoğun bir uygulama alanı bulmuştur [21]. Tekstil endüstrisi atıksularında, toksik ve kalıcı organik maddelerin ve KOİ/BOİ oranının yüksek olması, bunun yanında daha önce ifade edildiği gibi renk standardındaki sıkılaştırmalar nedeniyle biyolojik yöntemler istenilen seviyede arıtma için yetersiz kalmaktadır. Biyolojik arıtmaya ilave fiziko-kimyasal proseler her ne kadar bu kirleticilerin gideriminde etkin olsa da, kirleticilerin sadece form değiştirerek bir fazdan bir diğer faza taşınması arzu edilen bir durum değildir. Bu ve bunun gibi sebebler nedeniyle, özellikle biyolojik arıtıma proseleri öncesinde hem organik yük ve toksisiteyi azaltmak hem de renk giderimi sağlamak maksadıyla İOP tercih edilmektedir [22].

İOP' de oksidatif parçalanma, oksidantla doğrudan reaksiyonla veya reaktif ikincil türlerle meydana gelebilmektedir. Kullanımı yaygın ve etkisi güçlü olan hidroksil radikalleri (•OH), osidant özellik gösteren kimyasallar arasında ilk sıralarda yer almaktadır. İOP ler, hidroksil radikali oluşumunu geliştiren ve artıran prosesler olarak tanımlanmaktadır. Ozon/H_2O_2, UV/Ozon, elektrokimyasal, sonokimyasal, fotokimyasal, fenton ve foto-fenton gibi prosesler hidroksil radikallerin oluşumunu geliştiren ve artıran proseslerdir [46].

Tekstil endüstrisi atıksularında renk giderimi amacıyla uygulanan İOP, aşağıda sıralanan avantaş ve dezavantajlara sahiptir [23].

- ✓ Hızlı renk giderimi
- ✓ Daha az arıtma çamuru oluşumu
- ✓ Reaksiyon süresinin kısa olması
- ✓ Yüksek pH larda renk ve KOİ giderim oranının düşüklüğü
- ✓ Her boyarmadde için uygun olmaması

1.3.1. FENTON PROSESİ

Fenton reaksiyonu, Henry John Horstman Fenton' un 1894 yılında yaptığı araştırmalar sırasında keşfedilmiştir [25]. 1934 yılında ise, Haber ve Weis tarafından fenton tepkimesinde etkin yükseltgenin $OH^{\cdot}$ radikalleri olduğu keşfedilmiştir [26]. Fenton reaksiyonu, asidik sulu ortamda H_2O_2 ve Fe^{+2}

iyonlarının tepkimesi sonucunda yüksek oksidasyon potansiyeline sahip (E^0=2.8 eV) $OH^{\cdot}$ radikalleri oluşması esasına dayanmaktadır [27].

Fenton reaksiyon mekanizması aşağıda verilmiştir [28].

$Fe^{+2} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{+3} + OH^{\cdot} + OH^{-}$ ($k_{25\,^{\circ}C}$ = 76 $mol^{-1}\ l\ s^{-1}$)

$Fe^{+3} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{+2} + HO_2{\cdot} + H^{+}$ ($k_{25\,^{\circ}C}$ = 0.01 $mol^{-1}\ l\ s^{-1}$)

Son yıllarda, birçok alanda fenton reaksiyonu uygulandığı görülmektedir. Atık su arıtımı, maden atıklarında bulunan kimyasalların giderilmesi, koku ve renk giderilmesi uygulama alanları arasında sayılabilir [29].

1.3.2. FENTON PROSESİNİN VERİMİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER

1.3.2.a. PH'IN ETKİSİ

Fenton proseste atıksu içerisindeki kirleticilerin etkin bir şekilde giderilmesi için pH'nın önemli bir faktör olduğu ifade edilmiştir [30]. Özellikle tekstil endüstrisi atık sularından renk, KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı) ve AKM (askıda katı madde) giderilmesinde, redoks reaksiyonları açısından asidik şartlar daha uygundur. En uygun pH aralığı 2-4 olarak belirtilmiştir [31]. pH 2-4 aralığının altına düştüğünde, Reaksiyonda görüleceği üzere H_3O^{2+} oluşur. Bunun neticesinde de $OH^{\cdot}$ oluşumu büyük bir oranda azalır [32].

$H_2O_2 + H^{+} \rightarrow H_3O^{2+}$

$OH^{\cdot} + H^{+} + e^{-} \rightarrow H_2O$

$2H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2H_2O$

pH 2-4 aralığının üstüne çıktığında, reaksiyonda görüldüğü gibi H_2O_2' nin bozunması ve oksidasyon özelliğini yitirmesi ile birlikte $OH^{\cdot}$ oluşumu zorlaşır. pH 2-4 aralığının üstüne çıktığında karşılaşılacak bir diğer durum ise, Fe+2' nin Fe+3' e dönüşmesi sonucunda, reaksiyonda görüleceği üzere, düşük aktivitesi olan ve aynı zamanda H_2O_2 ile reaksiyona giremeyen demir hidroksil komplekslerinin oluşmasıdır [33].

$Fe^{+3}+H_2O_2 \rightarrow Fe^{-}OOH^{+2}+H^{+}$

$Fe^{-}OOH^{+2} \rightarrow HO_2{\cdot} + Fe^{+2}$

1.3.2.b. Fe^{+2} İYONU KONSANTRASYONUN ETKİSİ

Verilen fenton reaksiyonunda görüleceği üzere, Fe^{+2} iyonu H_2O_2 ile tepkimeye girerek OH• oluşturmaktadır. Reaksiyon gereğince Fe^{+2} iyonu konsantrasyonu arttığında, oluşan $OH^{\cdot}$ de artacak ve buna bağlı olarak İOP performansıda iyileşecektir [34].

Ancak, Fe^{+2} iyonu konsantrasyonundaki bu artışın olumlu etkisi doğrusal değildir. Belirli bir seviyenin üzerinde Fe^{+2} iyonu konsantrasyonu reaksiyonun hızını düşürmektedir. Aynı zamanda, ortamdaki Fe^{+2}' nin fazlası AKM miktarını artırarak, proses çıkışında aşırı çamur oluşumuna yol açabilir [35].

1.3.2.c. H_2O_2 KONSANTRASYONUN ETKİSİ

Fenton proseste, Fe^{+2} iyonuna benzer şekilde, H_2O_2 miktarı da belirli bir değere kadar artırıldığında proses performansı iyileşmektedir [36]. Çünkü H_2O_2, fenton reaksiyonuyla oluşan $OH^{\cdot}$ radikallerin kaynağını teşkil etmektedir.

H_2O_2 miktarının artması ve optimum seviyesinden uzaklaşması ise hem proses maliyetini artırmakta hem de fazla H_2O_2 $OH^{\cdot}$ ile reaksiyona girerek çok daha düşük oksidasyon gücüne sahip HO_2• oluşumuna yol açmaktadır [37].

$H_2O_2 + OH• \rightarrow H_2O + HO_2•$

1.3.2.d. SICAKLIĞIN ETKİSİ

Fenton proseste ortam sıcaklığı önemli bir parametredir. Düşük sıcaklığa sahip ortamlarda gerçekleştirilen fenton proses uygulamalarında, yüksek Fe^{+2} ve H_2O_2 konsantrasyonlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Eklenen yüksek Fe^{+2} ve H_2O_2 konsantrasyonları ise fazla çamur oluşmasına neden olmakta ve proses maliyetini artırmaktadır. Ortam sıcaklığındaki artış ise, fenton proseste OH• oluşumunu hızlandırmakta ve proses performansını iyileştirmektedir.

Ancak sıcaklık artışı ile proses veriminin artışı arasındaki ilişki doğrusal değildir. Bu nedenle 20-400^{o}C arasındaki sıcaklıklar önerilmiştir [38,46].

1.4. TAGUCHİ OPTİMİZASYON METODU

Deney tasarımı İngiliz istatistikçi Sir Ronald Fisher tarafından, 1920‟li yıllarda, tarım alanında çalışmalar yaparken bulunmuş ve geliştirilmiş olup Sir Ronald Fisher “varyans analizi” (ANOVA) istatistiksel yöntemini de geliştirmiştir. Amerika‟da 1980‟lerin başında, imalat sektörü Japon kalitesini araştırırken deney tasarımını o tarihlerde Japonya‟da profesör Genichi Taguchi‟nin önderliğinde yoğun ve etkili olarak kullanıldığını gördü.

Taguchi 1940‟lı yıllarda keşfettiği deneysel tasarım ile başarılı uygulamalar yapmış ve yöntemin üretim sektöründe kabul görmesini sağlamıştır [39]. Taguchi deney tasarımında incelenen sistemdeki değişimleri ortadan kaldırmaya veya değişimlere karşı sistemi güçlendirmeye yönelik çalışmalar yaparak kalitenin yükseltilmesi ve maliyetin düşürülmesini sağlaması sonucunda bu alanda yapılan çalışmalar artmıştır [40].

Taguchi Deney Tasarımı Performans değerini etkileyen faktörlerin tüm kombinasyonlarının incelendiği tam faktöriyel tasarım stratejisinde aynı anda tüm faktörler tek tek değiştirilmekle birlikte deneylerde faktör, seviye arttıkça deney sayısı aşırı artmaktadır [41].

Taguchi yönteminin tam faktöriyel tasarım stratejisinden farkı; deney parametrelerini, kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen olarak incelemesinin yanında çok sayıda parametreyi de iki ve daha fazla seviyede incelemeye imkân sağlamasıdır. Performans değerinin ortalamasını hedeflenen düzeye getirirken, hedef civarındaki değişkenliği en düşük seviyeye getirmekle birlikte laboratuar ortamında elde edilen sonuçların aynısı gerçek üretim ortamında da elde edilebilmektedir [42,46]. Belirlenen çözüm stratejisinde optimum şart elde etmek için her bir faktör ana etki göz önünde bulundurularak istenen sonucu yüksek değerin mi, yoksa düşük değerin mi ortaya çıkardığı bulunduğunda; en iyi sonuçları üretmesi beklenen faktörlerin seviyeleri Varyans Analizi (ANOVA) tablosu ile belirlenir.

Profesör Taguchi uygulamadaki problemleri, hedefin türüne göre üçe ayırmış ve her biri

için farklı bir sinyal/gürültü oranı tanımlamıştır.

- Daha büyük daha iyi,
- Daha küçük daha iyi,
- Nominal değer daha iyi,

Parametrelerin optimum seviyelerinin tespit edilmesinde, yukarıda belirtilen Sinyal / Gürültü (S/N) oranlarına ait formüller aşağıdaki gibidir;

- Daha büyük daha iyi için:

$$SN_L = -10Log\left[\frac{1}{n}\sum_{n=1}^{n}\frac{1}{y^2}\right]$$

Bu durumda, y"nin hedef değeri sonsuzdur ve sinyal/gürültü oranı aşağıdaki gibi formüle edilmiştir. Bu formülde n tekrar edilen deney sayısı, y performans değeridir.

- Daha küçük daha iyi için:

$$SN_S = -10Log\left[\frac{1}{n}\sum_{n=1}^{n}y^2\right]$$

Bu tür problemlerde, kalite değişkeni y"nin hedef değeri sıfıra ulaştırmaktır. Bu durumda sinyal/gürültü oranı aşağıdaki gibi formüle edilmiştir. Bu formülde n tekrar edilen deney sayısı, y performans değeridir.

- Nominal değer daha iyi:

Bu durumda y için belli bir hedef değer (örneğin tane boyutu, sıcaklık gibi) verilmiştir. Sinyal/gürültü oranı aşağıdaki gibi formüle edilmiştir. Bu formülde n tekrar edilen deney sayısı, y performans değeridir.

$$SN_N = -10 * Log_{10}\left[\frac{1}{n}\sum_{n=1}^{n}(Y_i - Y_0)^2\right]$$

Bir prosesde SN_L, SN_S ve SN_N değerini maksimum yapan parametre seviyeleri optimumdur. Taguchi" ye göre, S/N oranlarının maksimize edilmesi, bir yandan sinyali artırırken, diğer yandan da varyansı azaltmakta olduğu için her üç durumda da S/N oranını maksimize etmek amaçlanmıştır. Taguchi yöntemi gürültüleri yok edilmez. Gürültülerin etkilerini ortadan kaldırmak istenir [43].

Taguchi"nin kalite sisteminde kalitenin sağlanma aşaması olarak hem ürün tasarımı için hem de proses tasarımı sistem tasarımı, parametre tasarımı ve tolerans tasarımı aşaması ile tanımlanmaktadır. Sistem tasarımında sistem tasarımı bu metodun ilk adımıdır.

Bu adımda eldeki bütün materyaller değerlendirilir, aynı zamanda mevcut teknolojik yenilikler araştırılır ve sistemde kullanılabilirliği üzerine çalışmalar yapılır. Parametre tasarımında ise süreç yenilemesi ve iyileştirmesinin en önemli adımıdır.

Parametrelere ait en iyi seviyeler seçilir. Tolerans tasarımında parametre belirleme çalışmaları sonucu istenilen hedefe ulaşılamadığı durumda yapılan ilave çalışmalardan ibarettir. Bu aşamada gözlenen değerlerden faydalanılarak ürünün hedef değerden sapma göstermesinin getirdiği kayıplar bulunur ve bu sapmalar azaltılır [44].

Tasarımlardaki amaç, ürün ve süreçte varyasyona sebep olan (yani hedef değerden farklılık, kalitesizlik) kontrol edilemeyen faktörler ile kontrol edilebilen faktörlerin değerlerini optimum seçerek

kontrol edilemeyen faktörlere (çevre koşulları gibi) ve malzemedeki değişikliklere karşı duyarsız ürün ve proses elde etmeye çalışmaktır [45,46].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1.TAGUCHİ METODU İLE FENTON PROSESİNDE DENEY TASARLAMA

Çalışma parametrelerinin iyileştirilmesi için optimizasyon metodlarından Taguchi metodu kullanılmıştır. Belirlenen parametrelerin belirli seviyeleri Taguchi metodu ile ortogonol dizin kullanılarak uygun çalışma prosedürüne başvurulmuştur.

Belirlenen parametreler; pH,H_2O_2 konsantrastonu, Fe^{2+} iyonları konsantrasyonu ve boya konsantrasyonudur. Literatür taraması sonucunda bu parametrelerin en etkili olan seviyeleri seçilmiştir. Seçilen seviyeler pH için; 2-3,5-4 ve 5, H_2O_2 için; 20-30-40 ve 50 mmol, Fe^{2+} için; 0,5-1-1,5 ve 2 mmol, boya konsantrasyonu için ise 25-50-75 ve 100 ppm dir. Belirlenen parametre ve seviyeler Çizelge 2.1'de verilmiştir. Parametreler ve seviyeler belirlendikten sonra Taguchi metodu ile en uygun ortogonol dizin seçilmiştir. 4 parametre ve 4 seviye için Taguchi ortogonol dizinden L16 dizini seçilmiştir. Fenton prosesi için farklı parametre ve seviyelerle 16 deney yapılmıştır. Deney sonuçlarında elde edilen renk giderim verimleri programa cevap olarak girilmiştir. AY5GL boyar maddesinden renk giderim veriminde maksimum değere ulaşmak istediğimiz için en büyük en iyi performans istatiği eşitliği kullanılmıştır.

Çizelge 2.1. Fenton prosesi için Taguchi denemelerinde kullanılan değişkenler ve aralıkları

Faktörler		Seviyeler		
	0	1	2	3
A: pH	2	3,5	4	5
B:H_2O_2 konsantrasyonu (mmol)	20	30	40	50
C: Fe^{2+} konsantrasyonu(mmol)	0,5	1	1,5	2
D:Boya konsantrasyonu(ppm)	25	50	75	100

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. FENTON PROSESİ İÇİN ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada tekstil atık sularında bulunan AY5GL boyarmaddesinin sentetik sulu çözeltisi hazırlanarak fenton prosesi ile renk giderimine etki eden parametreler ile verimli olduğu seviyeler Taguchi metodu kullanılarak belirlenmiştir. Deneylerde, fenton prosesine etki eden pH, boya konsantrasyonu, Fe^{2+} konsantrasyonu, H_2O_2 konsantrasyonu ve sıcaklık belli başlı parametreler olarak ele alınmıştır. Oluşturulan Taguchi deney planı kapsamında tespit edilen parametrelere bağlı olarak 16 deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. L16 ortogonol dizinine göre yapılan 16 deney sonrasında alınan

numuneler UV spektrofotometrede okutulmuş ve elde edilen renk giderim yüzdeleri cevap olarak Taguchi dizinine girilmiştir. Toplanan veriler, Minitab16 programının Taguchi analiz kısmında çözümlenmiştir. Elde edilen sonuçlarla Taguchi metoduna göre yapılacak değerlendirmede fenton prosesinin AY5GL boyarmaddesinin giderilmesinde optimum deneysel şartların oluşturulması sağlanmıştır.

Çalışılan parametrelerin en etkin seviyeleri Taguchi metodu ile analiz edilmiştir. En büyük en iyi istatistik formülü kullandığımız için programda en yüksek çıkan değerler optimum değerleri oluşturmaktadır.

AY5GL boyarmaddesinde en etkili seviyeler; boya için100 ppm, Fe^{2+} için 1,5 mmol, H_2O_2 için ise 40 mmol ve pH için ise 3,5 olarak tespit edilmiştir. En büyük en iyi model ile çalıştığımız için F değerinin en büyük olduğu değer en önemli parametreyi vermektedir. Bu şekilde yapılan değerlendirmelere göre performans ölçütü üzerinde parametrelerin etkinlik sırasının büyükten küçüğe doğru; boya konsantrasyonunun etkisi, pH'ın etkisi, hidrojen peroksit ve Fe^{2+} konsantrasyonunun etkisi olarak sıralanabilir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada tekstil endüstrisinde sıkça kullanılan AY5GL boyar maddesinin Fenton ileri oksidasyon prosesi ile renk giderim verimleri araştırılmıştır. Yapılan literatür taramasında tekstil atık suları için, en önemli kirlilik parametresinin renk olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan bu çalışmada ise yüksek oranda renk giderim verimi elde edilerek fenton prosesinin etkin bir giderim yöntemi olduğu ispatlanmıştır. Taguchi optimizasyon metodu kullanılarak yapılan çalışmada AY5GL boyar madde gideriminde en etkin değerler belirlenmiştir. Taguchi metodu ile belirlenen optimum koşullar fenton prosesi için; boya konsantasyonu:100 ppm, Fe^{2+}:1,5 mmol, H_2O_2:40 mmol ve pH:3,5'dur. Optimum koşullar altında yapılan deneylerde fenton prosesi için renk giderim yüzdesi; %98,7 olarak bulunmuştur. En etkili değerlerde renk giderim yüzdesi 98 'in üzerindedir. AY5GL boyar maddesinin Fenton oksidasyon yöntemi ile iyi giderildiği sonucuna varılmıştır.

5. KAYNAKÇA

[1] Aaron, J.J., and Oturan, M.A., 2014. Advanced Oxidation Processes in Water/Wastewater Treatment: Principles and Applications. A Review. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 44:2577–2641.

[2] Abedinzadeh, N., Shariat, M., Monavari, S.M., Pendashteh, A., 2018. Evaluation of Color and COD Removal by Fenton from Biologically (SBR) Pre-treated Pulp and Paper Wastewater. Process Safety and Environmental Protection, 116:82–91.

[3] Abou-Elela, S.I., Ali, M.E.M., Ibrahim, H.S., 2016. Combined Treatment of Retting Flax Wastewater Using Fenton Oxidation and Granular Activated Carbon. Arabian Journal of Chemistry, 9:511-517.

[4] Affam, A.C., and Chaudhuri, M., 2014. Optimization of Fenton Treatment of Amoxicillin and Cloxacillin Antibiotic Aqueous Solution. Desalination and Water Treatment, 52:1878-1884.

[5] APHA, 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edn. American Public Health Association, Washington DC.

[6] Arıkan, T., Çavuşoğlu, B., Alver, Y., Çil, Z.E., Akaya, M.Ş., Karagüzel Kayaoğlu, B., 2015. Farklı Endüstriyel Yıkama Proseslerinin Denim Kumaşların Mukavemet ve Fiziksel Özelliklerine Etkisi. Tekstil ve Mühendis, 22: 100, 54-68.

[7] Arslan, S., Eyvaz, M., Gürbulak, E., Yüksel, E., 2016. A Review of State of the Art Technologies in Dye Containing Wastewater Treatment The Textile Industry Case. http://dx.doi.org/10.5772/64140.

[8] Asaithambi, A., Sajjadi, B., Aziz, A.R.A., 2017. Integrated Ozone-Photo-Fenton Process for the Removal of Pollutant from Industrial Wastewater. Chinese Journal of Chemical Engineering, 25:516-522.

[9] Babuponnusami, A., and Muthukumar, K., 2014. A Review on Fenton and Improvements to the Fenton Process for Wastewater Treatment. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2(1):557-572.

[10] Bahadır, E.B., 2012. Tekstil Endüstrisi Arıtılmış Atıksularında Renk ve Öncelikli Kirleticilerin Ozon Teknolojisi İle Gideriminin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

[11] Balkan, D., 2019. Tekstil Sektöründe Verimlilik Ölçümü ve Bir Uygulama. Tekstil ve Mühendis, 26:113, 79-85.

[12] Blanco, J., Torrades, F., Moron, M., Agnesa, MB., Montano, JG., 2014. Photo-Fenton and Sequencing Batch Reactor Coupled to Photo-Fenton Processes for Textile Wastewater Reclamation: Feasibility of Reuse in Dyeing Processes. Chemical Engineering Journal, 240:469-475.

[13] Bouasla, C., Samar, M.E., Ismail, F., 2010. Degradation of Methyl Violet 6b Dye by the Fenton Process. Desalination, 254(1-3):35-41.

[14] Çetinkaya, S.G., Morcali, M.H., Akarsu, S., Ziba, C.A., Dolaz, M., 2018. Comparison of Classic Fenton with Ultrasound Fenton Processes on Indutrial Textile Wastewater. Sustainable Environment Research, 28:165-170.

[15] De Luna, M.D.G., Colades, J.I., Su, C.C., Lu, M.C., 2013. Comparison of Dimethyl Sulfoxide Degradation by Different Fenton Processes. Chemical Engineering Journal, 232:418–424.

[16] Dehghani, M.H. ve Mahdavi, P., 2015. Removal of Acid 4092 Dye Fromaqueous Solution by Zinc Oxide Nanoparticles and Ultraviolet Irradiation. Desalination and Water Treatment, 54:3464–3469.

[17] Dehghani, M.H., Karimi, B., Rajaei, M.S., 2016. The Effect of Aeration on Advanced Coagulation, Flotation and Advanced Oxidation Processes for Color Removal from Wastewater. Journal of Molecular Liquids, 223:75–80.

[18] DOI: 10.1080/10934521003648883.

[19] Domingues, E., Gomes, J., Quina, M.J., Quinta-Ferreira, R.M., Martins, R.C., 2018. Detoxification of Olive Mill Wastewaters by Fenton's Process. Catalysts, 8:662.

[20] Ebrahiem, E.E., Al-Maghrabi, M.N., Mobarki, A.R., 2017. Removal of Organic Pollutants from Industrial Wastewater by Applying Photo-Fenton Oxidation Technology. Arabian Journal of Chemistry, 10:S1674-S1679.

[21] Güneş, E., Cihan, M.T., 2014. Atıksulardan KOİ ve Renk Giderimi:Fenton Prosesinin Optimizasyonu.Çevre Mühendisliği Bölümü ve İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye.

[22] Gürbüz, G., 2015. Deri Endüstrisi Atıksularınn Elektrokoagülasyon ve Elektro-Fenton Yöntemleri ile Arıtımında RSM Kullanılarak Proses Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[23] Haber, F., and Weiss, J., 1934. The Catalytic Decomposition of Hydrogen Peroxide by Iron Salts. Proceedings of the Royal Society. London A, 147(861):332–351.

[24] Hayat, H., Mahmood, Q., Pervez, A., Bhatti, Z.A., Baig, S.A., 2015. Comparative Decolorization of Dyes in Textile Wastewater Using Biological and Chemical Treatment. Separation and Purification Technology, 154:149-153.

[25] Hernandez-Francisco, E., Peral, J., Blanco-Jerez, L.M., 2017. Removal of Phenolic Compounds from Oil Refinery Waswater by Electrocoagulation and Fenton/Photo-Fenton Processes. Journal of Water Process Engineering, 19:96-100.

[26] Herney-Ramirez, J., Vicente, M.A., Madeira, L.M., 2010. Heterogeneous Photo-Fenton Oxidation with Pillared Clay-Based Catalysts for Wastewater Treatment:A review. Applied Catalysis B: Environmental, 98:10–26.

[27] Homem, V., Alves, A., Santos, L., 2010. Amoxicillin Degradation at ppb Levels by Fenton's Oxidation Using Design of Experiments. Science of The Total Environment, 408:6272-6280.

[28] İleri ve Karayer, 2011. Tekstil İşletmesi Atıksularında Fenton Prosesi ile Akut Toksisite Giderimi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 16:2.

[29] Jegatheesan, V., Pramanik, B.K., Chen, J., Navaratna, D., Chang, C.Y., Shu, L., 2016. Treatment of Textile Wastewater with Membrane Bioreactor: A Critical Review. Bioresource Technology, 204:202–212.

[30] Jin, Y., Wang, Y., Huang, Q., Zhu, L., Cui, Y., Cui, L., Lin, C., 2017. The Experimental Study of a Hybrid Solar Photo-Fenton and Photovotaic System for Water Purification. Energy Conversion and Management, 135:178-187.

[31] Kant, R., 2012. Textile Dyeing Industry an Environmental Hazard. University Institute of Fashion Technology. Natural Science. Panjab University, Chandigarh, India. Vol.4, No.1, 22-26.

[32] Katsumata, H., Koike, S., Kaneco, S., Suziki, T., Ohta, K., 2010. Degradation of Reactive Yellow 86 with Photo-Fenton Process Driven by Solar Light. Journal of Environmental Sciences, 22(9):1455–1461.

[33] Khamparia, S., and Jaspal, D., 2017. Adsorption in Combination with Ozonation for The Treatment of Textile Wastewater: A Critical Review Front. Environmental Science Engineering, 11:1-18.

[34] Kim, J.R., and Kan, E., 2015. Heterogeneous Photo-Fenton Oxidation of Methylene Blue Using CdS-Carbon Nanotube/TiO2 Under Visible Light. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 21:644–652.

[35] Le-Minh, N., Khan S.J., Drewes J.E., Stuetz R.M., 2010. Fate of Antibiotics During Municipal Water Recycling Treatment Processes. Water Research, 44:4295-4323.

[36] Li, Z., Wang, Y., Wang, Z., 2016. Study on Bleaching Technology of Cotton Fabric with Sodium Percarbonate. MATEC Web of Conferences, 67:06048.

[37] Liu, Q.Y., Liu, Y.X., LU, X.J., 2012. Combined Photo-Fenton and Biological Oxidation for the Treatment of Aniline Wastewater. Procedia Environmental Sciences, 12:341–348.

[38] Liu, X., Zhou, Y., Zhang, J., Luo, L., Yang, Y., Huang, H., Peng, H., Tang, L., Mu, Y., 2018. Insight Into Electro-Fenton and Photo-Fenton for the Degradation of Antibiotics: Mechanism Study and Research Gaps. Chemical Engineering Journal, 18:1385-8947.

[39] Gao, S., Yang, J., Tian, J., Ma, F., Tu, G., Du, M., 2010. Electro-coagulation– flotation process for algae removal. Journal of hazardous materials, 177: (1-3): 336-343.

[40] Wang, C.-T., Chou, W.-L., Kuo, Y.-M., 2009. Removal of COD from laundry wastewater by electrocoagulation/electroflotation. Journal of hazardous materials, 164: (1): 81-86.

[41] Merzouk, B., Gourich, B., Sekki, A., Madani, K., Chibane, M., 2009. Removal turbidity and separation of heavy metals using electrocoagulation– electroflotation technique: A case study. Journal of hazardous materials, 164: (1): 215-222.

[42] Essadki, A. H., Gourich, B., Vial, C., Delmas, H., Bennajah, M., 2009. Defluoridation of drinking water by electrocoagulation/electroflotation in a stirred tank reactor with a comparative performance to an external-loop airlift reactor. Journal of hazardous materials, 168: (2-3): 1325-1333.

[43] Bande, R. M., Prasad, B., Mishra, I., Wasewar, K. L., 2008. Oil field effluent water treatment for safe disposal by electroflotation. Chemical Engineering Journal, 137: (3): 503 509.

[44] Özbay, Ş., Sevil, V., Özbay, B., Arslan, A., Ecren, Ç., 2018. Elektrokoagülasyon Prosesi ile Gıda Endüstrisi Atıksuyunun Arıtımında Optimum Koşulların Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22: (2): 932-936.

[45] Gören, A. Y., 2015. Alüminyum Bilye Anotların Kullanıldığı Elektrokoagülsayon Reaktörü ile Yeraltı Sularından As(Iıı) Ve As(V) Giderim Prosesinin Modellemesi ve Optimizasyonu. Gebze Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, Gebze / Kocaeli, 200 sf.

[46] Erat, N. (2018). "Optimization of removal of astrazon yellow 5gl dye material from Aqueous media by fenton and UV/H_2O_2 processes using taguchi method."Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

BİYOMARKER OLARAK ADİPOKİNLER
ADIPOKINES AS BIOMARKER

Doç. Dr. Betül APAYDIN YILDIRIM
Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı

ÖZET

Preadipositleri, olgun adipositleri, mast hücrelerini, fibroblastları ve immun sistem hücrelerini içeren adipoz dokunun enerji metabolizmasında anahtar role sahip "adipositokinler veya adipokinler" olarak adlandırılan biyoaktif moleküllerin salgılanmasından sorumlu bir endokrin organ olduğu bilinmektedir. Beyaz yağ dokusu en fazla göğüs ve karında bulunan iç organların çevresinde ve derialtında birikir. Adipoz doku hem enerji kaynağı hemde birçok sitokin ve yağ dokusu kaynaklı peptidlerin salgılanmasında aktif bir organ olması nedeniyle; yapılacak olan çalışmalara yeni metabolik belirteçlerin varlığını ortaya koyabilmek için kaynak oluşturmaktadır. Adipokinleri; sitokinler, kemokinler, büyüme faktörleri, hormonlar, akut faz proteinleri ve proinflamatuvar adipokinler şeklinde sınıflandırabiliriz. Bunlar arasında adiponectin, leptin, vaspin, visfatin, omentin, obestatin, progranulin, neuregulin 4, ctrp4, TGF-β2, resistin, aqpaq, TNF alfa, nesfatin, irisin, ghrelin, adipsin, PAI-1, transforming growth factor (TGF)-β, interlökin (IL)-6, IL-1β, IL-10, serum amiloid A (SAA) ve adiposit renin anjiotensin sistemi en fazla çalışılan adipokinlerdir. Son zamanlarda yapılan araştırmalar sonucunda her geçen gün adipokinlerin yeni türleri ve fonksiyonları tanımlanmaktadır. Adipokinler vücutta dokular arasında mediatör görevi yapan önemli dolaşım faktörleridirler ve endokrin homeostazının korunmasında anahtar rol alırlar. Adipoz dokudan salgılanan adipokinlerin immun sistem, enerji metabolizması, obezite, romatoid artrit, astım, büyüme, iştah ve uykunun düzenlenmesi, inflamasyon, sepsis, diyabet, insülin direnci, metabolik sendrom, menapoz sonrası görülen kemik erimeleri (osteoporosis), kemik kırıkları, hipertansiyon, pıhtılaşma, hipotiroidizm, hipertiroidizm, iskemi, egzersiz, yaşlanma, sistemik skleroz, sedef hastalığı, kolorektal kanser, oksidatif stres, kalp ve böbrek hastalıkları (Bienertova-Vasku ve ark., 2018) gibi pek çok önemli olaylarda rolü olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir. Her ne kadar deneysel çalışmalar ve diğer çalışmalarla kesin olarak mekanizmalar aydınlatılmasa da adipokinlerin önemli biyomarker özelliklerinin olduğu görülmektedir.
Bu derlemede son zamanlarda hayvan modellerinden ve klinik çalışmalardan elde edilen verilere göre tanımlanmış adipokinlerin rolleri, günlük pratikte biyobelirteçler olarak kullanımları hakkındaki güncel bilgiler derlenmiştir.
Anahtar Kelimeler: Adipokin, Obezite, Diyabet, Egzersiz, Biyomarker

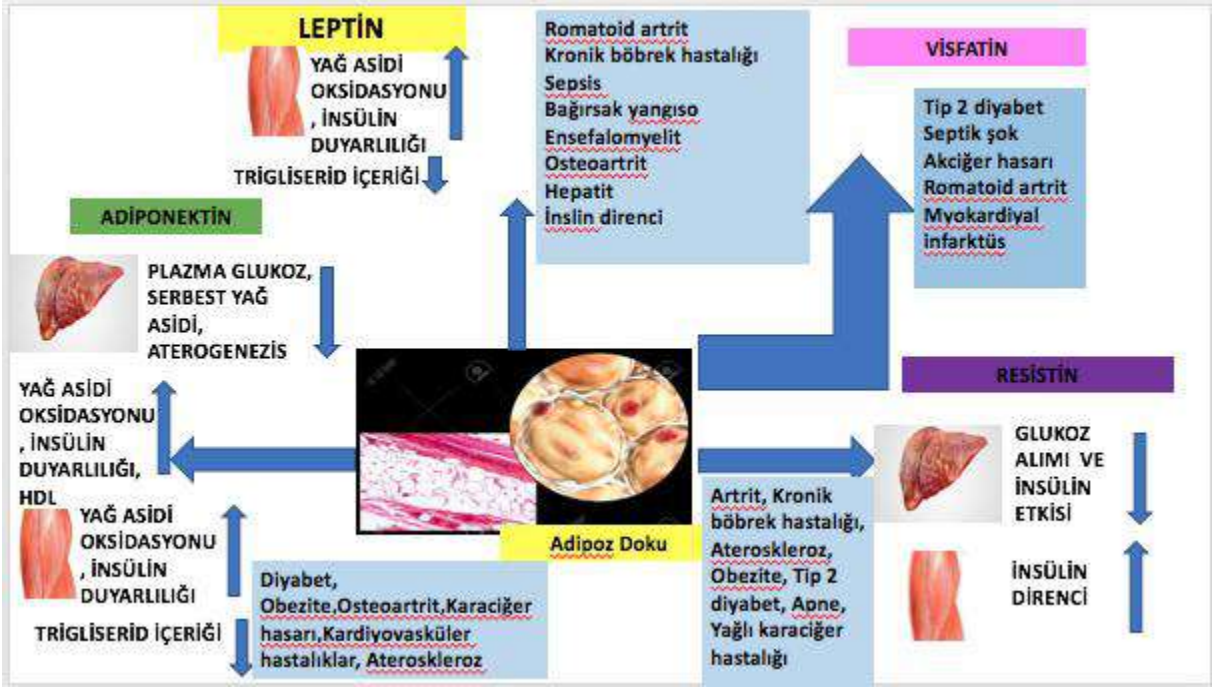
ABSTRACT

Adipose tissue comprises mature adipocytes, preadipocytes, endothelial cells, fibroblasts, mast cells, and immune-system cells is known that the play a key role of adipose tissue in energy metabolism is as an endocrine organ responsible for the secretion of bioactive molecules called "adipocytokines or adipokines". The highest accumulations of adipose tissue builds up around the internal organs of the abdomenand chest and subcutaneous regions of the body. Adipose tissue is an active organ in the secretion of both energy source and many cytokine and fatty tissue peptides; It is the source of new metabolic markers for future studies. Adipokines are classified as cytokines, chemokines, growth factors, hormones, acute phase proteins and proinflammatory adipokines. Among them, adiponectin, leptin, vaspin, visfatin, omentin, obestatin, progranulin, neuregulin 4, ctrp4, TGF-β2, resistin, aqpaq, TNF alfa, nesfatin, irisin, ghrelin, adipsin, PAI-1, transforming growth factor (TGF)-β, interleukin

(IL)-6, IL-1β, IL-10, serum amyloid A (SAA) and adipocytes renin angiotensin system are the most studies. As a result of recent researches, new types of adipokines and functions are defined with each passing day. Adipokines are important circulating factors that act as mediators between tissues in the body and play a key role in maintaining endocrine homeostasis. Adipokines secreted from adipose tissue have been shown to play roles in immune system, energy metabolism, obesity, rheumatoid arthritis, asthma, growth, regulation of sleep and appetite, inflammation, sepsis, diabetes mellitus, insulin resistance, metabolic syndrome, postmenopausal osteoporosis, bone fracture, hypertension, coagulation, hypothyroidism, hyperthyroidism, ischemia, exercise, aging, systemic sclerosis, psoriasis, colorectal cancer, oxidative stress, heart and kidney disease and being useful biomarker for important illness.
In this review, recent information on the roles of adipokines identified according to the data obtained from animal models and clinical studies, and their use as biomarkers in daily practice were reviewed.
Keywords: Adipokines, Obesity, Diabetes, Exercise, Biomarker

1.GİRİŞ

Adipoz doku; preadipositleri, olgun adipositleri, mast hücrelerini, fibroblastları ve immun sistem hücrelerini içeren endokrin bir organdır ve bu dokudan enerji metabolizmasında anahtar role sahip "adipositokinler veya adipokinler" olarak adlandırılan biyoaktif moleküller salgılanır. Yağ dokusu lipid dolu hücrelerin gevşek bir şekilde bağlanmasıyla oluşan adipositlerden oluşur. Yağ dokusu sahip olduğu lipid damlacıklarına göre uniloküler (beyaz) ve multiloküler (kahverengi) yağ dokusu şeklinde sınıflandırılır (Gimble, 2003). Adipokinler endokrin, otokrin, juxtakrin ve parakrin etki mekanizmalarıyla enerji depolama, fiziksel koruma, termogenezis, yağda eriyen vitaminleri depolama, başta inflamasyon ve bağışıklık olmak üzere birçok çeşitli patolojik ve fizyolojik süreçlerde görev alır (Lago ve ark., 2007, Fasshauer ve Blüher, 2015). Adipoz dokudan salgılanan adipokinlerin immun sistem, enerji metabolizması, obezite, romatoid artrit, astım, büyüme, iştah ve uykunun düzenlenmesi, inflamasyon, sepsis, diyabet, insülin direnci, metabolik sendrom, menapoz sonrası görülen kemik erimeleri (osteoporosis), kemik kırıkları, hipertansiyon, pıhtılaşma, hipotiroidizm, hipertiroidizm, iskemi, egzersiz, yaşlanma, sistemik skleroz, sedef hastalığı, kolorektal kanser, oksidatif stres, kalp ve böbrek hastalıkları (Bienertova-Vasku ve ark., 2018) gibi pek çok önemli hastalıkların patogenezinde rolü olduğu ve miktarlarındaki değişikliklerden dolayı önemli biyomarker özelliklerinin olduğu yapılan çalışmalarda görülmektedir.
Adipokinleri; sitokinler, kemokinler, büyüme faktörleri, hormonlar, akut faz proteinleri ve proinflamatuvar adipokinler şeklinde sınıflandırabiliriz. Bunlar arasında adiponectin, leptin, vaspin, visfatin, omentin, obestatin, progranulin (PGRN), neuregulin 4, ctrp4, TGF-β2, resistin, aqpaq, TNF alfa, nesfatin, irisin, ghrelin, adipsin, PAI-1, apelin, transforming growth factor (TGF)-β, interlökin (IL)-4, IL-6, IL-1β, IL-10,IL-18, serum amiloid A (SAA), MIF, MCP1, lipocalin 2, IGF 1, fibronectin, gelsolin, lysyl oksidaz, lipoprotein lipaz, asilasyon situmulating protein (ASP) ve adiposit renin anjiotensin sistemi en fazla çalışılan adipokinlerdir. Bazı nemli adipokinlerin dokulardaki etkileri ve hastalıklarla ilişkisi Şekil 1'de gösterilmiştir.
Her ne kadar deneysel çalışmalar ve diğer çalışmalarla mekanizmalar kesin olarak aydınlatılmasa da adipokinlerin hastalıklarla ilişkisi ve ekspresyonları konusunda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Bu derlemede son yıllarda araştırmacıları heyecanlandıran özellikle yeni keşfedilen adipokinlerin tanımlanması, hayvan modellerinden ve klinik çalışmalardan elde edilen bulgulara göre tanımlanmış adipokinlerin rolleri, hastalıklarda tanı kriteri olarak kullanımları, tedavide ajan olarak kullanılmaları ve günlük pratikte biyobelirteçler olarak kullanımları hakkındaki güncel bilgiler derlenmiştir.



Şekil 1. Bazı adipokinlerin dokulardaki etkileri ve hastalıklarla ilişkisi

1.1.ADİPONEKTİN

Adiponektin 30 kDa büyüklüğünde yağ dokusundan aynı zamanda da osteoblastlar, hepatositler, miyositler ve epitel hücrelerinden de eksprese edilen yağların depolanmasında negatif etkili, antiaterojenik ve antiinflamatuvar kollajen benzeri bir polipeptitdir. Bazı sitokinler ve hormonlar adiponektinin ekspresyonunu ve salınımını düzenlerler. Adiponektin üzerine Tnf-α (Tümör nekröz faktör alfa), IL-6 (İnterlökin), büyüme hormonu, prolaktin, androjenler, glukokortikoidler ve katekolaminlerin inhibitör etkiye sahip olduğu, PPAR-γ (peroksizom proliferatör-aktive edici reseptör) agonisti şeklinde tanınan tiazolidindionlar adiponektin plazma düzeylerinde ve adiponektin gen ekspresyonu yükselişe sebep olur. Yapılan birçok çalışmada Tip 2 diyabet, obezite ve coroner arter hastalığında adiponektinin kandaki seviyesinin düşük olduğu ve bu düşüklüğün insulin direncini arttırdığı; özellikle çizgili kaslarda serbest yağ asitlerinin beta oksidasyonunu arttırdığı, HDL düzeyini ve insulin duyarlılığını arttırdığı, damarlardaki düz kaslarda depo edilerek koroner arter rahatsızlığına karşı koruyucu özelliğinin olduğu; ve makrofajların epitelyal hücrelere dönmesini baskılayarak makrofajlardan Tnf-α salınmasına neden olduğu bildirilmiştir (Roy ve Koon Ho, 2017; Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Türkiye Diyabet Önleme ve Kontrol Programı Eylem Planı 2011-2014). Abdella ve Mojiminiyi, 2018; artan adiponektin düzeylerinin, diyabetin kontrolünde ve komplikasyonlarının azaltılmasında değerli biyomarker olduğunu saptamışlardır. Ayrıca adipoz dokudan türetilmiş adiponektinin, insülin direnci, metabolik sendrom, Tip 2 diabetes mellitus (T2DM) ve kardiyovasküler hastalıklarla sonuçlanabilecek inflamatuar ve metabolik düzensizliklerin baskılanması ile pleiotropik koruyucu etkilerinin olduğunu ve adiponektini T2DM'nin kontrolünde ve tanısında belirleyici olduğunu savunmuşlardır.

1.2.VİSFATİN

Visfatin, iskelet kası, kemik iliği ve karaciğerde B lenfosit prekürsörleri için büyüme faktörü olduğu için pre-B-koloni artırıcı faktör olarak bilinir ve insülinomimetik etkilidir. Obezite plazma seviyesi

artmaktadır. İnsuline benzer şekilde kan glukoz düzeyini düşürür. Ama bu etkisi ve mekanizması ile ilgili bilgiler kısıtlıdır. Yapılan çalışmalarda Tip 2 diyabetlilerde visfatinin yağ dokusundan sentezinin arttığı ve plazma visfatin seviyelerinin yükseldiği saptanmıştır (Meral ve ark., 2011; Cekmez ve ark., 2012). Romatoid artrit, ağır jeneralize psoriasis, sepsis, inflamatuar bağırsak hastalığı olan hastalarda ve akut akciğer hasarında kanda visfatin düzeyleri artar. Visfatinin sentezi TNF, glukokortikoidler, büyüme hormonu, IL-6 ve diğer faktörler ile düzenlenir (Pihlajamäki ve ark., 2003).
Son yıllarda visfatin proinflamatuar adipositokin olarak bilinir. Çocuklarda ve kadınlarda yüksek beden kitle indeksinin olması visfatin düzeylerinin artışına sebep olmaktadır. Bu durum daha çocuklukta obezitenin inflamatuar mekanizmalarının başladığını düşündürmektedir (Sonoli ve ark., 2011).
Koch ve ark, 2018; serum visfatin düzeylerinin kritik hastalardaki böbrek yetmezliği, karaciğer fonksiyon bozukluğu ve diğer adipokinler (örneğin, resistin, leptin ve adiponektin) ile ilgili biyobelirteçler ile ilişkili olduğunu; elde ettikleri verilere bağlı olarak dolaşımdaki visfatinin, kritik hastalardaki risk ve prognoz değerlendirmesi için değerli bir biyobelirteç olduğunu belirtmişlerdir.

1.3.İRİSİN

Son yıllarda kalp kası, pankreas, iskelet kasından, özellikle endomysium, perimysium ve nükleer kısımlar, yağ bezleri ve yağ dokusundan salınan insulin direncinde, termogenezde, enerji tüketiminde önemli rolü olduğu anlaşılan ve yeni bir miyokin olan irisin yeni keşfedilmiş bir hormondur. İrisin 112 aminoasitli (29-amino asit sinyal peptidi, 94-amino asit domain ve bir C-terminali) transmembran proteini olan fibronektin Tip III domain 5 (FNDC5) molekülünün proteolitik bir ürünüdür (Bostrom ve ark., 2012; Schumacher ve ark., 2013). Obezite, metabolik sendrom, Tip 2 diabetes mellitus, egzersiz, kardiyovasküler hastalıklar ve hipotiroidizmin tedavisinde etkileri ile ilgili plazma irisin düzeyi hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Bu hastalıklar için yeni tedavi stratejileri geliştirmek ve hastalıkların prevalansını azaltmak amacıyla irisinin etkili olduğu görülmektedir.
Pavlova ve ark, 2018; göbek kordon kanındaki irisin konsantrasyonunun tek değişkenli modelde erken doğum ile ilişkili olduğunu fakat maternal kan irisin düzeylerinin erken doğum ile ilişkili olmadığını bulmuşlardır ve bu çalışma maternal periferik kan ve göbek kordonu kanındaki düzeyleri erken doğumlarda biyomarker olarak kullanılabilirliğine dair ilk çalışmadır.

1.4.PROGRANULİN

Progranulin (PGRN), hayvanlar ve yetişkin insanlarda büyümeyi arttırıcı, nöroprotektif ve antienflamatuar aktivitesii olan çok işlevli düzenleyici bir proteindir. Çocuklardaki etkileri hakkında çok az şey bilinmektedir. Son çalışmalar, progranulinin adipokinler biri olduğunu göstermektedir. Viseral yağ dokusunda progranulin ekspresyonu ve dolaşımdaki progranulin konsantrasyonu obezitede artmaktadır. Progranulin, insülin sinyalini bozar ve insülin kaynaklı glikoz alımını hem in vitro hem de in vivo olarak azaltır. Progranulin eksikliği yüksek yağlı diyet kaynaklı insülin direncinden vücudu korur. Damarlarda gevşemeyi sağlar, iskemi reperfüzyon hasarını azaltır, inflamatuar reaksiyonları inhibe eder (Korolczuk, 2017).
Wang ve ark., 2018, Çin'deki obez çocuklardaki serum PGRN seviyelerinin anlamlı derecede yüksek olduğunu ve obezite ile ilişkili belirteçlerle anlamlı şekilde ilişkili olduğunu, artmış PGRN seviyelerinin çocukluk çağı obezitesinin patolojik mekanizmasında rol oynayabileceğini savunmuşlardır.
Progranülinin hem zararlı hem de faydalı etkileri vardır. Progranülinin, diyabet, hiperlipidemi, hipertansiyon ve ateroskleroz gibi obezite ile ilişkili patolojilerdeki rolünü açıklığa kavuşturmak için daha fazla klinik çalışmaya ihtiyaç vardır.

1.5.NEUREGULİN 4

Neuregulin 4 (Nrg4) son zamanlarda farelerde yararlı metabolik etkileri olan kahverengi adipoz dokudan salınan yeni bir adipokin olarak bilinmektedir. Son dönem böbrek hastalığında ve Tip 2 diabetes mellitusta Nrg4'ün etkisi henüz açıklanmamıştır. Dolaşımdaki Nrg4, korunmuş bir böbrek fonksiyonu ile bağımsız olarak ilişkilidir ve diyabetik böbrek hastalıklı farelerin adipoz doku depolarında mNrg4 mRNA ekspresyonunun azaldığı tespit edilmiştir (Kralisch ve ark., 2019).
Neuregulin 4'ün (Nrg4) obezite, insülin direnci ve dislipidemi patogenezinde rol oynadığı öne sürülmüştür. Bununla birlikte, Nrg4 ile metabolik sendrom arasındaki bağlantı hakkındaki bilgiler, özellikle yeni tanı konulan Tip 2 diabetes mellituslu hastalarda azdır. Yan ve ark., 2018; yeni tanısı konulmuş Tip 2 diyabet hastalarında metabolik sendromun gelişiminde rol oynayan artmış oksidatif stres, iltihaplanma ve dislipidemi ile ilişkili olarak plazma Nrg4 düzeylerinde azalma saptamışlardır.

1.6.CTRP4

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda Ctrp4, adipokin CTRP ailesinin yeni keşfedilmiş bir üyesidir. Çalışmalar, Ctrp4'ün, tümör hücresi enflamatuar sinyal yolaklarının düzenlenmesinde rol oynadığını ve gıda alımını düzenlemek için hipotalamusa etki ettiğini göstermiştir, ancak osteoblastlardaki rolü henüz açık değildir. Li ve ark., 2019; Ctrp4'ün kemik metabolizması düzenlemesinde yer aldığını, gelecekte kemik metabolik hastalıklarına müdahale için potansiyel bir hedef haline gelebilecek osteoblast farklılaşmasını desteklediğini ortaya koymuşlardır (Li ve ark., 2019).

1.7.TGF-β2

Egzersiz, çeşitli organ sistemlerinde sağlığı ve refahı arttırır ve egzersizin faydalı etkilerinin altında yatan mekanizmaları açıklamak yeni tedavilere yol açabilir. Takahashi ve ark., 2019; transforme edici büyüme faktörü-β2'nin (TGF-β2) egzersize cevap olarak yağ dokusundan salgılandığını ve farelerde glikoz toleransını arttırdığını bulmuşlardır.

1.8.CARTONECTİN

Cartonektin, rat ve insan adiposit dokularından salınan yeni bir adipokin olarak tanımlanmaktadır; bunlar CORS 26 veya CTRP3 proteini olarak da bilinir. Cartonektin, yapısal olarak adiponektin ile yakından ilişkilidir. Cartonektinin obezite, antienflamatuar mekanizmalar ve kardiyoprotektif etkilerini araştıran birçok çalışma olmasına rağmen, kronik böbrek hastalığı olan hastalarda cartonektinin etkileri hakkında çok az çalışma vardır. Yavuz ve ark., 2019; cartonektin düzeylerinin glomerüler filtrasyon hızı azaldıkça arttığını ve hemodiyaliz hastalarında anlamlı derecede yüksek olduğunu bulmuşlardır. Hemodiyaliz hastalarında cartonektin seviyesi biyomarker olarak kullanılabilir.

2.SONUÇ

Sonuç olarak adipoz dokudan ve diğer dokulardan salgılanan adipokinlerin pek çok önemli olaylarda rolü olduğu yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir. Her ne kadar deneysel çalışmalar ve diğer çalışmalarla kesin olarak mekanizmaları aydınlatılmasa da her geçen gün yeni adipokinler tanımlanmakta biyomarker olarak kullanılmaktadır.

KAYNAKÇA

Gimble JM. 2003. Adipose tissue-derived therapeutics. Expert Opin Biol Ther, 3(5):705-13.

Lago F, Dieguez C, Gómez-Reino J, Gualillo O. 2007. Adipokines as emerging mediators of immune response and inflammation. Nature Clinical Practice Rheumatology, 3(12).

Fasshauer M, Blüher M. 2015. Adipokines in health and disease. Trends in pharmacological sciences, 36(7), 461-470.

Bienertova-Vasku J, Vinciguerra M, Buzga M, Villaroya F. 2018. Adipokines as biomarkers in health and disease. Disease markers.

Roy N, Koon-Ho C. 2017. Potential neuroprotective effects of adiponectin in Alzheimer's disease. International Journal of Molecular Science: Received. Int. J. Mol. Sci. 18, 592.

Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Türkiye Diyabet Önleme ve Kontrol Programı Eylem Planı. 2014. Ankara.

Abdella NA, Mojiminiyi OA. 2018. Clinical applications of adiponectin measurements in type 2 diabetes mellitus: screening, diagnosis, and marker of diabetes control. Disease markers.

Meral C, Cekmez F, Vurucu S, Tascılar E, Pirgon O, Canpolat FE, Ipcioglu OM, Aydemir G, Aydınoz S. 2011. New adipocytokines (vaspin, apelin, visfatin, adiponectin) levels in children treated with valproic acid. Eur Cytokine Netw, 22(2):118-22.

Cekmez F, Canpolat FE, Cetinkaya M, Pirgon O, Aydinoz S, Ceylan OM, Ipcioglu OM, Sarici SU. 2012. Igf-I and visfatin levels in retinopathy of prematurity. J Pediatr Oph-thalmol Strabismus, 49(2):120-4.

Pihlajamäki J, Ylinen M, Karhapää P, Vauhkonen I, Laakso M. 2003. The effect of th -308A allele of the TNF-α gene on insulin action is dependent on obesity. Obes Res, 11:912–17.

Sonoli SS, Shivprasad S., Prasad CVB, Patil AB, Desai PB, Somannavar MS. 2011. Visfatin A Review. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 15: 9-14.

Koch A, Weiskirchen R, Krusch A, Bruensing J, Buendgens L, Herbers U,...Tacke F. 2018. Visfatin serum levels predict mortality in critically Ill patients. Disease markers.

Bostrom P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC. 2012. A PGC1-alpha-dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. Nature, 481(7382):463-8. Doi:10.1038/ nature10777.

Schumacher MA, Chinnam N, Ohashi T, Shah RS, Erickson HP. 2013. The structure of irisin reveals a novel intersubunit beta-sheet fibronectin type III (FNIII) dimer: implications for receptor activation. J Biol Chem, 288(47):33738-44. Doi: 10.1074/jbc. M113.516641.

Pavlova T, Zlamal F, Tomandl J, Hodicka Z, Gulati S & Bienertova-Vasku J. 2018. Irisin maternal plasma and cord blood levels in mothers with spontaneous preterm and term delivery. Disease markers. Korolczuk A. 2017. Progranulin, a new adipokine at the crossroads of metabolic syndrome, diabetes, dyslipidemia and hypertension. Current pharmaceutical design, 23(10), 1533-1539.

Wang F, Chen T, Sun L, Lv H, Li X, Shen J, ... & Hou M. 2018. Circulating PGRN levels are increased but not associated with insulin sensitivity or β-cell function in Chinese obese children. Disease markers.

Kralisch S, Hoffmann A, Klöting N, Frille A, Kuhn H, Nowicki M, ... & Harris RC. 2019. The brown fat-secreted adipokine neuregulin 4 is decreased in human and murine chronic kidney disease. European Journal of Endocrinology, 1.

Yan P, Xu Y, Wan Q, Feng J, Li H. Yang J, ... & Zhang Z. 2018. Plasma neuregulin 4 levels are associated with metabolic syndrome in patients newly diagnosed with type 2 diabetes mellitus. Disease markers.

Li Q, Wu J, Xi W, Chen X, Wang W, Zhang T, ... & Wang T. 2019. Ctrp4, a new adipokine, promotes the differentiation of osteoblasts. Biochemical and biophysical research communications, 512(2), 224-229.

Takahashi H, Alves CR, Stanford KI, Middelbeek RJ, Nigro P, Ryan RE, ... & Mul JD. 2019. TGF-β2 is an exercise-induced adipokine that regulates glucose and fatty acid metabolism. Nature metabolism, 1(2), 291.

Yavuz YC, Altınkaynak K, Sevinc C, Ozbek Sebin S, & Baydar I. 2019. The cartonectin levels at different stages of chronic kidney disease and related factors. Renal Failure, 41(1), 42-46.

MULTİFONKSİYONEL BİR PROTEİN OLAN İRİSİN'E KAPSAMLI BİR YAKLAŞIM

A COMPREHENSİVE APPROACH TO IRISIN AS A MULTIFUNCTIONAL PROTEIN

Doç. Dr. Betül APAYDIN YILDIRIM
Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı

ÖZET

Kahverengi yağ dokusu; metabolik sendromun bileşenleri olan obezite, insülin direnci ve Tip 2 diabetes mellitus tedavisinde hedef doku olarak önem kazanmıştır. Son yıllarda iskelet kasından, özellikle endomysium, perimysium ve nükleer kısımlar, pankreas, kalp kası, yağ bezleri ve yağ dokusundan salınan termogenezde, insulin direncinde ve enerji tüketiminde önemli rolü olduğu anlaşılan ve yeni bir miyokin olan irisin yeni keşfedilmiş bir hormondur. İrisin hormonu, 112 aminoasitli (29-amino asit sinyal peptidi, 94-amino asit domain ve bir C-terminali) transmembran proteini olan fibronektin Tip III domain 5 (FNDC5) molekülünün proteolitik bir ürünüdür. Fibronektin Tip III domain 5 molekülü memelilerde benzer yapıya ve fonksiyona sahiptir (İnsanlar ve fareler arasında benzerliği %100'dür). İrisin hormonu, beyaz yağ dokusu hücrelerini daha fazla mitokondriye sahip olan kahverengi yağ dokusu hücrelerine dönüştürür ve enerji harcanmasını arttırarak glukoz homeostazını ve vücut metabolizmasını düzenlenler. Yumurtalıklarda, testislerde, rektumda, optik sinir, tükürük bezlerinde, dil, mide, ter bezleri, intrakranial arterler ve nöron hücrelerinde İrisin immünoreaktivitesi tespit edilmiştir. Obezite, Tip 2 diabetes mellitus, metabolik sendrom, egzersiz, hipotiroidizm ve kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde etkileri ile ilgili plazma irisin düzeyi hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Bu hastalıklar için yeni tedavi stratejileri geliştirmek ve hastalıkların prevalansını azaltmak amacıyla irisinin mekanizmasını anlamak faydalı olacaktır. İrisin aynı zamanda vücut kitle indeksini düzenlemede belirleyicidir. Soğuk ve egzersiz ile stimüle olan irisin hormonu, enerji harcanmasını artırıp kilo kaybına neden olduğu için metabolik hastalıkların tedavisinde umut verici olmaktadır.
Bu derlemede; irisinin yapısı, etkileri ve fonksiyonları tanımlanmış, enerji metabolizması, egzersiz ve diğer metabolik hastalıklar ile ilişkisi özetlenerek irisin araştırmalarında olası yeni yönelimler ve yeni bulgular vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İrisin, FNDC5, Myokin, Metabolik Hastalıklar, Egzersiz

ABSTRACT

Brown adipose tissue metabolic syndrome and constituent parts of obesity takes on a new significance on target tissue in treatment of insulin resistance and Type 2 diabetes mellitus. In recent years, irisin, a new myokine that plays important role on thermogenesis, insulin resistance and energy expenditure which swings from skeletal muscle, especially in the endomysium, perimysium and nuclear parts, pancreas, cardiac muscle, sebaceous glands and adipose tissue, is newly discovered hormone. Irisin hormone which is a proteolytic production of transmembrane protein with 112 aminoacids (29-amino acid signaling peptide, 94-amino acid domain and C-terminal) called fibronectin Type III domain 5 (FNDC5). Fibronectin Type III domain 5 molecule may have similar structure and functions in mammals (It has a 100% similarity between humans and mice). It transforming to brown adipose tissue cells from white adipose tissue cells that have more mitochondria, regulation of glucose homeostasis and body metabolism by increasing energy expenditure. Irisin immunoreactivity has been found in ovaries, testes, rectum, optic nerve, glands salivary, tongue, stomach, sweat glands, intracranial arteries

and neuronal cells. Numerous studies have been made about plasma level of irisin on obesity, Type 2 diabetes mellitus, metabolic syndrome, exercise, cardiovascular diseases and hypothyroidism effects on treatment. It can be useful to understand the mechanism of irisin because of improving new therapeutic strategies to diseases and decreasing these diseases's prevalence. At the same time irisin is an indicator molecule which regulates body mass index. Irisin hormone, which is stimulated by cold and exercise, is promising in the treatment of metabolic diseases because of weight loss and increasing energy expenditure. In this review; the structure, effects and functions of irisin have been identified, and relationship between energy metabolism, exercise and other metabolic diseases has been summarized and possible new trends and new findings are emphasized in irisin research.
Keywords: İrisin, FNDC5, Myokine, Metabolic Diseases, Exercise

1.GİRİŞ

İrisinin ana kaynağının yağ dokusu ve iskelet kası olduğu belirtilse de son yıllarda kalp kası, pankreas, iskelet kasından, özellikle endomysium, perimysium ve nükleer kısımlar, intrakraniyal arterler, myelin kılıf, optik sinir, karaciğer, rektum, ovaryum, testis, purkinje hücreleri, mide, dil, tükürük bezleri, ekrin bezler, yağ bezleri ve yağ dokusu gibi birçok organ ve dokuda sentezlenerek salındığı görülmektedir. Bu nedenle irisin sadece bir miyokin değil aynı zamanda adipokin olarak da kabul edilmektedir. İnsulin direncinde, termogenezde, glukoz toleransında, vücut ağırlığında, yağ kütlesinde ve enerji tüketiminde önemli rolü olduğu anlaşılan ve yeni bir miyokin olan irisin yeni keşfedilmiş bir hormondur. İrisin 112 aminoasitli (29-aminoasit sinyal peptidi, 94-amino asit domain ve bir C-terminali) transmembran proteini olan 32 kDa ağırlığında fibronektin Tip III domain 5 (FNDC5) molekülünün proteolitik bir ürünüdür (Bostrom ve ark., 2012; Schumacher ve ark., 2013; Aydın, 2014). İlk olarak 2002 yılında keşfedilerek karakterize edilmiştir (Teufel ve ark. 2002). Transmembran FNDC5 hücresel FNDC5 molekülünden büyük olduğu için FNDC5'in salgılanmadan önce C terminal bölgesinden ayrıldığı ve FNDC5 proteolizi sonucu egzersiz ve peroksizom proliferatörü ile aktive edilen reseptör koaktivatör-1α (PGC-1α) tarafından tetiklenerek irisin ayrılır; ayrıldıktan sonra iskelet kasları tarafından dolaşıma salınır. İrisin, beyaz yağ dokusunda eşleşme bozucu protein 1 (UCP1) ekspresyonunu uyararak beyaz yağ dokusunu kahverengi yağ dokusuna dönüştürür. İrisin adipositlerdeki reseptöre bağlanarak adenilat siklaz aktivitesini arttırır ve cAMP miktarını arttırır. cAMP'nin artması sonucu protein kinaz A ve hormon sensitiv lipaz aktive olarak hem enerji harcamasını arttırır hemde lipolizi arttırır (Bostrom ve ark. 2012; Xiong ve ark. 2015).

FNDC5 molekülü memelilerde benzer yapıya (İnsanlar ve fareler arasında benzerliği %100'dür) ve fonksiyona sahip olmasına rağmen irisinin insanlardaki etkisi halen tartışılmaktadır. Yapılan birçok çalışmada vücut kitle indeksi, glukoz, biseps çevresi ve ghrelin ile FNDC5 mRNA ekspresyonu ve irisin düzeyleri arasında pozitif ilişki olduğu obezlerde adiponectin ve yağ kütlesi ile irisin seviyesinin negatif ilişki olduğu belirtilmiştir. Bu ilişkinin böyle olmasında irisinin glukoz ve lipid metabolizmasının bozulmasında ve insulin duyarlılığına karşı koruyucu rolünün olduğu belirtilmiştir (Huh ve ark. 2012; Stengel ve ark 2013; Moreno- Navarrete ve ark 2013; Park ve ark. 2014).

İrisinin obezite, metabolik sendrom, Tip 2 diabetes mellitus, egzersiz, kardiyovasküler hastalıklar ve hipotiroidizmin tedavisinde etkileri ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu hastalıklar için yeni tedavi stratejileri geliştirmek ve hastalıkların prevalansını azaltmak amacıyla irisinin etki mekanizmalarının aydınlatılması gerekmektedir.

1.1.İRİSİN-EGZERSİZ

Egzersize bağlı olarak salgılanan irisin hormonunun etkisiyle beyaz yağ dokusu daha fazla mitokondriye sahip kahverengi yağ dokusuna dönüşerek vücut metabolizmasının düzenlenmesini sağlar. İrisinin keşfedilmesinden sonra yapılan çalışmalarda egzersiz sonrası dolaşımdaki irisin

düzeylerinin artışının ya da azalışının söz konusu olduğunun yanı sıra egzersizin irisin düzeyine karşı etkisinin olmadığı yönünde de çalışmalar bulunmaktadır.
Boström ve ark., 2012; 10 haftalık dayanıklılık egzersizinin insanlarda hücrede PGC-1α mRNA gen ifadesini artırarak çekirdekteki PPAR-α reseptörleri üzerinden FNDC5 üretimine sebep olduğunu ve irisin düzeyinde egzersiz sonrası iki kat artışın olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar FNDC5'in membranda bilinmeyen bir proteazla irisine bölünerek beyaz yağ dokusunda mitokondriyal bir protein olan UCP1' in artışına sebep olması dokunun beyaz adipositlerinde kahverengileşmeye sebep olup vücutta total enerji tüketimini artırdığını saptamışlardır.
Soğuğa maruz kalma ve egzersiz durumunda irisin dolaşımda serbest halde dolaşarak UCP1 ekspresyonunu ve beyaz yağ dokusunun kahverengi yağ dokusuna dönüşmesini uyarır. Bunun sonucunda termogenez ve enerji harcaması artar (Zhang ve ark 2017).
Kraemer ve ark., 2014; insanlarda uygulanan orta derecede aerobik egzersizinden 1 saat sonra irisin düzeyinin % 20.3 oranında arttığını bildirmişlerdir. Yarım saat süren sürat koşusu sonrasında da serum irisin düzeylerinde artışın olduğu Huh ve ark. 2012, tarafından bildirilmiştir. Huh ve ark., 2014; akut tüm vücut vibrasyon egzersizinin genç kadınlarda irisin düzeylerini artırdığını ancak 6 haftalık bir antrenman programı sonrasında plazma irisin düzeylerinde istatistiksel olarak anlam tespit etmemişlerdir. Küçük, 2018; 20 sedanter ve 24 hakemden oluşan aerobik ve anaerobik egzersizlerin 16 hafta yapılması sonucunda irisin düzeylerinin antrenmanlara bağlı olarak yükseldiği saptamıştır.
Huh ve ark, 2012; yetişkin erkeklerde 8 haftalık kronik egzersiz sonrası irisin düzeyinde değişiklik saptamazken, akut egzersizden hemen sonra irisin düzeyinde önemli bir artışın olduğunu bulmuşlardır. Benedini ve ark., 2017; atletlerde düzenli yapılan atletizm antremanlarının plazma irisin düzeylerinde herhangi bir değişikliğe sebep olmadığını belirtmişler. Arıkan ve ark., 2018; elit tekvandocular ve sedanterlerde düzenli yapılan tekvando antremanlarının ve cinsiyetin irisin düzeyine etkisinin olmadığını, Kabasakalis ve ark., 2019; Kadın ve erkek yüzücülerde serbest stil yüzme egzersizinin irisin düzeyine etkisinin olmadığını fakat cinsiyetler arasında farkın tespit edildiğini bildirmişlerdir.
Jozkow ve ark., 2019; Erkeklerde maraton koşusundan hemen sonra irisin düzeylerinde azalmaların olduğunu bulmuşlardır. Qiu ve ark., 2015; yetişkinlerde randomize kontrollü çalışmalarda kronik egzsersizlerin dolaşımdaki irisin düzeylerini önemli oranda azalttığını, randomize olmayan çalışmalarda ise kanıtların yetersiz olduğunu saptamışlardır.

1.2.İRİSİN-OBEZİTE-DİYABET

Gelişmiş yada gelişmekte olan ülkelerde dahil tüm dünyada obezite ve diyabet giderek artan önemli sağlık sorunlarından biridir. Sedanter yaşamın artması, fiziksel aktivitenin azalması, kentlere göçlerin artmasıyla beraber teknolojik ürünlerin kullanılması, fastfood tarzı hazır gıdalara yönelim ve yeme alışkanlıklarımızın değişmesi gibi birçok nedenlerden dolayı obezite ve diyabet hayatımızı olumsuz yönde etkilemektedir.
İrisinin keşfi, obezite ve Tip 2 diyabet hastalığının tedavisine katkısının olabilme ihtimalinden dolayı bilimadamlarını heyecanlandırmıştır (Elsen ve ark., 2014). Kahverengi yağ dokusu farelerde obezite ve diyabete karşıt etkiler gösterdiği, aynı etkilerle insanlarda kilo kaybına neden olduğu gerekçesiyle obezite ve diyabetin tedavisinde gelecek vadeden bir hormon olduğu belirtilmiştir (Qian ve ark., 2013; Şahin, 2016).
Blüher ve ark., 2014; 17/18 yaş aralığındaki obez gençlerin bir yıllık diyet+egzersiz programından sonra irisin düzeylerinde % 12'lik artış olduğunu tespit etmişlerdir. Yine sağlıklı ve obez çocuklarda irisin düzeyinin sağlıklı çocuklara göre obez çocuklarda önemli oranda arttığını tespit eden birçok çalışmaya rastlanmıştır (Palacios Gonzalez ve ark., 2015; Çatlı ve ark., 2016; Binay ve ark., 2017). Obez erkeklerde egzersiz yapan grubun irisin düzeylerinin, kontrol grubuna göre artış gösterdiği saptanmıştır (Rahman ve ark., 2016). Yüzme egzersizi sonrasında obez ratlarda artan irisin düzeyinin

obez ratların vücut yağ kütlesinin azalmasına sebep olduğu yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir (Lu ve ark., 2016; Yang ve ark., 2016).
Çeşitli çalışmalarda irisinin insulin direncinde ve glukoz homeostazında etkili olduğu savunulmuştur ancak insulin direncindeki rolü sınırlı ve tartışmalıdır (Shoukry ve ark., 2016).
İrisin düzeyleri uzun dönemli ve yeni başlangıçlı Tip 2 diyabet hastalarında, sağlıklı bireyler ile karşılaştırıldığında önemli oranda düşük bulunmuştur (Liu ve ark 2013, Choi ve ark 2013). Shi ve ark., 2016; dolaşımdaki yüksek irisin düzeyinin açlık insülinini azaltarak insulin direncini azalttığını bulmuşlardır. Duan ve ark., 2016; diyabetik ratlara enjekte edilen irisin nedeniyle kan glukoz düzeyinin azaldığı ve kilo kaybının arttığını bulmuşlardır.
Yapılan birçok in vivo ve in vitro çalışmaların neticesinde dolaşımda bulunan irisinin vücut ağırlığı, vücut kitle indeksi, yağ kütlesi, bel/kalça oranı, bel çevresi ve kas kütlesi arasında pozitif ilişkili olduğu belirtilmiştir (Huh ve ark., 2012; Crujeiras ve ark 2014, Huerta ve ark 2015).

1.3.İRİSİN'İN DİĞER ETKİLERİ

Multifonksiyonel bir hormon olan irisinin keşfedilen ve daha birçok keşfedilecek etkilerinin olduğu düşünülmektedir. Pavlova ve ark, 2018; göbek kordon kanındaki irisin konsantrasyonunun tek değişkenli modelde erken doğum ile ilişkili olduğunu fakat maternal kan irisin düzeylerinin erken doğum ile ilişkili olmadığını bulmuşlardır ve bu çalışma maternal periferik kan ve göbek kordonu kanındaki düzeyleri erken doğumlarda biyomarker olarak kullanılabilirliğine dair ilk çalışmadır.
İrisinin sinir sisteminde (Li ve ark., 2017), kemiklerde (Qiao ve ark., 2016; Kim ve ark., 2018), inflamasyonda (Mazur-Bialy ve ark, 2017,2018), karsinogenezde (Shao ve ark., 2017; Shi ve ark., 2017), doğumda (Pavlova ve ark, 2018) ve birçok durumda etkili olduğu belirtilmiştir.

2.SONUÇ

Başta egzersiz olmak üzere obezite, Tip 2 diabetes mellitus, metabolik sendrom, hipotiroidizm ve kardiyovasküler hastalıkların tedavisinde etkileri ile ilgili plazma irisin düzeyi hakkında birçok çalışma yapılmıştır. İrisin aynı zamanda vücut kitle indeksini düzenlemede belirleyicidir. Soğuk ve egzersiz ile stimüle olan irisin hormonu, enerji harcanmasını artırıp kilo kaybına neden olduğu için metabolik hastalıkların tedavisinde umut verici bir miyokindir.
Bu derlemede; multifonksiyonel bir miyokin olan irisinin yapısı, etkileri ve fonksiyonları tanımlanmış, enerji metabolizması, egzersiz ve diğer metabolik hastalıklar ile ilişkisi özetlenerek irisin araştırmalarında olası yeni yönelimler ve yeni bulgular vurgulanmıştır. Yapılan literatür taramalarında irisin düzeylerinin egzersizde ve hastalıklarda elde edilen sonuçların çelişkili olması nedeniyle bu konuda irisinin etkili olup olmadığı konusunda yorum yapmanın doğru olmadığı görülmektedir. Daha kapsamlı çalışmalarla irisinin mekanizmalarının aydınlatılması gerektiği, bu bilgiler doğrultusunda bahsedilen hastalıklara karşı yeni tedavi stratejileri geliştirmek yada hastalıkların prevalansını azaltmak için irisinin kullanılabilirliğinin araştırılmasının gerektiği kanaatine varıldı.

KAYNAKÇA

Bostrom P, Wu J, Jedrychowski MP, Korde A, Ye L, Lo JC. 2012. A PGC1-alpha-dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. Nature, 481(7382):463-8.

Schumacher MA, Chinnam N, Ohashi T, Shah RS, Erickson HP. 2013. The structure of irisin reveals a novel intersubunit beta-sheet fibronectin type III (FNIII) dimer: implications for receptor activation. J Biol Chem, 288(47):33738-44.

Aydın S. 2014. Three new players in energy regulation: preptin, adropin and irisin. Peptides, 56:94-110.

Teufel A, Malik N, Mukhopadhyay M, Westphal H. 2002. Frcp1 and Frcp2, two novel fibronectin type III repeat containing genes. Gene, 297(1): 79-83.

Xiong XQ, Chen D, Sun HJ, Ding L, Wang JJ, Chen Q, Li YH, Zhou YB, Han Y, Zhang F, Gao XY, Kang YM, Zhu GQ. 2015. FNDC5 over expression and İrisin ameliorate glucose/lipit metabolic derangements and enhance lipolysis in obesity. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-MolecularBasis of Disease, 1852(9), 1867-1875.

Huh JY, Panagiotou G, Mougios V, Brinkoetter M, Vamvini MT, Schneider BE, Mantzoros CS. 2012. FNDC5 and irisin in humans: I. Predictors of circulating concentrations in serum and plasma and II. mRNA expression and circulating concentrations in response to weight loss and exercise, Metabolism 61-1725–1738.

Stengel A, Hofmann T, Goebel-Stengel M, Elbelt U, Kobelt P, Klapp BF. 2013. Circulating levels of irisin in patients with anorexia nervosa and different stages of obesity-Correlation with body mass index. Peptides, 125-130.

Moreno-Navarrete JM, Ortega F, Serrano M, Guerra E, Pardo G. 2013. Irisin is expressed and produced by human muscle and adipose tissue in association with obesity and insulin resistance. J Clin Endocrinol Metab, 98, E769– E778.

Park KH, Zaichenko L, Peter P, Davis CR, Crowell JA, Mantzoros CS. 2014. Diet quality is associated with circulating C-reactive protein but not irisin levels in humans. Metabolism, 63-233–241.

Zhang J, Valverde P, Zhu X, Murray D, Wu Y, Yu L, Jiang H. 2017.Exerciseinduced irisin in bone and systemic irisin administration reveal new regulatory mechanisms of bone metabolism. Bone Res, 5, 16056.

Kraemer RR, Shockett P, Webb ND, Shah U, Castracane VD. 2014. A transient elevated irisin blood concentration in response to prolonged, moderate aerobic exercise in young men and women. Horm Metab Res, 46:150–154.

Huh JY, Mougios V, Skraparlis A, Kabasakalis A, Mantzoros CS. 2014. Irisin in response to acute and chronic whole-body vibration exercise in humans. Metabolism, 63(7), 918-921.

Küçük H. 2018. Aerobik ve anaerobik kapasitenin serum irisin, leptin, ghrelin seviyelerine etkisi. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Benedini S, Dozio E, Invernizzi PL, Vianello E, Banfi G, Terruzzi I, vd. 2017. Irisin: A potential link between physical exercise and metabolism-an observational study in differently trained subjects, from elite athletesto non-athlete people. Hindawi Journal of Diabetes Research, 7.

Arıkan Ş, Revan S, Balcı ŞS, Şahin M, Serpek B. 2018. Effect of training on plasma irisin, leptin and insulin levels. Int J Appl Exerc Physiol, 2, 1-8.

Kabasakalis A, Nikolaidis S,Tsalis G, Christoulas K, Mougios V. 2019. Effects of sprint interval exercise dose and sex on circulating irisin and redox status markers in adolescent swimmers. Journal of Sports Sciences, 37(7), 827-832.

Jóźków P, Koźlenia D, Zawadzka K, Konefał M, Chmura P, Młynarska K, vd. 2019. Effects of running a marathon on irisin concentration in men aged over 50. The Journal of Physiological Sciences, 69(1), 79–84.

Qiu S, Cai X, Sun Z, Schumann U, Zügel M, Steinacker JM. 2015. Chronic exercise training and circulating irisin in adults: A meta-analysis. Sports Med, 45, 1577-88.

Elsen M, Raschke S, Eckel J. 2014. Browning of white fat: does irisin play a role in humans? J Endocrinol, 222, 25-38.

Qian SW, Tang Y, Li X, Liu Y, Zhang YY, Huang HY., vd. 2013. BMP4-mediated brown fat-like changes in white adipose tissue alter glucose and energy homeostasis. PNAS, 9, 798-807.

Şahin E. 2016. Yeni tanı almış tip 2 diyabetli hastalarda serum irisin seviyesinin incelenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Blüher S, Panagiotou G, Petroff D, Markert J, Wagner A, Klemm T., vd. 2014. Effects of a 1 year exercise and lifestyle intervention on irisin, adipokines, and inflammatory markers in obese children. Obesity, 22(7), 1701-8.

Palacios Gonzalez B, Vadillo Ortega F, Polo Oteyza E, Sanchez T, Ancira Moreno M, Romero Hidalgo S. vd. 2015. Irisin levels before and after physical activity among school-age children with different BMI: A direct relation with leptin. Obesity, 23, 729-32.

Çatlı G, Kume T, Tuhan HÜ, Anık A, Calan OG, Bober E. vd. 2016. Relation of serum irisin level with metabolic and antropometric parameters in obese children. J Diabetes Complications, 30, 1560-65.

Binay Ç, Paketçi C, Güzel S, Samancı N. 2017. Serum irisin andoxytocin levels as predictors of metabolic parameters in obese children. J Clin Res Pediatr Endocrinol, 9, 124-31.

Rahman S, Reza AM, Mahboobe K ve Sadegh A. 2016. The effect of submaximal aerobic training on serum irisin level in obese men; with emphasis on the role of irisin in insulin-resistance change. Scientific Information Database, 4, 20-30.

Lu Y, Li H, Shen SW, Shen ZH, Xu M, Yang CJ. vd. 2016. Swimming exercise increases serum irisin level and reduces body fatmass in high-fat-diet fed wistarrats. Lipids Health Dis, 15, 93.

Yang XQ, Yuan H, Li J, Fan J, Jia HS, Kou XJ. vd. 2016. Swimming intervention mitigates HFD induced obesity of rats through PGC-1α -irisin pathway. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 20, 2123-30.

Shoukry A, Shalaby SM, El-Arabi Bdeer S, Mahmoud AA, Mousa MM, Khalifa A. 2016. Circulating serum irisin levels in obesity and type 2 diabetes mellitus. IUBMB Life,
68(7):544-56.

Liu JJ, Wong MD, Toy WC, Tan CS, Liu S. 2013. Lower circulating irisin is associated with Type 2 diabetes mellitus. J Diabetes Complications, 27, 365–369.

Choi YK, Kim MK, Bae KH, Seo HA, Jeong JY. 2013. Serum irisin levels in new-onset type 2 diabetes. Diabetes Res Clin Pract, 100, 96–101.

Shi X, Lin M, Liu C, Xiao F, Liu Y, Huang P, et, al. 2016. Elevated circulating irisin is associated with lower risk of insulin resistance: association and path analyses of obese Chinese adults. BMC Endocr Disord, 16(1):44.

Duan H, Ma B, Ma X, Wang H, Ni Z, Wang B. et al. 2016. Anti-diabetic activity of recombinant irisin in STZinduced insulin-deficient diabetic mice. Int J Biol Macromol, 84:457-63.

Crujeiras AB, Zulet MA, Lopez-Legarrea P, de la Iglesia R, Pardo M, Carreira MC, Martinez JA, Casanueva FF. 2014. Association between circulating irisin levels and the promotion of insulin resistance during the weight maintenance period after a dietary weight-lowering program in obese patients. Metabolism, 63, 520–531.

Huerta AE, Prieto-Hontoria PL, Fernandez-Galilea M, Sainz N, Cuervo M, Martinez JA, Moreno-Aliaga MJ. 2015. Circulating irisin and glucose metabolism in overweight/obese women: Effects of -lipoic acid and eicosapentaenoic acid. J. Physiol. Biochem. 71, 547–558.

Pavlova T, Zlamal F, Tomandl J, Hodicka Z, Gulati S, Bienertova-Vasku J. 2018. Irisin Maternal Plasma and Cord Blood Levels in Mothers with Spontaneous Preterm and Term Delivery. Disease markers.

Li DJ, Li YH, Yuan HB, Qu LF, Wang P. 2017. The novel exercise-induced hormone irisin protects against neuronal injury via activation of the Akt and ERK1/2 signaling pathways and contributes to the neuroprotection of physical exercise in cerebral ischemia. Metabolism, 68, 31–42.

Qiao X, Nie Y, Ma Y, Chen Y, Cheng R, Yin W, Hu Y, Xu W, Xu L. 2016. Irisin promotes osteoblast proliferation and di_erentiation via activating the MAP kinase signaling pathways. Sci. Rep. 6, 18732.

Kim H, Wrann CD, Jedrychowski M, Vidoni S, Kitase Y, Nagano K, Zhou C, Chou J, Parkman VA, Novick SJ. et al. 2018. Irisin Mediates E_ects on Bone and Fat via _V Integrin Receptors. Cell, 175, 1756–1768.

Mazur-Bialy AI, Kozlowska K, Pochec E, Bilski J, Brzozowski T. 2018. Myokine irisin-induced protection against oxidative stress in vitro. Involvement of heme oxygenase-1 and antioxidazing enzymes superoxide dismutase-2 and glutathione peroxidase. J. Physiol. Pharmacol. 69, 117–125.

Mazur-Bialy AI, Poche´c E, Zarawski M. 2017. Anti-inflammatory properties of Irisin, mediator of physical activity, are connected with TLR4/MyD88 signaling pathway activation. Int. J. Mol. Sci. 18, 701.

Shao L, Li H, Chen J, Song H, Zhang Y, Wu F, Wang W, Zhang W, Wang F, Li H, et al. 2017. Irisin suppresses the migration, proliferation, and invasion of lung cancer cells via inhibition of epithelial-to-mesenchymal transition. Biochem. Biophys. Res. Commun. 485, 598–605.

Shi G, Tang N, Qiu J, Zhang D, Huang F, Cheng Y, Ding K, Li W, Zhang P, Tan X. 2017. Irisin stimulates cell proliferation and invasion by targeting the PI3K/AKT pathway in human hepatocellular carcinoma. Biochem. Biophys. Res. Commun. 493, 585–591.

FARKLI İÇERİKLERE SAHİP HEMA JELLERİN RADYOTERAPİDE ÜÇ BOYUTLU DOZİMETRE SİSTEMLERİNDE KULLANIMI

THE USE OF HEMA GELS WITH DIFFERENT CONTENTS FOR THREE DIMENSIONAL DOSIMETRY SYSTEMS IN RADIOTHERAPY

Kimya Müh. Yasemin DEMİRCİ

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Özlem KORKUT

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. M. Erdem SAĞSÖZ

Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyofizik Bölümü

ÖZET

Jel dozimetreler radyasyonla kanser tedavisinde hastalara uygulanacak olan radyasyon dozunun belirlenmesinde uzun yıllardır kullanılmaktadır. Dozimetrelerin kullanıma elverişli hale gelmesi, canlı dokuya eşdeğer yapıda olması, üretim kolaylığı sağlaması, yapısı bozulmadan uzun süre sabit formda kalabilmesi ve üç boyutlu görüntülemede istenilen sonucu vermesi adına pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Jel dozimetrelerin ilk örneklerinden olan Fricke jeller, radyasyona maruz kaldığında bileşimlerindeki Fe^{+2} iyonlarının Fe^{+3} iyonlarına dönüşmesi gözlemlenir. Polimer jellerde ise radyasyon enerjisi ile jeldeki su moleküllerinin hidrolize olması ve hidroliz sonucu oluşan iyonların monomerler ile polimerleşme reaksiyonları gerçekleştirmesi gözlenir. Bu çalışmada son yıllarda denemeleri yapılmakta olan HEMA polimer jellerinin çapraz bağlayıcı, monomer ve ana faz konsantrasyonları değiştirilerek, 0 - 250 cGy aralığında X - ışınlarına maruz kalmaları sağlanmıştır. VIS spektrometre yardımıyla jellerin ışınlamaya cevap olarak ışık geçirgenliklerindeki değişim incelenmiş , MRI (manyetik Rezonans görüntüleme) cihazı ile manyetik durulma zamanlarına ilişkin MR şiddet değerleri elde edilmiş ve doza bağlı değişimleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: HEMA jel, radyasyon dozimetri, UV absorbans, MR görüntüleme

ABSTRACT

Gel dosimeters have been used for many years to determine the dose of radiation to be applied to patients in the treatment of cancer with radiation. Numerous studies have been carried out to make dosimeters suitable for use, to be tissue equavalance, to provide ease of production, to remain in stable form for a long time and to give the desired results in three-dimensional imaging. Fricke gels, one of the first examples of gel dosimeters, are observed to convert Fe^{2+} ions into Fe^{3+} ions in their compositions when exposed to radiation. In polymer gels, it is observed that the water molecules in the gel are hydrolyzed by radiation energy and the ions formed as a result of hydrolysis perform polymerization reactions with monomers. In this study, crosslinking, monomer and main phase concentrations of HEMA polymer gels were changed and exposed to X - rays in the range of 0 - 250

cGy. VIS spectrometer was used to investigate the change in light transmittance of the gels in response to irradiation and MR imaging to determine MR intensities showing magnetic relaxation time changes was done.

Key words: HEMA gel, radiation dosimetry, UV absorbance, MR imaging

1. INTRODUCTION

Today, besides chemotherapy, radiotherapy is a commonly used method in the treatment of cancer. In radiotherapy, three-dimensional dosimeters can be used in addition to computer programs to adjust the amount of radiation dose received by the patient and to ensure that the beam of radiation is applied to the target tissue in sufficient quantity. Polymer gel dosimeters are the most commonly used three-dimensional (3D) gel dosimeters. They contain water and gelatin as well as monomers and crosslinkers that polymerize in response to free radicals produced by water radiolysis (Baldock et al. 2010).

The measurement of the radiation dose by means of a polymer gel dosimetry is carried out in three steps. In the first step there is the production of polymer gel dosimetry. The mixture of selected chemicals results in a radiation-sensitive polymer gel. It is then poured into an anthropomorphic container and the corresponding calibration vials upon visualization request and removed for storage under suitable conditions. In the second stage, the anthropomorphic phantom and related vials are exposed to radiation and stored again under appropriate conditions. In the final step, the detection of the amount of polymerization or the change in the image is monitored using a specially optimized imaging technique and the resulting images / results are analyzed (Baldock et al. 2010).

Radiation creates structural changes in polymer gel dosimeters that can affect different properties such as variability in nuclear magnetic resonance relaxation times of protons, mass density, color, light scattering and opacity. Changes in some of these properties can be quantified by MRI, X-ray computed tomography (CT), optical scanning, spectrophotometry and ultrasonography (Gore et al. 1984, Maryanski et al. 1993, Rintoul et al. 2003).

2. MATERIAL AND METHOD

2.1 Gel production

The polymeric HEMA gel produced in this study contains deionised water and gelatin (Fluka) as the main phase, HEMA (2-hydroxyethyl methacrylate, Aldrich) as the monomer, MBA (N,N methylenbisacrilamid, Sial) as the cross-linker and THPC (tetrakis hydroxymethyl phosphonium chloride, Aldrich) as the antioxidant.

When the gel is produced, firstly a predetermined amount of deionised water is placed in a beaker wrapped with aluminum foil to prevent light exposure and heated to 50 °C on a magnetic stirrer. After then gelatin is added. Once the gelatin has dissolved, MBE is added and stirring is continued. Monomer and the antioxidant are added to the solution respectively when it is cooled to 35-40 °C. Prepared gel is poured into the spectrophotometer cuvettes immediately. The composition of the gels produced is given in Table 1.The cuvettes wrapped with aluminum foil to prevent auto polymerization and they

also sealed with parafilm tape to prevent oxygen diffusion. Samples kept in a refrigerator at 4 °C until irradiation, measurement and imaging processes. Figure 1 shows the different gel samples before and after irradiation.

Table 1. The composition of the gels.

	1.N	2.N	3.N	4.N	5.N	6.N	7.N	8.N
Gelatin(g)	1	1,5	2	2	2	2	3	1
MBA (g)	0,75	0,75	1	2	2	1,5	1,5	0,75
HEMA (ml)	1	1	1,5	1,5	1,5	2	2	1
THPC (ml)	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15
Water (ml)	97,25	96,75	95,59	94,5	94,5	94,5	93,5	97,25

Figure 1. Different gel samples before and after irradiation.

2.2 Irradiation process

The irradiation of gel dosimeters were done by a linear accelerator (linac, Siemens, Primus, Erlangen, Germany) generating X-rays at 6 MV as in our a previous study (Aktaş et. al. 2018). Linac was calibrated using a traceable ionization chamber complying IAEA TRS-398 standard. Total uncertainty was ±2% of dose delivered. Similar to setup of calibration of linac system irradiation was done with a dose rate of 600MU/min at 100cm SSD and 10 x 10 cm field size under a 0.5 cm water phantom (Figure 2).

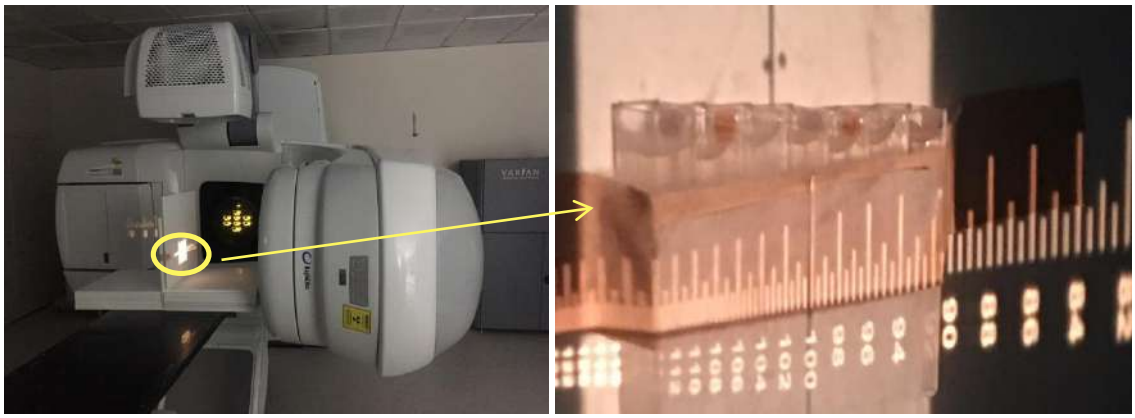


Figure 2. The irradiation of gel dosimeters at linac system.

2.3. UV-VIS mesurement and MR imaging

Absorbance values of the HEMA gels were obtained using a Metash 5100 UV / VIS Spectrophotometer at 400 nm wavelengths before and after the irradiation process.

Irradiated gel dosimeters are scanned by a 1.5T MR system (Siemens Symphony, Germany) with a quad head coil at T1 weighted sequences in 24 hours after irradiation (Figure 3).

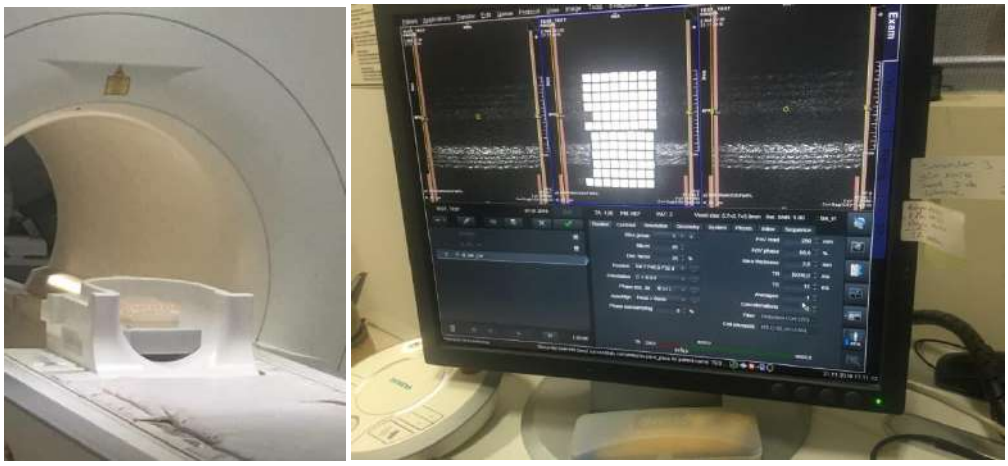


Figure 3. MR scanner and scanned vials' crosscetional images on right hand side.

3. Results and Conclusion

Both MR and spectrofotometric measurements showed slight increase in MR intensity (Fig.4) and light absorbance of gels (Fig.5) upon increasing amounth of radiation. Gels showed greater increment between 200-250cGy doses compared to smaller ones. This can give an idea about the operating dose range of HEMA gels that these materials can be effectively used at doses greater than 200cGy.

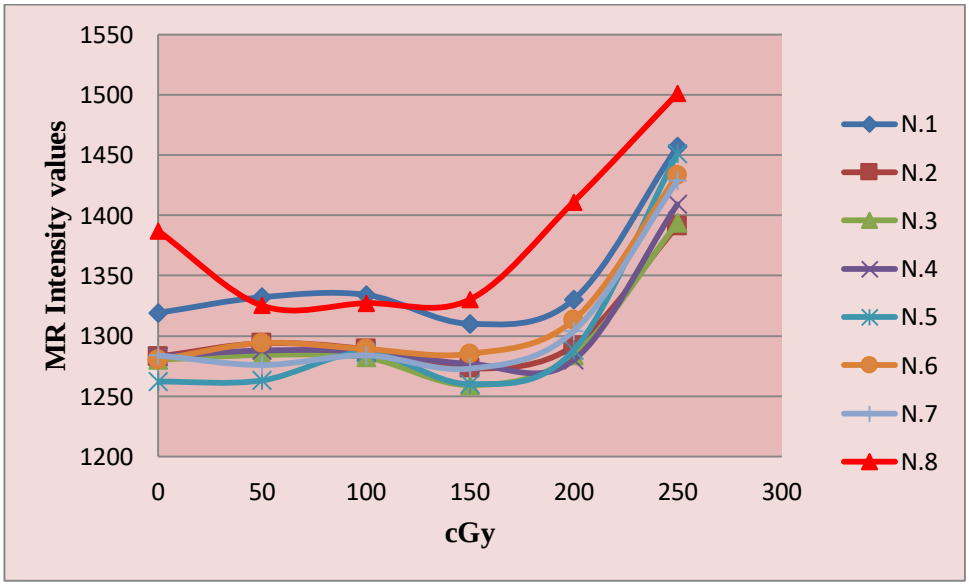


Figure 4. Dose-dependent variation of MR intensity values

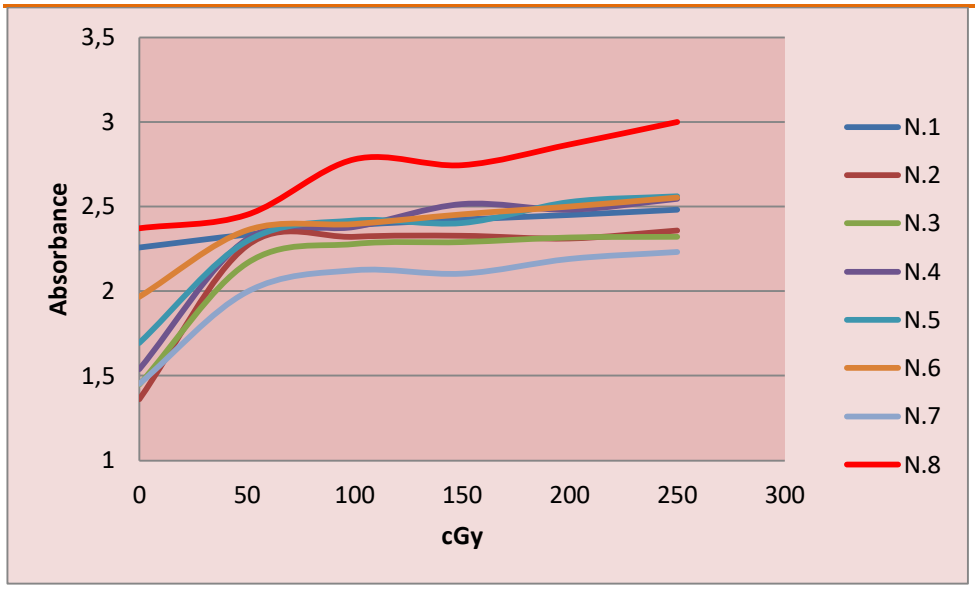


Figure 5. UV-VIS absorbance values of HEMA gels at 400 nm

REFERENCES

Aktaş S., Korkut Ö., Sağsöz M.E., 2018. "Dosimetric Fricke Gel Systems Improved with CaCl2 and Gluconic Acid", International Advanced Researches and Engineering Journal, vol.2, pp.143-146.

Baldock, C., Deene, Y., Doran, S., Iboott, G., Jirasek, A., Lepage, M., Mcauley, K. B., Oldham, M. And Schreiner, L. J, 2010. Topical Review: Polymer gel dosimetry. Physics in Medicine and Biology, 55(5), R1-R63.

Gore, J. C. and Kang, Y. S, 1984. Measurement of radiation dose distributions by nuclear magnetic resonance (NMR) imaging. Physics in Medicine and Biology, 29(10), 1189-1197.

Maryanski, M. J., Gore, J. C., Kennan, R. P. And Schulz, R. J, 1993. NMR relaxation enhancement in gels polymerized and crosslinked by ionizing radiation: A new aproach to 3D dosimetry by MRI., 11(2), 253-258.

Rintoul, L., Lepage, M. And Baldock, C, 2003. Radiation dose distribution in polymer gels by Raman spectroscopy. Applied Spectroscopy, 57(1), 51-57.

MAKİNE ÖĞRENMESİ SINIFLANDIRMALARI VE STANDART İSTATİSTİKSEL ANALİZ METOTLARININ KARŞILAŞTIRMASI: ÇİPURA BALIĞI (*Sparus aurata*) KAN PARAMETRELERİ MODELİ

COMPARISON OF MACHINE LEARNING CLASSIFICATIONS AND STANDARD STATISTICAL ANALYZES METHODS: SEABREAM (*Sparus aurata*) FISH BLOOD PARAMETERS MODEL

Doç. Dr. Nejdet GÜLTEPE

Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Yasemin GÜLTEPE

Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Doğal stokların azalması, beslenme bilincinin artması, ekonomik parametreler gibi nedenlerden dolayı su ürünleri yetiştiriciliği her geçen gün artmaktadır. Buna paralel olarak su ürünleri alanındaki çalışmalarda da artış olmaktadır. Bilim insanları çalışmalarında klasik istatistiksel analiz metotlarını kullanmaktadırlar. Daha iyi çalışmalar yapıp daha iyi sonuçlar elde etmek için, elde edilen verilerin boyutları ve çeşitliliği de artış göstermiştir. Veri boyutundaki genişleme standart istatistiksel metotların yetersiz kalabileceği durumları da ortaya çıkarabilmektedir. Bu nedenle özellikle global ölçekte çalışan şirketler verilerinin değerlendirilmesinde teknolojiden faydalanarak makine öğrenmesi metotlarını kullanmaktadırlar.

Bu çalışmada çipura balıkları ile yapılmış bir besleme çalışmasından elde edilen kan parametre verileri (lökosit, eritrosit, hemoglobin, hematokrit, ortalama korpüsküler hacim, ortalama korpüsküler hemoglobin, ortalama korpüsküler hemoglobin konsantrasyonları ve trombosit) altı makine öğrenmesi uygulaması (rastgele orman, k-en yakın komşu, naive bayes, lojistik regresyon karar ağacı ve destek vektör makineleri) ve standart istatistiksel metotlarla (Varyans analizi) karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş ve istatistiksel olarak fark olmayan verilerde makine öğrenmesi uygulamaları ile % 80 oranında başarılı sınıflandırma yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Makine öğrenmesi, rastgele orman, lojistik regresyon, karar ağacı, destek vektör makineleri.

ABSTRACT

Aquaculture is increasing day by day due to reasons such as decrease in natural stocks, increasing nutritional awareness and economic parameters. In parallel, there is an increase in the studies in the field of aquaculture. Scientists use classical statistical analysis methods in their studies. In order to perform better studies and obtain better results, the size and diversity of the data obtained has also increased. The expansion in the data size may also reveal situations where standard statistical methods may be inadequate. For this reason, companies working on a global scale use machine learning methods by using technology in the evaluation of their data.

In this study, blood parameter data (leukocyte, erythrocyte, hemoglobin, hematocrit, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin, mean corpuscular hemoglobin concentrations and platelet) obtained from a feeding study with sea bream fish (random forest, k-nearest neighbors, naive bayes, logistic regression, decision tree and support vector machines) and standard statistical methods

(analysis of variance) were evaluated comparatively and 80% successful classification was made with machine learning applications in non-statistically significant data.

Keywords: Machine learning, random forest, logistic regression, decision tree, support vector machines.

1. GİRİŞ

Yaklaşık olarak 100 milyon tonun üzerinde olan dünya su ürünleri üretiminin, % 50'si balık üretiminden kaynaklanmaktadır (FAO, 2015). Geri kalan % 50'lik kısmını ise eklem bacaklılar, kabuklular, su bitkileri ve diğer su canlıları oluşturmaktadır (Gültepe, 2018a,b). Doğal stoklardaki daralma, beslenme bilincinin artması, ekonomik parametreler, su ürünleri alanındaki gelişmeler, gıda sanayisindeki gelişmeler ve yem katkı maddeleri alanlarındaki gelişmeler gibi birçok faktör su ürünleri yetiştiriciliğinin de artışına neden olmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde işletme giderlerinin % 40-60'lık kısmını yem giderleri oluşturmaktadır. Yetiştiriciliği yapılan türlerin karnivor olmaları nedeni ile en önemli yem hammaddesi balık unu ve balık yağıdır. Hem artan üretimi daha dava verimli hale getirmek hem de doğal balık stoklarındaki azalma ve buna bağlı olarak balık unu ve balık yağı maliyetindeki artış, su ürünleri sektörünü, yem üreticilerini ve araştırmacıları sürekli olarak yeni çalışmalar yapmaya yönlendirmiş ve buna bağlı olarak çalışma sayısında da ciddi bir artış olmuştur. Yapılan çalışmaların değerlendirilmesinde standart istatistiksel metotlar kullanılmaktadır. Çalışmaların kalitesini artırmak, daha iyi sonuçlar elde etmek, verimliliği artırmak ve ortaya özgün ve farklı bir takım eyler koyabilmek için veri boyutları ve çeşitliliği de sürekli olarak artmaktadır. Verilerin analiz edilmesi, anlamlandırılması ve belli bir güven aralığında güvenilirliğinin kanıtlanması bakımından kullanılan istatistiksel metotlar yetersiz kalabilmekte ve/veya güven aralığı dışında kalan kısım daha önemli hale gelebilmektedir. Bilgi ve bilgisayar teknolojilerinde olan gelişmeler istatistiksel temel bazlı çalışan veri madenciliği ve farklı şekillerde veri analizlerini karşımıza çıkarmıştır. Veri madenciliği ve istatistiksel analizler aynı ve/veya benzer amaç için çalışsa da aralarında farklılıklar mevcuttur (Emre ve Erol, 2017). Makine öğrenmesi, veri madenciliğinin de kullandığı ve bir konuyu konuya ait veriye göre modelleyen algoritmaların genel adıdır. Bu algoritmalar statik talimatları izlemek yerine veri girişlerinden veriye bağlı tahminleri ve kararları gerçekleştirebilmek amacıyla bir model oluşturarak çalışır. Esas olarak makine öğrenmesi, 20. yüzyılın ikinci yarısının başlarında yapay zekada sayısal öğrenme ve model tanıma çalışmalarıyla beraber geliştirilmiştir. Makine öğrenmesi; tahmin (yaklaşık olarak değerlendirme, oranlama: prediction), kestirim (olacağı önceden takribi olarak görme, öngörü: estimation) ve sınıflandırma (classification) amaçları ile kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı çipura (*Sparus aurata*) balığı ile yapılmış bir besleme çalışmasından elde edilen lökosit, eritrosit, hemoglobin, hematokrit, ortalama korpüsküler hacim, ortalama korpüsküler hemoglobin, ortalama korpüsküler hemoglobin konsantrasyonları ve trombosit verilerinin; rastgele orman, k-en yakın komşu, naive bayes, lojistik regresyon karar ağacı ve destek vektör makineleri uygulamaları kullanılarak yapılan sınıflandırmaları ile standart istatistiksel metot olan varyans analizi ile elde edilmiş sonuçların karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. DENEYSEL PLAN

Muğla ilinde ticari faaliyet gösteren bir balık işletmesinde yaklaşık 1 yaşında çipura balıkları ile yapılan, balık yemlerine 2 g/kg mannanoligosakkarit katılarak yapılan çalışmadan elde edilen kan parametre değerleri veri seti olarak kullanılmıştır. Çalışmada kontrol (0 g/kg) ve deneysel diet (2 g/kg) olacak şekilde hazırlanan yemle beslenen balıklar sekizgen ağ kafeste yaklaşık 20.000 adet olacak şekilde stoklanmış ve deneme üç tekrarlı olarak yürütülmüştür. Balıklardan kan alımı anestezik (MS-222; tricaine methanesulphonate) uygulanan her gruptan 13 adet olacak şekilde heparinli enjektörlerle yapılmış; lökosit (WBC), eritrosit (RBC), hemoglobin (Hg), hematokrit (Hct), ortalama korpüsküler

hacim (MCV), ortalama korpüsküler hemoglobin (MCH), ortalama korpüsküler hemoglobin konsantrasyonları (MCHC) ve trombosit (PLT) değerleri ölçülmüş ve hesaplanmıştır (Gültepe ve diğ., 2012; 2015; 2017). Makine öğrenmesi uygulamalarında sonuçları en iyi şekilde değerlendirebilmek için veri setinin özelliklerinin verimli şekilde kullanılması gerektiği (Aliferis ve diğ., 2002; Murty ve Babu, 2017) prensibinden hareketle mevcut veri setinin % 80'i eğitim amaçlı % 20'si ise test için kullanılmıştır.

2.2. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Gruplardan elde edilen verilerle oluşturulan veri seti STATGRAPHICS Centurion XVI.I paket programı ile tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıklar % 95 güven sınırlarında ($p<0,05$) değerlendirilmiştir.

2.2. MAKİNE ÖĞRENMESİ UYGULAMALARI

Python 3.6 programlama dilinde hazırlanan rastgele orman (RO), k-en yakın komşu (k-YK), Naive Bayes (NB), lojistik legresyon (LR), karar ağacı (KA) ve destek vektör makineleri (DVM) makine öğrenme sınıflandırma uygulamaları kullanılmıştır. RO, birden fazla karar ağacı türeterek sonuçların doğruluğunu arttırma mantığıyla çalışır. Doğruluk derecesi, deneysel diyetle beslenen balıkları ve kontrol diyeti ile beslenen balıklardan ayırt edebilme yeteneğidir. k-YK, veri çoğunluğu ile sınıflandırma yaparken ilişki bulmak için veri setindeki benzerlikleri kullanmaktadır. NB, yeterliliklerin belirli bir sınıfa bağımlılığını koruyarak en uygun sınıflandırmayı yapmaya çalışmaktadır. LR, bağımlı değişkenlerden etkilenen değişkenler arasındaki bağımlı ve bağımsız ilişkiyi bulma prensibine göre çalışmaktadır. KA, hızlı, kolay yorumlama ve etkili sonuçlar elde etme özelliği sayesinde, oluşturulmuş bir ağaç yapısına sahip tercih edilen öğrenme yöntemidir. DVM, çok boyutlu uzayda veri sınıflandırmasını ayıran hiper düzlemlerle çalışmaktadır (Gültepe, 2019).

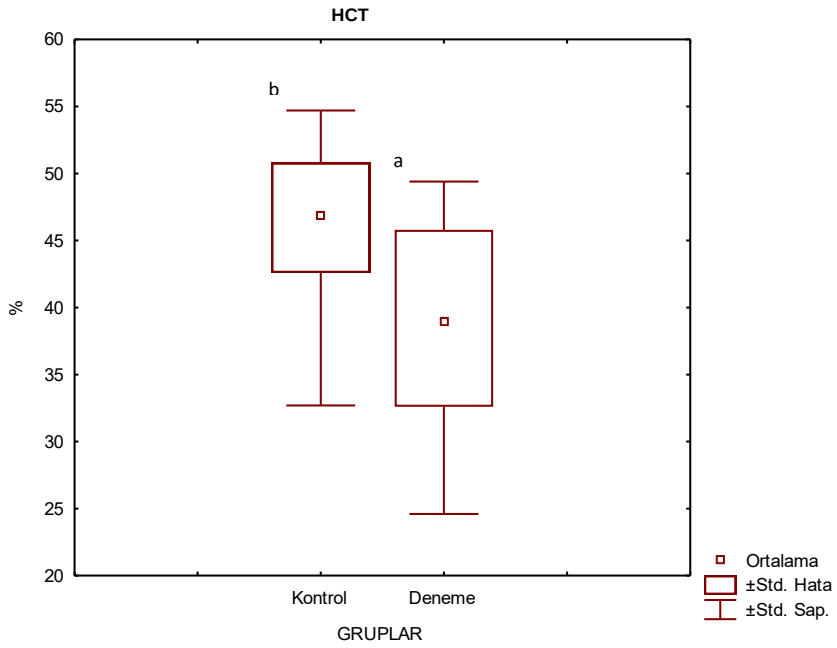
3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Deneysel diyet (D) ve kontrol diyeti (K) ile beslenen balıklardan alınan kan örnekleri sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kan Analiz Sonuçlarının Ortalama Değerleri (Ortalama±Standart Sapma)

WBC		**RBC**		**Hg**		**Hct**		**MCV**		**MCH**		**MCHC**		**PLT**	
K	*D*	*K*	*D*	*K*	*D*	*K*	*D*	*K*	*D*	*K*	*D*	*K*	*D*	*K*	*D*
86±5	86±6	4±1	3±0	11±3	11±2	46±7	39±8	128±9	120±13	30±3	33±3	24±4	28±4	48±24	53±20

Çalışmanın tek değişkeni deneysel yeme ilave edilen 2 g/kg oranında mannanoligosakkarit olması nedeni ile çalışmadan elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testine tabi tutulmuştur. Grupların WBC, RBC, Hg, MCV, MCH, MCHC ve PLT değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Gruplarda sadece Hct seviyesinde istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0,05$). Hct seviyesinin önemli farklılık göstermesinde; bireyler arasındaki varyasyonlardan dolayı standart sapmanın yüksek çıkmasının (Yıldız ve Bircan, 1991) ve genetik farklılıkların (McCarthy ve diğ., 1975) sebep olabildiği düşünülmektedir. Hct değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları Şekil 1'de verilmiştir. Genel itibari ile bakıldığında deneysel diyetin balığın hematolojik kan parametrelerine etkisi olmadığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların makine öğrenme uygulaması sınıflandırması sonuçlarına göre; RO, LR, KA ve DVM % 80 oranla en yüksek doğruluk derecesinde sınıflama yapmıştır. Ayrıca k-YK ve NB sınıflandırmaları ise % 60 ile aynı en düşük doğruluk seviyesinde sınıflandırma yapmıştır. Makine öğrenmesi uygulamalarının sınıflandırmaları ve sınıflandırmada doğruluk seviyeleri Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Hct Seviyesinin İstatistiksel Analiz Sonuçları (İstatistiksel olarak farklı gruplar farklı harflerle gösterilmiştir p<0,05)

Hu ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada zaman verimliliği ihtiyacını karşılaması nedeni ile balık türlerinin tanımlanmasında DVM sınıflandırma yönteminin en iyi sonucu verdiğini, Berjemo (2014) balık yaşı sınıflandırmasında da faydalı olduğunu belirtmişlerdir. Kabuklu çiftliği kurulması için yer seçiminde KA uygulamasının % 75 oranında en iyi dengelemeyi yaptığı belirlenmiştir (Rahman ve d'Este, 2015). Fakat, yapay sinir ağlarının sınıflandırmada balık eti tazeliğinin belirlenmesinde DVM ve k-YK'dan daha başarılı olduğu da bulunmuştur (Taheri-Garavand ve diğ., 2019).

Tablo 2. Makine Öğrenmesi Uygulamalarının Sınıflandırma Doğruluk Seviyeleri

Uygulama	*RO*	*LR*	*KA*	*DVM*	*k-YK*	*NB*
Doğruluk Seviyesi (%)	80	80	80	80	60	60

Bu çalışmada hematolojik kan parametrelerine göre gruplar arasında istatistiksel olarak bir fark olmamasına rağmen (P <0.05), makine öğrenme uygulamaları gruplar arasında farklılıklar belirleyerek sınıflandırma yapmıştır. Elde edilen sonuçlar ile hangi balığın hangi yemle beslendiği de tespit edilmiş ve böylelikle RO, LR, KA ve DVM makine öğrenme uygulamalarının benzer çalışmalarda sınıflandırma aracı olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

KAYNAKÇA

Aliferis, C.F., Hardin, D., Massion, P.P., 2002. Machine learning models for lung cancer classification using array comparative genomic hybridization., in: Proceedings. AMIA Symposium. pp. 7-11.

Bermejo, S., 2014. The benefits of using otolith weight in statistical fish age classification: A case study of Atlantic cod species. Comput. Electron. Agric. 107: 1-7. https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.06.001

Emre, İ.E., Erol, Ç.S., 2017. Veri analizinde istatistik mi veri madenciliği mi? Bilişim Teknolojileri Dergisi 10(2): 161-167. https://doi.org/10.17671/gazibtd.309297

FAO 2015. Global Aquaculture Production 1950 - 2014 (http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/work/FIGIS/prod/webapps/figis/temp/hqp_8277420377177950252.xml&outtype=html Erişim Tarihi: 21.12.2016).

Gültepe, N., Hisar, O., Salnur, S., Hoşsu, B., Tansel Tanrikul, T., Aydin, S., 2012. Preliminary assessment of dietary mannanoligosaccharides on growth performance and health status of gilthead seabream Sparus auratus. J. Aquat. Anim. Health 24: 37-42. https://doi.org/10.1080/08997659.2012.668508

Gültepe, N., Kesbiç, O.S., Acar, Ü., Gökkuş, K., Gültepe, M.İ., Sönmez, A.Y., Bilen, S., Aydın, S., 2015. Effects of Prebiotic Mannanoligosaccharides (MOS) on Histology and Biochemical Blood Parameters of Gilthead Seabream, Sparus aurata. Isr. J. Aquac. - Bamidgeh 67: 1-6. https://doi.org/http://hdl.handle.net/10524/49162

Gültepe, N., Sazykina, M., Sazykin, I., Sonmez, A.Y., Khmelectsova, L.E., Khammami, M.I., 2017. Comparative study of haematological parameters of three sturgeon species in recirculating aquaculture system. Indian Journal of Fisheries 64: 87-90. https://doi.org/10.21077/ijf.2017.64.1.62577-15

Gültepe, N., 2018a. How the use of orange (*Citrus sinensis*) peel essential oil affected the growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)? Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies, 75(1):16-20. http://dx.doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:003817

Gültepe, N., 2018b. Assessment of the effects of d-limonene on the hematological and biochemical blood parameters of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. AQUA2018, 25-29 August 2018 Monpellier, France.

Gültepe, Y., 2019. Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Hava Kirliliği Tahmini Üzerine Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme. Eur. J. Sci. Technol. 16: 8-15. https://doi.org/10.31590/ejosat.530347

Hu, J., Li, D., Duan, Q., Han, Y., Chen, G., Si, X., 2012. Fish species classification by color, texture and multi-class support vector machine using computer vision. Comput. Electron. Agric. 88: 133-140. https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.07.008

McCarty, D. H., Stevenson, J. P. and Roberts, M. S., 1975, Some blood parameters of the Rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson) II. The Shasta Variety, 7: 215-219.

Murty, N.V.R., Babu, M.S.P., 2017. A Critical Study of Classification Algorithms for LungCancer Disease Detection and Diagnosis. Int. J. Comput. Intell. Res. 13: 1041-1048.

Rahman, A., D'Este, C., 2015. Shellfish farm closure prediction and cause identification using machine learning methods. Comput. Electron. Agric. 110: 241-248. https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.11.023

Taheri-Garavand, A., Fatahi, S., Banan, A., Makino, Y., 2019. Real-time nondestructive monitoring of Common Carp Fish freshness using robust vision-based intelligent modeling approaches. Comput. Electron. Agric. 159: 16-27. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.02.023

Yıldız, N. ve Bircan, H., 1991, Araştırma ve Deneme Metotları, Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 697, Ziraat Fakültesi No: 30, Ders Kitapları Serisi No: 57, Erzurum, s 62.

ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ İÇİN YAPAY SİNİR AĞI MODELİ

AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODEL FOR PERFORMANCE EVALUATION OF A WASTEWATER TREATMENT PLANTS

Dr. Öğr. Üyesi Yasemin GÜLTEPE

Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Nejdet GÜLTEPE

Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü

ÖZET

Atıksu, insan faktörü sonucu oluşan gerek evsel gerekse endüstriyel olarak meydana gelen bir su kirliliğidir. Atıksu arıtma sistemleri, istenen arıtma hedeflerine ulaşmak için doğal temizleme işlemini hızlandırır. Atıksu arıtma tesislerinde (AAT) işlem kontrolü, karmaşık, maliyetli ve sınırlıdır. Geçmiş tesis giriş ve çıkış parametreleri arasındaki ilişkinin modellenmesi performans tahmini, tesisin işlem kontrolünün daha etkin yönetilmesini ve düzenlenmesini sağlayabilir. Bu çalışma kapsamında Matlab yazılımında farklı mimarilere sahip yapay sinir ağları kullanılarak AAT'de çıkış olarak Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı konsantrasyon tahmini modellenmiştir. Model için veri seti, UCI Machine Learning Repository veritabanından sağlanmıştır. Atıksu arıtma veri setinde modellerin geliştirilmesi ve geçerliliği için yaklaşık 18 aylık bir dönemi (Mart 1990 - Ağustos 1991) kapsayan atıksu kalite verileri bulunmaktadır. Veri setindeki özniteliklerde eksik ve mevcut olmayan veri değerlerinin temizlenmesi için veri setini azaltma işlemi yapılmıştır. Eksik veri içeren tüm satırlar veri setinden çıkarılmış ve 380 adet örneği olan bir veri setinden elde edilmiştir. Tesisin arıtma verimliği, Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Askıda Katı Madde (AKM) gibi atıksuların önemli çıktı parametre değerleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Modelin performansı, Ortalama Karesel Hata (MSE) ve Korelasyon Katsayısı (R) dikkate alınarak belirlenmiştir. Ağın eğitiminde Levenberg-Marquardt (trainlm) geri yayılım algoritması seçilmiştir. Sonuçta oluşturulan yapay sinir ağı modelinin sonuçları ile hedefler arasında yüksek tutarlılık gözlenmiştir (R=0,996). Araştırmada elde edilen bulgular, atıksu arıtma tesislerinin işlem kontrolü için yapay sinir ağları kullanımının olumlu etkiye sahip olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Atıksu arıtma tesisi, yapay sinir ağları, performans değerlendirilmesi, modelleme.

ABSTRACT

Wastewater is a domestic and industrial water pollution caused by human factor. Wastewater treatment systems accelerate the natural cleaning process to achieve the desired treatment objectives. Process control in wastewater treatment plants (WWTP) is complex, costly and limited. By modeling the relationship between past plant input and output parameters, performance estimation can enable more efficient management and regulation of plant process control. In this study, estimation of output Biochemical Oxygen Demand concentration in WWTP was modeled using artificial neural networks with different architectures in Matlab software. The data set for the model was obtained from the UCI Machine Learning Repository database. The wastewater treatment data set contains wastewater quality data covering a period of approximately 18 months (March 1990 - August 1991) for the development and validity of models. In order to estimate the missing and absent data values in the attributes in the

data set, the data set was reduced. All rows with missing data were removed from the dataset and a dataset with 380 instances was obtained. The treatment efficiency of the plant was determined by considering the important output parameter values of wastewaters such as Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD) and Suspended Solids (SS). The performance of the model was determined by considering the Mean Square Error (MSE) and Correlation Coefficient (R^2). Levenberg-Marquardt back propagation algorithm (trainlm) was used in the training of the network. High consistency between the targets and the results of the artificial neural network model was observed (R=0,998). The findings of the study reveal that the use of artificial neural networks for process control of wastewater treatment plants has a positive effect.

Keywords: Wastewater treatment plant, artificial neural networks, performance evaluation, modeling.

1. GİRİŞ

Atıksu arıtma tesisinin (ATT) modellenmesi, tesis performansını ve çalışmasını tahminlemede önemlidir. Atıksu arıtma işlemleri oldukça karmaşıktır (Hamoda ve diğ., 1999). Bu nedenle geleneksel modelleme tekniklerini kullanarak ATT'nin en uygun performansını elde etmek zordur. Son zamanlarda ATT performans modellenmesinde yapay zeka teknolojileri kullanılmaya başlanmıştır. Yapay Sinir Ağı (YSA), insan beyninin çalışma yapısını taklit ederek geliştirilen yapay zeka tekniklerinden biridir. ATT işlemlerinin tahmini performans modelleri üzerinde gerçekleştirilen ilk uygulamalarından itibaren YSA, hedeflenen amaçlara ulaşılma konusunda güvenilir yöntem olmuştur. YSA, yüksek doğruluk değerleri ve mühendislik alanında işlem performansının daha iyi tahmin edilmesinde çok başarılı sonuçlar vermiştir (Gulyani ve Fathima 2017; Maier ve diğ., 2000; Nasr ve diğ., 2012).

Bir ATT'nde tesis performansını değerlendirmek için kullanılabilecek bazı önemli açıklayıcı değişkenler vardır. Bu değişkenler, Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Askıda Katı Madde (AKM) içerir. ATT'lerin modellenmesi için YSA'ların uygulanmasına ilişkin mevcut literatürün çoğunluğunda bu değişkenler kullanılmıştır. Böylelikle YSA tabanlı modeller, ATT performansını öngörmede etkin ve sağlam bir araç olarak kullanılmaktadır.

ATT'lerindeki karmaşık işlemleri tanımlamayı amaçlayan bir YSA modeli, Djeddou ve ark. tarafından geliştirilmiş olup KOİ tahmini için %96,5 doğruluk oranı bulunmuştur (Djeddou ve diğ., 2018). Hassen ve Asmare çalışmasında ATT'nin atık su kalitesini tahmin etmek için ileri beslemeli geri yayılımlı bir YSA modeli uygulanmıştır. Bu çalışmada ATT'nin atık su kalitesi parametrelerini gözlemlenen ve tahmin çıktı değerleri arasında 0,97'e varan bir korelasyon katsayısı (R^2=0,94) ile tahmin edileceği gösterilmiştir (Hassen ve Asmare, 2019). Bir başka çalışmada Vijayan ve Mohan tarafından oluşturulan YSA modelinde BOİ, KOİ, AKM için tesisin performans değerlendirilmesini sırasıyla %85, %78 ve %75 olarak elde etmişlerdir (Vijayan ve Mohan, 2016). Bu sonuçlar, YSA'nın ATT performansını tahmininde güçlü bir araç olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın amacı bir atıksu arıtma tesisinin işlem kontrolünün yapay sinir ağları ile giriş parametrelerinden çıkış parametrelerinin tahmini yapabilen bir YSA modelinin geliştirilmesidir.

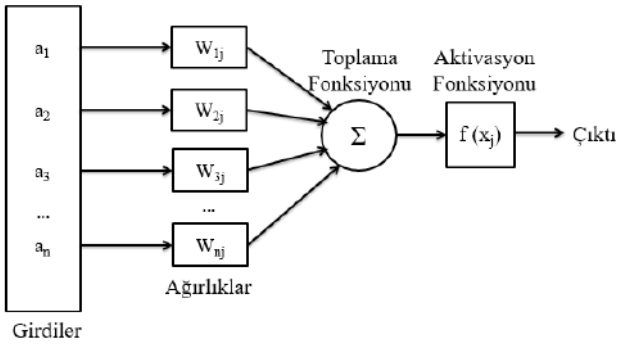
2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. YAPAY SİNİR AĞLARI

YSA, insan beyni gibi biyolojik sinir sistemlerinin bilgi işleme tekniğine benzetilerek gerçekleştirilen doğrusal olmayan ilişkileri işlemek için kullanılan bir bilgi işlem teknolojisidir. YSA'lar yapay sinir hücrelerinin çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanmasıyla oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. YSA, bir öğrenme sürecinden sonra bilgileri depolayabilen ve genelleştirebilen paralel dağıtılmış bir işlemcidir (Ersoy ve Karal, 2012).

Yapay sinir ağları, örüntü tanıma, tanımlama, sınıflandırma, konuşma, görme ve kontrol sistemleri dahil olmak üzere değişik uygulama alanlarında karmaşık işlevler olmak üzere pek çok amaç için kullanılır.

Sinir ağları, ağ çıkışı hedefi ile eşleşene kadar elemanlar arasındaki bağlantıların değerlerini ayarlayarak belirli bir işlevi yerine getirmek için eğitilir. Böylece ağ belirli bir giriş veri seti için doğru çıkış(lar) tahmin edilebilir. Bir YSA yapısı işlem bileşenleri olarak nöron adı verilen bilgi işleme elemanlarından oluşmaktadır. Her nöron, diğer birkaç nörondan girdi almaktadır. Her bir girdi kendi ağırlığı (w_i) ile çarpılarak toplama işlemi için toplama fonksiyonları kullanılmaktadır. Toplam fonksiyonundan elde edilen değerler aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek nöronun çıktısı oluşur. Şekil 1'de yapay sinir ağının yapısı gösterilmiştir (Nasr ve diğ., 2012).



Şekil 1. Yapay sinir ağının yapısı

2.2. VERİ SETİ

Bu çalışmada kullanılan veri seti UCI Machine Learning Repository veritabanından temin edilen halka açık bir veri setidir. Atıksu arıtma veri setinde modellerin geliştirilmesi ve geçerliliği için yaklaşık 18 aylık bir dönemi (Mart 1990 - Ağustos 1991) kapsayan atıksu kalite verileri bulunmaktadır. Veri setindeki özniteliklerde eksik ve mevcut olmayan veri değerlerini temizlemek için veri setini azaltma işlemi yapılmıştır. Eksik veri içeren tüm satırlar veri setinden çıkarılarak ve toplam 380 adet örnek veri içeren yeni bir veri seti elde edilmiştir. Veri setinde bulunan özelliklerin listesi şu şekildedir: pH, iletkenlik, BOİ, KOİ, AKM, çökeltiler, uçucu askıda katı maddeler, BOİ/KOİ/AKM girişine dayalı yerleşimcilerin yerel performansı ve BOİ/KOİ/AKM girişine dayalı tesisin küresel performansıdır.

2.3. YAPAY SİNİR AĞININ ÖZELLİKLERİ

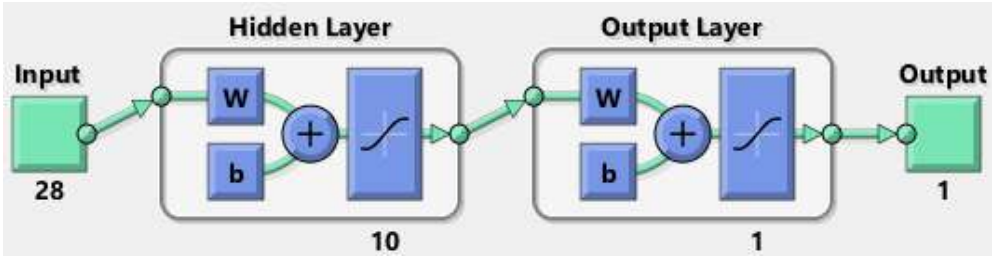
Bu çalışmada modellenen YSA, MATLAB 9.5 programının Neural Network Toolbox uygulaması kullanılarak oluşturulmuştur. YSA'nda, ağ giriş ve çıkışlarına belirli ön işlem adımları uygulayarak yapay sinir ağına sunulan verilerin eğitimi daha verimli hale getirilebilir. Normalizasyon da bu ön işlemlerden en önemlisidir. Bu çalışmada Minimum-Maksimum (min-max) normalizasyon yöntemi kullanılmıştır. Min-max normalizasyon yöntemi, verileri doğrusal olarak normalize eder. Verileri 0 ile 1 arasında ölçeklendirmektedir. Böylelikle sapan verilerin, veri seti üzerindeki etkisinin minimuma indirilmesi amaçlanmaktadır (Yılmaz, 2015).

Bu çalışmada; giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere üç katman kullanılmıştır. Giriş katmanında BOİ tabanında 28 giriş vardır. Gizli katman sayıları (1-10 arasında) seçilmiş, iterasyon sayısı 500 ve 1000 seçilerek eğitim gerçekleştirilmiştir. Nöron geçiş fonksiyonu olarak sigmoid transfer fonksiyonu seçilmiştir. Daha sonra test için ayrılan veriler ile kurulan tüm modeller test edilmiştir. Test işlemi sonucunda bulunan tahmin değerleri, gerçek değerlerle karşılaştırılarak değişik yapay sinir ağı modellerinin tahmin doğrulukları değerlendirilmiştir. Bu çalışma için oluşturulan YSA girdi parametreleri Tablo1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. YSA girdi parametreleri

Ağ tipi	İleri Beslemeli Geri Yayılımlı
Eğitim Fonksiyonu	Trainlm
Öğrenme Fonksiyonu	Learngdm
Performans Fonksiyonu	MSE
Katman Sayısı	3
Ağ Giriş Sayısı	28
Aktivasyon Fonksiyonu	Sigmoid

Toplam 380 adet örnek veri içeren veri setinin rastgele seçilen %70'i eğitim amacıyla, %15'i test ve %15'i ise doğrulama amacıyla ayrılmıştır. Uygun ağ seçimi yapılırken gizli katman sayısı, her bir gizli katmandaki nöron sayısı, iterasyon sayısı ve verilerin eğitim, doğrulama ve test oranları deneme ve yanılma yöntemi uygulanarak karar verilmiştir. Şekil 2'de modelin ileri beslemeli yapısı gösterilmektedir.

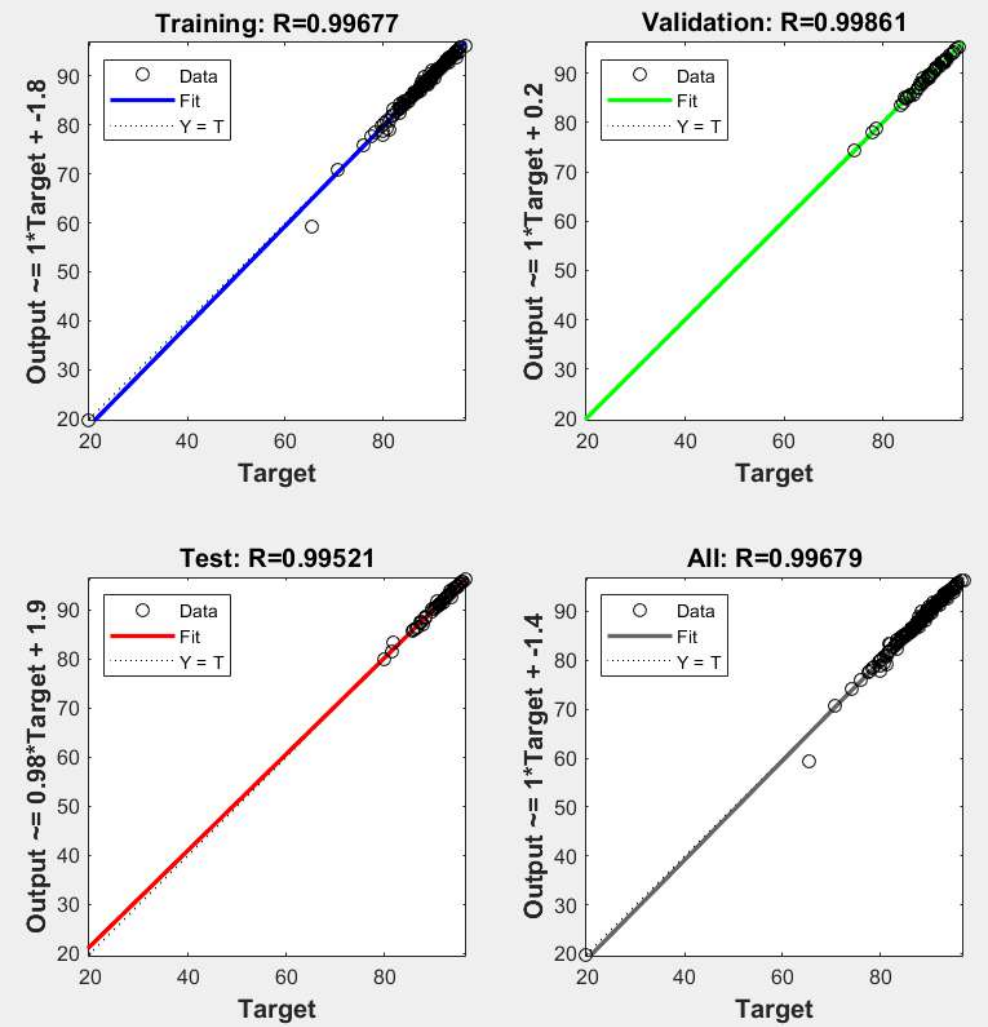


Şekil 2. Önerilen YSA modeli

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Model belirlendikten ve ayrıntıları verildikten sonra performansı ölçülerek sonuçlar analiz edilmiştir. Önerilen YSA tahmin performanslarını ölçmek için literatürde yaygın olarak kullanılan MSE ve R^2 değerleri kullanılmıştır.

Veriler eğildikten sonra yapılan denemeler sonucunda en iyi model; eğitim R oranı: 0,996 (R^2=0,992), test R oranı: 0.995 (R^2=0,99) ve hata oranı ise 0,0025 olup çok katmanlı bir yapı oluşturulmuştur. Belirlenen modelin eğitim-test R değerleri ve hata grafiği Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Öğrenme, doğrulama ve test kümelerine ilişkin regresyon grafiği

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, AAT'de çıkış olarak Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı konsantrasyonu temelinde ATT performansının tahmini için YSA kullanılarak bir model önerilmiştir. Verilerin işlenmesinde Minimum-Maksimum (Min-Max) normalizasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla kullanılan YSA, ileri beslemeli geri yayılımlı çok katmanlı bir YSA'dır. Yapılan tahmini yapay sinir ağı modelinin sonuçları ile hedefler arasında yüksek tutarlılık gözlenmiştir (R=0,996). Çalışmada oluşturulan YSA modelinin yüksek doğrulukta tahmin gerçekleştirebildiğini böylece modelin oldukça iyi bir performans sergilediği söylenebilir.

KAYNAKÇA

Djeddou, M., Aouatef, H., Loukam, I., 2018. Wastewater treatment plant performances modelling using artificial neural networks, Ecotechnologies for Wastewater Treatment Conference.

Ersoy, E., Karal, E., 2012. Yapay sinir ağları ve insan beyni, İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 1(2), pp. 188-205.

Gulyani, B.B. ve Fathima, A., 2017. Introducing ensemble methods to predict the performance of waste water treatment plants (WWTP), International Journal of Environmental Science and Development, 8(7), pp. 501-506.

Hamoda, M.F., Al-Gusain, I.A., Hassan, A.H., 1999. Integrated wastewater treatment plant performance evaluting using artificial neural network, Water Science and Technology, 40, pp. 55-69.

Hassen, E.B., Asmare, A.M., 2019. Predictive performance modeling of Habesha brewery wastewater treatment plant using artificial neural networks, International Scientific Organization, 5(1), pp. 87-96.

Maier, H.R., Dandy, G.C., 2000. Neural networks for prediction and forecasting of water resources variables: A review of modeling issues and applications, Water Resources Research, 15, pp. 101-124.

Nasr, M.S., Moustafa, M.A.E., Seif, H.A.E., Kobrosy, G.E., 2012. Application of artificiial neural network (ANN) for the prediction of EL-AGAMMY wastewater treatment plant performance-EGYPT, Alexandria Engineering Journal, 51(1), pp. 37-43.

UCI machine learning repository, Water treatment plant data set, 1990-1991 (https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Water+Treatment+Plant, Erişim Tarihi: 02.12.2019).

Vijayan, A., Mohan, G.S., 2016. Prediction of effluent treatment plant performance in a diary industry using artificial network technique, Journal of Civil & Environmental Engineering, 6(6).

Yılmaz, B., 2015. Akarçay havzasında çözünmüş oksijen değerlerinin yapay sinir ağları ile belirlenmesi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Uzmanlık Tezi, 82 sayfa.

TERMAL ANALİZ YÖNTEMİYLE POLİPROPİLEN LİF KATKILI ÇİMENTO HAMURUNUN YÜKSEK SICAKLIKLARDA BOZUNMA DAVRANIŞININ BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF DECOMPOSITION BEHAVİOR OF POLYPROPYLENE FİBER ADDITIVE CEMENT PASTE AT HIGH TEMPERATURES BY THERMAL ANALYSIS

Duygu ADIGÜZEL

(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Dr. Öğr. Üyesi Jale NAKTİYOK

Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. A. Ferhat BİNGÖL

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Beton yapılar yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında agrega ve çimento hamurunda kimyasal/fiziksel dönüşümler meydana gelir. Bu da yapıda geri dönüşümü mümkün olmayan hasarlara yani mineralojik kompozisyonda değişikliklere neden olur. Bazı yangınlarda, betonun merkezi sıcaklığı 1000°C'ye kadar çıkabilir. Bu gibi durumlarda yüksek sıcaklıklara maruz kalan betonda basınç dayanımı, elastikiyet modülü gibi birçok özelliğinde önemli değişiklikler meydana gelebilir. Beton yapının ayrışması çok ciddi, büyük ölçekli ve maliyetli bir sorundur. Bu yüzden yangınlar beton yapılar için büyük bir risk faktörüdür.

Yüksek sıcaklıklarda betonda meydana gelebilecek hasarların ve bozunmaların büyük bir bölümü betonun en temel öğesi olan çimento hamurunda gerçekleşmektedir. Çimento hamurunun yüksek sıcaklıkta dehidrasyonu, kılcal suyun buharlaşması ile birlikte, yangınlarda betonun patlamasına neden olabilecek yüksek bir gözenek basıncı oluşturur. Uygun malzemelerin seçimi gibi önleyici tedbirler, yüksek sıcaklıkların beton üzerindeki zararlı etkilerini azaltabilir.

Günümüzde, yüksek sıcaklıklarda malzemenin karakterizasyonunun tanımlanması için termal analiz yöntemleri oldukça yaygın kullanılmaktadır. Bu yöntem hem çimento hamurun ısıl kararlılığı hem de betonda kullanılan tüm malzemeler hakkında bilgi vermektedir.

Bu çalışmada, geleneksel CEM I (Portland) çimentosuna polipropilen lif ilavesiyle hazırlanmış olan çimento hamurlarının yüksek sıcaklıkta (oda sıcaklığından 1000°C'ye kadar) termal davranışı incelenmiştir. Bu deneyler, eş zamanlı TG-DTG/DSC termogravimetrik analiz cihazında yapılmıştır. TG-DTG / DSC analizi kullanılarak sıradan lifli çimento hamurunun ısıl ayrışması karakterize edilmiştir. Deneyler, farklı ısıtma oranlarında 25 ° C ila 1000 ° C hava atmosferinde yapılmıştır. TG analizinden elde edilen veriler ile çimento hamurlarının kütle kayıpları ve karakteristik sıcaklıkları (reaksiyon başlama sıcaklığı, maksimum pik sıcaklığı, reaksiyonun bitiş sıcaklığı) gibi özellikleri

karşılaştırılmış ve birbirlerine benzer oldukları görülmüştür. Bu çalışma sonucunda polipropilen lifli çimento hamurun yüksek sıcaklıklarda nasıl davrandığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çimento hamuru, polipropilen lif, yüksek sıcaklık, TG-DTG/DSC

ABSTRACT

When concrete structures are exposed to high temperatures, chemical / physical transformations occur in aggregate and cement paste. This leads to irreversible damage to the structure, i.e. changes in the mineralogical composition. In some fires, the central temperature of the concrete can reach up to 1000°C. In such cases, significant changes may occur in many properties such as compressive strength and modulus of elasticity in concrete exposed to high temperatures. Decomposition of the concrete structure is a very serious, large-scale and costly problem. Therefore fires are a major risk factor for concrete structures.

Most of the damage and degradation that can occur in concrete at high temperatures occurs in cement paste which is the most basic element of concrete. High temperature dehydration of the cement paste, the capillary together with the evaporation of water creates a high pore pressures that may cause explosion of the concrete at a fire. Preventive measures, such as the selection of suitable materials, can reduce the detrimental effects of high temperatures on concrete.

Today, thermal analysis methods are widely used to characterize the material at high temperatures. This method provides information about both the thermal stability of cement paste and all materials used in concrete.

In this study, the thermal behavior of the traditional CEM I cement pastes that was prepared by the addition of polypropylene were investigated from room temperature to 1000°C. These experiments were carried out simultaneously by the TG-DTG/DSC thermogravimetric analyzer. The thermal decomposition of the fiber cement paste was characterized using TG-DTG / DSC analysis. The experiments were carried out at 25°C to 1000°C air atmosphere at different heating rates. Furthermore, the data obtained from TG analysis such as the mass loss and characteristic temperatures of cement pastes (reaction temperature, maximum peak temperature, reaction temperature) were compared and they were found to be similar. As a result of this study, it was determined how polypropylene fiber cement paste behaves at high temperatures.

Keywords: cement paste, polypropylene fiber, high temperature, TG-DTG/DSC

1. GİRİŞ

Günümüz yapı dünyasında oldukça geniş bir kullanım alanına sahip olan beton: çimento, agrega, mineral ve kimyasal katkı maddelerinin karışımından oluşan kompleks bir yapıya sahiptir. Bir yapının ana iskeletini oluşturan, betonarme uygulamalarında kullanılan betonun standartlara uygun olarak yüksek kalite ve dayanım sınıflarında üretilmiş olması, betonarme yapılar için hayati önem taşımaktadır.

Son yıllarda dünyadaki değişik betonarme yapılarda hızlı hasarların oluşumu önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu yüzden özellikle aktif ortamlarda bulunan betonarme yapılarda betonun durabilitesinin önemli bir yeri vardır. Betonda hasarlara sebep olan pek çok neden vardır, bu nedenlerden birisi de

yangın esnasında meydana gelen hasarlardır. Yangın sırasında veya fırınlara ve reaktörlere yakın olduğunda beton yüksek sıcaklıklara maruz kalabilir. Betonun yüksek sıcaklıklara maruz kalması büyük boyutta mikro yapısal değişikliklere neden olur ve beton mukavemetini ve dayanıklılığını kaybeder (Bingöl, 2008). Beton yaklaşık olarak 600°C sıcaklıkta gücünün yarısını kaybeder ve 800°C'nin üzerindeki basınç mukavemetinin çoğunu kaybeder (Tantawy, 2017).

Son yıllarda yangına dayanaklı beton yapılar elde etmek adına fiber takviyeli betonların kullanımı giderek artmaktadır. Yangın esnasında kullanılan liflerden biri polipropilen liflerdir. Polipropilen fiber beton kavramı, beton yapımına yeni bir boyut kazandırmıştır. Polipropilen lifli betonlar yüksek sıcaklıklarda geleneksel betonlara göre daha az hasara uğrarlar, bunun nedeni liflerin beton içinde erimesi nedeniyle betonun gözenekli bir yapıya dönüşmesidir. Böylece betonda yangın esnasında meydana gelen patlama önlenmiş olur. Ayrıca, polipropilen lifin yüksek erime noktası (165°C) ve kimyasal nötrlüğü, yüksek sıcaklıklarda kullanım alanını her geçen gün artırmaktadır (Bingöl and Atashafrazeh, 2015).

Yapılan çalışmalarda çimento hamurlarının yüksek sıcaklıkta bozunma prosesi için termogravimetrik analiz (TGA) çalışmaları hız almış; meydana gelen reaksiyonların belirlenmesinde ve daha iyi anlaşılmasında çok önemli bir teknik olmaya başlamıştır. Literatürde Portland çimentosundan hazırlanmış hamurların, yüksek sıcaklık bozunma proseslerinin açıklanmasında termogravimetrik analizden faydalanılmış ama bu proseste farklı liflerle hazırlanmış çimento hamurlarının yüksek sıcaklıktaki davranışları incelenmemiş ve olayın kinetiği hakkında çalışma yapılmamıştır.

Bu çalışmada polipropilen lifli çimento hamurlarının yüksek sıcaklıktaki davranışları, meydana gelen kütle kayıpları ve buna karşılık gelen sıcaklıklar termogravimetrik analiz (TGA) yöntemiyle belirlenecektir. Örneklerin yüksek sıcaklık davranışlarının hızlı, güvenilir ve tekrar edilebilir bir metot olan TGA yöntemiyle belirlenmesi bu konuda yapılacak olan çalışmalara ivme kazandıracaktır. Bozunma prosesinin ya da çimento hamurunun dehidrasyon proseslerinin kinetik analizi, yine termal analiz cihazından elde edilen verilerden faydalanarak gerçekleştirilecektir. Yani katkı malzemelerinin çimento üretiminde ekonomik, teknik ve çevresel yöndeki faydalarının yanında yüksek sıcaklıkta (yani yangın durumunda) çimento hamuruna sağlayacağı özellikler bu çalışmada ele alınacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemesi ve Tatbiki Mekanik Laboratuvarı ve Kimya Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Deneysel çalışmada, Şekil 2.1'de görüleceği gibi polipropilen lif kullanılmıştır. Üretilen karışımlarda 12 mm uzunluğundaki polipropilen lif 125 cm^3'te %1 olacak şekilde ayarlanmıştır. Çizelge 2.1'de polipropilen lifin teknik özellikleri verilmiştir.

Şekil 2.1. Polipropilen lif [http://betonfiber.com]

Çizelge 2.1. Polipropilen lifin teknik özellikleri

Lif tipi	**Polipropilen Lif**
Boy (mm)	12
Özgül ağırlık (g/cm^3)	0,91
Erime noktası (°C)	160
Şekil	Yünsü
Elastikiyet modülü (kN/mm^2)	3,5

Geleneksel portland çimentosuna (OPC) Su/Çimento=0,5 olacak şekilde içme suyu ilave edilerek hidrasyon işlemi başlatılmıştır. Elde edilen çimento hamuru 5 cm3 paslanmaz çelik küp kalıplarda dökülmüş ve hidrasyon işleminin tamamlanması için oda sıcaklığında 24 saat boyunca bekletilmiştir. Bu süre sonunda, numuneler 20 ± 2 ° C'de sabit tutulabilen çevrim pompalı tamamen dijital bir su kür havuzuna yerleştirilmiş, çimento hamurunun yangın deneyine tabii tutulmadan önce hidrasyonunu artırmak için kür havuzunda 28 gün boyunca bekletilmiştir. 28 gün sonunda, sulu çimento macunları havuzdan çıkarılmış, numuneler 24 saat oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır.

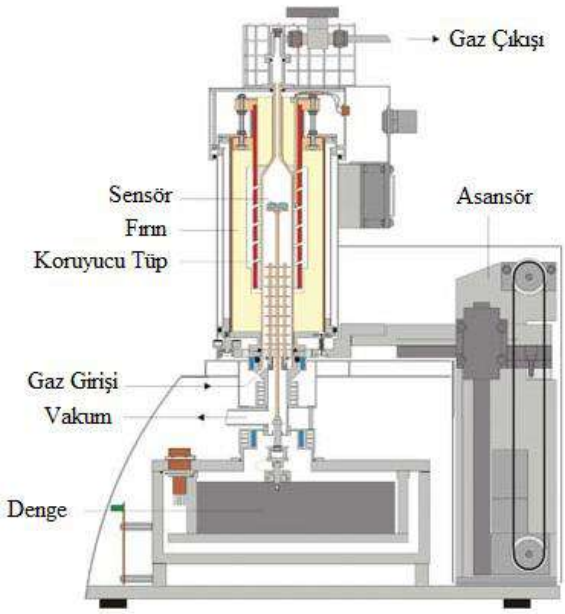
Oda sıcaklığında bekleyen numunelere daha sonra yüksek sıcaklık fırınına yerleştirilmiş. Çizelge 2.2'de belirtilen sıcaklıklara sırasıyla tabi tutulmuştur;

Çizelge 2.2. Çimento hamurlarının yüksek sıcaklıklara tabi tutulması

	Oda Sıcaklığı	**200°C**	**400°C**	**600°C**	**800°C**
1. Numune	Isıl işlem yok				
2. Numune		3 saat			
3. Numune			3 saat		
4. Numune				3 saat	
5. Numune					3 saat

Bu işlemler sonunda numuneler oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örnekler hidrolik pres makinasında basınç dayanımları belirlenmiştir. Daha sonra numuneler eleklerden geçirilerek ince bir yapı haline getirilmiştir. Son olarak bu yapılara TGA-DTG/DSC analizleri ile yüksek sıcaklık davranışı yani dehidrasyon profilleri belirlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan termal analiz cihazı NETZSCH STA 409 PC Luxx marka cihazdır. Cihazın denge ve sıcaklık kontrol sistemi 0.001 mg ağırlık kaybını ve 0,1 K sıcaklık değişimini tam olarak ölçebilmektedir. Öğütülmüş çimento hamurları, (yaklaşık 20 mg) pan içerisine yerleştirilerek ve hava atmosferinde oda sıcaklığından 1000°C'ye kadar 10°C/dak ısıtma hızında termogravimetrik analiz deneyleri yapılmıştır. Deneyler eş zamanlı TG-DTG/DSC aparatıyla gerçekleştirilmiştir. TG-DTG/DSC profillerinden çimento hamurunun yüksek sıcaklıkta dehidrasyon ve bozunma prosesleri için kütle kayıpları ve karakteristik sıcaklıklar (reaksiyon başlama sıcaklığı, maksimum pik sıcaklığı, reaksiyonun bitiş sıcaklığı) elde edilmiştir.



Şekil 2.3. NETZSCH STA 409 PC Luxx eş zamanlı termal analizör

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. Basınç Dayanımı

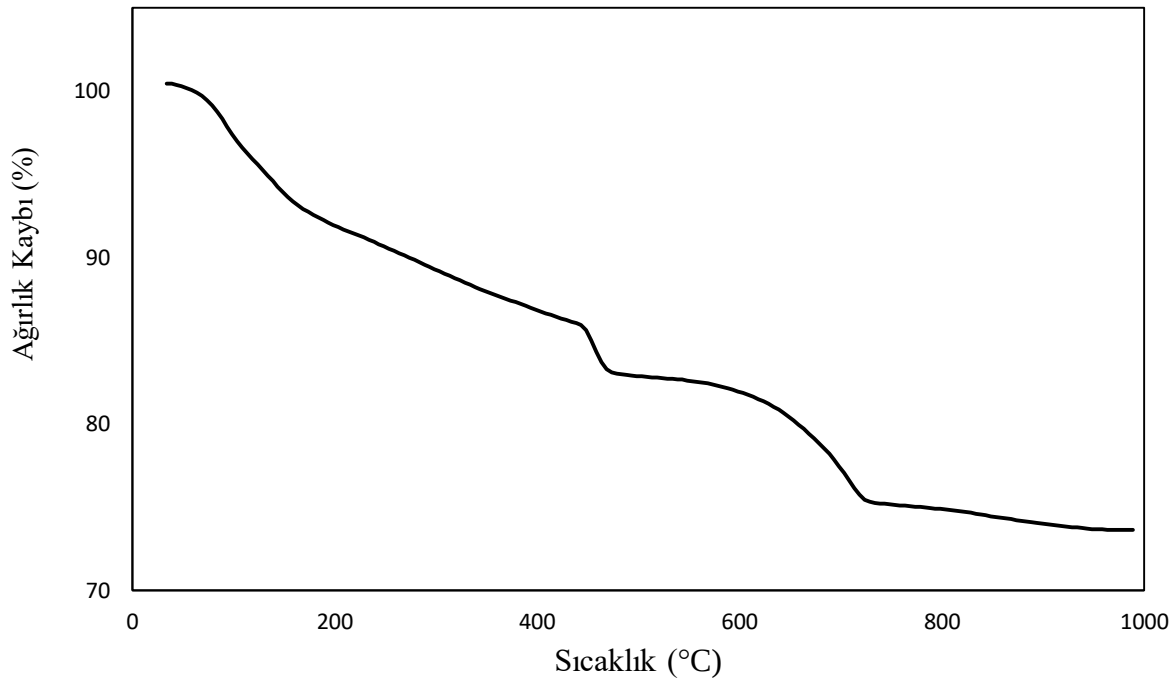
Standartlara uygun olarak yapılan deneylerde basınç dayanımı belirlenmiştir. Polipropilen lif katkılı çimento hamurları için basınç dayanımı sonuçları Çizelge 3.1'de belirtildiği gibidir.

Çizelge 3.1. Polipropilen katkılı çimento hamurlarının basınç dayanımları

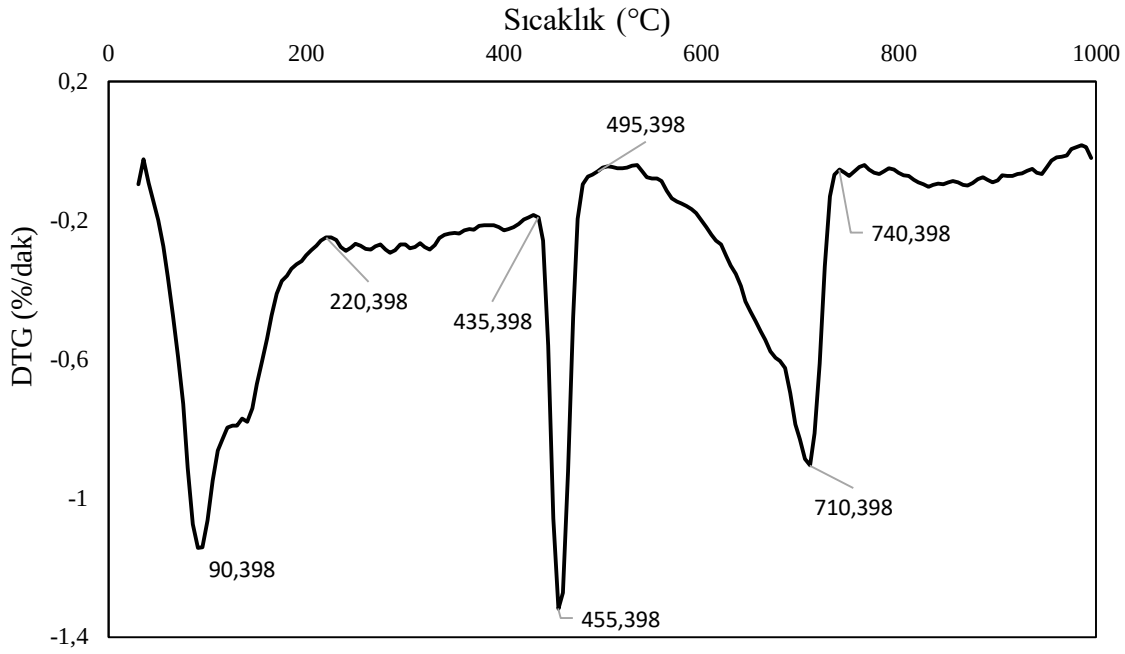
SICAKLIK (°C)	BASINÇ DAYANIMI (MPa)
25°C	41,5
200°C	33,5
400°C	28,2
600°C	-
800°C	-

3.2. TG-DTG/DSC Analizleri

Hazırlanan çimento hamurları hava atmosferinde oda sıcaklığından 1000°C'ye kadar 10°C/dak ısıtma hızında termogravimetrik eğriler elde edilmiştir. TG-DTG/DSC eğrilerinden yani çimento hamurunun dehidrasyon profilinden bozunma olayı için % kütle kayıplar ve karakteristik sıcaklıklar (reaksiyon başlama sıcaklığı, maksimum pik sıcaklığı, reaksiyonun bitiş sıcaklığı) elde edilebilmektedir.



Şekil 3.1. Polipropilen lif katkılı çimento hamurunun 10°C/dak'lik ısıtma hızında elde edilen ağırlık kaybı (TG) eğrisi



Şekil 3.2. Polipropilen lif katkılı çimento hamurunun 10°C/dak'lik ısıtma hızında elde edilen DTG eğrisi

TG ve DTG eğrileri yorumlandığında, karakteristik sıcaklıklarının, ısıtma hızındaki artışla arttığını görülmektedir. Yani ısıtma hızı arttıkça bozunma süreci sağa kaymaktadır (Li, 2005). TG-DTG verilerini daha anlaşılır kılmak adına oda sıcaklığından 1000°C'ye kadar olan
bozunma sürecini üç bölgeye ayırarak incelenmiştir.

1. Bölge: 25-250°C arasındaki bölgede ağırlık kaybı yaklaşık olarak %10-13 civarındadır. Bu esas olarak tabakalar arasında ya da kapiler porlarda adsorplanmış olarak bulunan ve/veya C-S-H yapısındaki suyun dehidrasyonunu göstermektedir. DTG grafiğinde oldukça keskin bir pikten görüleceği gibi en fazla kütle kaybı bu bölgede görülmektedir. Bu bölge, DSC eğrisinde endotermik bir pik olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca bu bölgede C-S-H yapısı da bozunmaya başlamaktadır. Meydana gelen reaksiyon şu şekilde gösterilmektedir (Zhang, 2012).

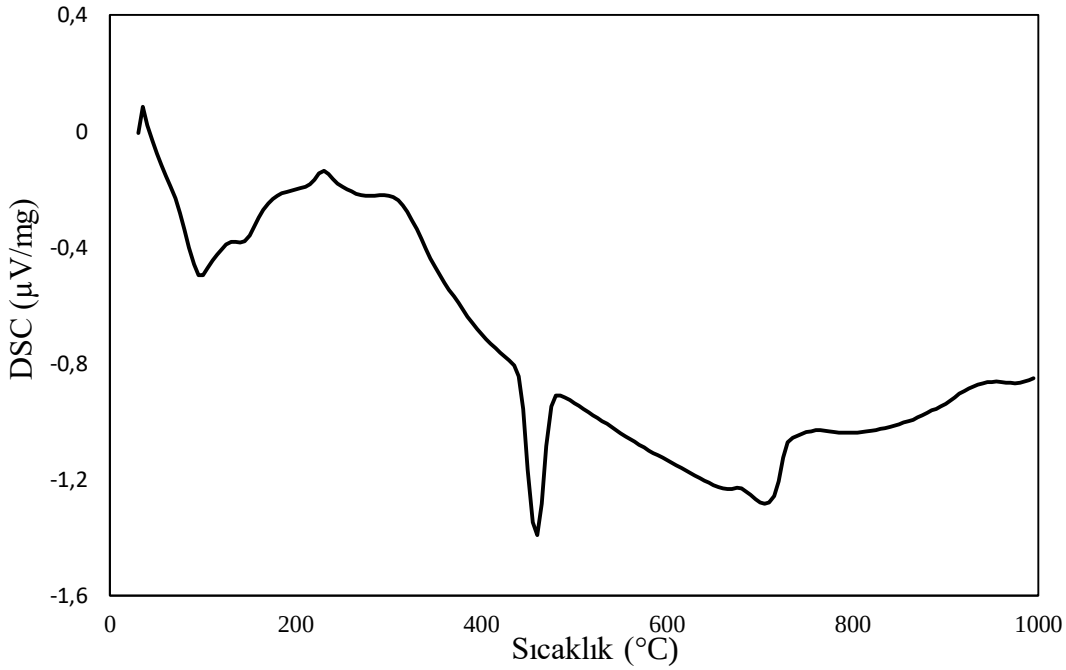
$$\underbrace{(CaO)_aSiO_2(H_2O)_b}_{\text{C-S-H}} \leftrightarrow (CaO)_aSiO_2(H_2O)b\text{-}c + cH_2O(g)$$

2. Bölge: 400-500°C'ye karşılık gelen bu bölgede ağırlık kaybı yaklaşık olarak %3'tür. Bu kayıp portlanditin [CH:$Ca(OH)_2$] bozunmasından kaynaklanır. Aşağıda portlanditin bozunma reaksiyonu görülmektedir.

$$Ca(OH)_2 \rightarrow CaO + H_2O$$

3. Bölge: Son olarak, 500-750°C arasında yaklaşık olarak %8'lik bir ağırlık kaybı göze çarpmaktadır. Burada $CaCO_3$'ın dekarbonizasyonu görülmektedir. Kalsitin bozunma reaksiyonu ise şu şekildedir:

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$



Şekil 3.3. Polipropilen lif katkılı çimento hamurunun 10°C/dak'lik ısıtma hızında elde edilen DSC eğrisi

DSC eğrisi incelendiği zaman polipropilen katkılı çimento hamurunun 1000°C'ye kadar ısıtılmasında üç bölge olarak düşünüldüğünde her bir bölge için endotermik pikler verdiği görülmekte ve dolayısıyla bu prosesin endotermik bir proses olduğu anlaşılmaktadır (Musa, 2014).
Yapılan incelemeler sonucu polipropilen lifin bu prosesleri yavaşlatıcı ya da hızlandırıcı hiçbir etkisinin olmadığı görülmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan incelemeler sonucu polipropilen lifler betonu yangına karşı daha dayanıklı hale getirdiği görülmüştür. Gerekli literatür incelendiğinde lifler betonun fiziksel özelliklerini (genel olarak betonun çekme, eğilme, aşınma ve darbe dayanımlarını, süneklik, tokluk, şekil değiştirme ve yük taşıma kapasitesini artırmak gibi) kontrol etmek için kullanıldığı sonucuna varılmıştır (Bingöl, 2015).

Polipropilen lifler beton içinde erir, buharlaşır ve yapı içinde kanallar oluşturduğu görülmüş, böylece bu kanallar sayesinde beton içindeki buhar basıncı yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında düşer. Oluşan yeni iç kanallar birleşerek biriken su buharının bu kanallardan uzaklaştığı ve böylece betonun parçalanma ihtimalinin daha az olduğu düşünülmektedir (Komonen and Penttala, 2003; Türk ve Kına, 2017).

Hazırlanan çimento hamurlarına uygulanan mukavemet deneylerinin sonucunda mekanik kuvvet kaybı görülmüş bunun nedeni olarak yapıda olmasını istediğimiz C-S-H ve etrenjitlerin bozunmasına bağlanmıştır. Hatta sıcaklık arttıkça bozunmalar artmış ve 600°C ve 800°C mekanik mukavemet ölçümü yapılamamıştır.

Sonuç olarak, yapılan çalışmada beton yapılar üzerinde yüksek sıcaklığın olumsuz etkisi görülmüştür. Daha önce bu alanda yapılan çalışmalarda sıcaklığın beton üzerine etkisi incelenmiş fakat termal davranışına dair bir literatür bilgisi bulunmamaktadır. Bu çalışmamız ile literatürde TG-DTG/DSC analizlerine yeni bilgiler ekledik. Bir sonraki çalışmalarda da amacımız; farklı katkı maddelerinin termal davranışını incelemeye çalışmak olacaktır.

KAYNAKÇA

1. http://betonfiber.com
2. Tantawy, M. A., 2017. Effect of High Temperatures on the Microstructure of Cement Paste Chemistry Department, Faculty of Science, Minia University, Minya, Egypt.
3. Bingöl, A. F., Atashafrazeh, M., 2015. Compressıve Strength of Polypropylene Fıber Concrete Under The Effects of Hıgh Temperatures. International Journal of Modern Manufacturing Technologies, 7(1), 1-5.
4. Bingöl, A. F., Gül, R., 2008. Effect of elevated temperatures and cooling regimes on normal strength concrete. Wiley InterScience, 33, 79–88.
5. Musa, N. M., 2014. Thermal Analysis of Cement Paste Partially Replaced With Neem Seed HuskAsh. International Journal of Scientific & Engineering Research, 5(1).
6. Li, S., Whitely, N., Xu W., and Pan, W. P., 2005. Characterization of coal by thermal analysis methods, http: ruc.udc.es, 111-120.
7. Zhang, Q., Ye, G., 2012. Dehydration Kinetics of Portland Cement Paste At High Temperature, J Therm Anal Calorim, 110, 153–158.
8. Komonen, J., Penttala, V., 2003. Effect of High Temperature on the pore Structure and Strength of Plain and polypropylene fiber reinforced cement pastes. Fire Technology, 39, 23–34.
9. Türk, K., Kına, C., 2017. Çimento esaslı kompozitlerde karma lif kullanımı, Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 23(6), 671-678.

KÖMÜR KARIŞIMLARIN YANMA DAVRANIŞI
COMBUSTION BEHAVIOR OF COAL BLENDS

Dr. Öğr. Üyesi Jale NAKTİYOK
Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Günümüzde hızlı nüfus artışı, teknolojik ve ekonomik gelişme elektrik enerjisine olan talebi artırmaktadır. Dünyada yaklaşık olarak 800 milyar ton rezerve sahip olan kömür enerji üretiminde önemli bir role sahiptir. Kömür üretimi, elektrik enerjisine olan talebin artmasından dolayı son otuz yılda iki kat artmıştır. Pek çok yeni enerji kaynağının ticari anlamda kullanıma geçmiş olmasına ve kömür kullanımının çevreye olan zararlı etkileri bilinmesine rağmen insanların kömür kullanımından pek de kolay vazgeçemeyeceği bir gerçektir. Kömür gelişmiş pek çok ülkede elektrik enerjisi üretiminde en yaygın kullanılan kaynaktır. Gelecek yıllarda da bu lider konumunu sürdürmesi beklenmektedir.

Ülkemizde düşük kalorili ve yüksek kül içerikli kömürlerin, termik santrallerde ve ev tipi ısınmada kullanımı oldukça yaygındır. Düşük kalorili kömürlerin yüksek oranda kül içeriğine sahip olması önemli bir çevre sorunudur. Ayrıca literatürde yüksek kül içeriğinin, yanma kabiliyetini düşürdüğü de belirtilmektedir. Bu sorunların azaltılması için çeşitli yöntemler ve tedbirler alınmaktadır. Kömür karışımlarının hazırlanması bu sorunu azaltabilecek yöntemlerden birisidir. Kömür karışımlarının yanma teknolojisinde kullanımının özellikle düşük kalorili kömürlerin yanma davranışının iyileştirilmesi, CO_2 emisyonunun düzenlenmesi, kül birikiminin kontrol edilmesi ve bununla ilgili maliyetlerin azaltılması konusunda faydaları bulunmaktadır.

Bu çalışmada, yüksek kül içerikli/düşük kalorili kömür (A) ile düşük kül içerikli/yüksek kalorili (B) kömür örneklerinin farklı oranlardaki karışımlarının yanma davranışları incelenmiştir. Bu amaçla eş zamanlı TG-DTG/DSC termogravimetrik analiz cihazı kullanılmıştır. TG-DTG/ DSC analizinde, %25A-%75B, %50A-%50B ve %75A-%25B gibi farklı oranlarda kömür örnekleri hazırlanarak yanma özellikleri karakterize edilmiştir. Deneyler, 10°C/dak ısıtma hızında 25°C ile 1000°C arasında hava atmosferinde yapılmıştır. Bu analizinden elde edilen veriler ile kömürlerin orijinal halleri ile farklı oranlardaki karışımların kütle kayıpları ve karakteristik sıcaklıkları (reaksiyon başlama sıcaklığı, maksimum pik sıcaklığı, reaksiyonun bitiş sıcaklığı) karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kömür karışımı, Yanma profili, Termal analiz (TG-DTG/DSC)

ABSTRACT

Today, rapid population growth, technological and economic development increase the demand for electrical energy. Coal, which has approximately 800 billion tons of reserves in the world, has an important role in energy production. Coal production has doubled in the last thirty years due to the increasing demand for electricity. Although many new energy sources have become commercially available and the harmful effects of coal use on the environment are known, it is a fact that people cannot give up coal easily. Coal is still the most widely used source of electricity in many developed countries. It is expected to maintain this leading position in the coming years.

In our country, the use of low calorific and high ash coals in thermal power plants and domestic heating is quite common. The high ash content of low calorific coals is an important environmental problem. It is also stated in the literature that the high ash content reduces the capability of combustion. Various methods and measures are being taken to reduce these problems. The preparation of coal blends is one of the methods that can reduce this problem. The use of coal blends in combustion technology has particular benefits in improving the combustion behaviour of low-calorific coals, regulating CO_2 emission, controlling of ash accumulation and reducing associated costs.

In this study, combustion behaviours of blends of high ash content/low calorific coal (A) and low ash content/ high calorific coal (B) samples were investigated. For this purpose, simultaneous TG-DTG/DSC thermogravimetric analyzer was used. At TG-DTG/DSC analysis, coal samples were prepared in different proportions such as 25% A-75% B, 50% A-50% B and 75% A-25% B and their combustion properties were characterized. The experiments were carried out at 25°C to 1000°C atmosphere at a heating rate of 10°C/min. The data obtained from the analysis were compared with the original state of the coals and the mass losses and characteristic temperatures (reaction onset temperature, maximum peak temperature, reaction burn-out temperature) of the blends in different ratios.

Keywords: Coal blend, Combustion Profile, Thermal Analysis (TG-DTG/DSC)

1. GİRİŞ

Artan dünya nüfusu ve yaşam standartlarının yükselmesi enerjiye olan talebi de artırmaktadır. Kömürün dünya genelinde yaygın ve büyük miktarlarda bulunması, artan enerji talebini karşılamak için emniyetli ve ekonomik fosil yakıt olması kömürün önemini artırmakta ve uluslararası piyasada büyük miktarlarda ticarete konu olan kaynak konumunu korumaktadır [1, 2].

Kömür birçok ülkede çelik, çimento ve beton endüstrileri için gerekli olan enerji arzını karşılayan önemli bir kaynaktır ve önümüzdeki yıllarda bunu sürdüreceği de ortadadır. Uluslararası Enerji Ajansı tarafından, günümüzde mevcut enerji politikalarının gelecekte de çok fazla değişmeden sürdürüleceği varsayımına göre yapılan tahminlerde; dünya birincil enerji talebinin 2040 yılında petrolün payı %27,5 ve kömürün payı ise %27,1 olacağı belirtilmektedir. Kömürü %24 ile doğalgaz izleyecektir.

Yeni keşfedilen havzaları içeren kömür rezervleri, Türkiye'de 2014 yılı sonunda 15,4 milyar tona ulaşmıştır. 14,1 milyar tonluk kömür rezervinin % 92'si linyit kömürüdür. Yerli kömürün enerji tüketimini karşılama oranı 2005 yılında %11.4, 2015 yılında %9.9 ve 2017 yılında %10.37 olarak belirlenmiştir. Türkiye'nin linyit kömürleri, düşük kalorili değerleri ve yüksek kül içeriği nedeniyle çoğunlukla elektrik üretiminde değerlendirilmektedir [3].

Linyit, Türkiye'deki birincil enerji kaynağıdır, ancak düşük kalorili değeri, yüksek kül, kükürt ve nem içeriği nedeniyle, linyitin artan kullanımı potansiyel çevresel problemleri ortaya çıkarmaktadır [4]. Kömürün yanma işleminden önce kül içeriğini azaltıp kalori değerini artırmak önemlidir [5]. Bunun için kömürler, daha iyi özellikler ve davranışlar elde etmek ve elektrik santrallerinde var olan sorunları azaltmak, kazan performansını artırmak, emisyon sınırlarını karşılamak ve maliyetleri azaltmak amacıyla genellikle harmanlanırlar.Yanma işleminde kömür bileşenleri arasında bazı etkileşimler olabilir. Bu nedenle, alternatif kömürün ve kömür karışımlarının yanma performanslarının uygun şekilde değerlendirilmesi ve daha önceden belirlenmesi gerekir [6, 7].

Termogravimetrik Analiz (TGA), kömür ve kömür karışımları, biyokütle ve plastik atıklar gibi katı hammaddelerin yanması, pirolizi ve gazlaştırılması sırasında termal olayları ve kinetiği araştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır [8-9]. TGA, bir numunenin zaman ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ağırılığında meydana gelen değişimin ölçülmesini sağlar.

Bu çalışmada, yüksek kül içerikli/düşük kalorili kömür (A) ile düşük kül içerikli/yüksek kalorili (B) kömür örneklerinin farklı oranlardaki karışımlarının yanma davranışları incelenmiştir. Bu amaçla eş zamanlı TG-DTG/DSC termogravimetrik analiz cihazı kullanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Örnek hazırlama

Bu çalışmada kullanılan kömürler düşük kalori içerikli ve yüksek kül oranına sahip A kömürü ve yüksek kalori içerikli ve düşük kül oranına sahip B kömürleridir. Kömürler çeneli kırıcılarda kırıldı, öğütüldü. Öğütülmüş örnekler, havanın neminden ve oksijeninden etkilenmemesi için vakum desikatörlerinde bekletildi. Ham örneklerin elementel ve kimyasal analizleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu analizler ASTM Standart Metot ve Testleme işlemine uygun olarak yapılmıştır.

Çizelge 1. Kömürlerin kimyasal ve elementel analizleri

	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	Kül (%)	U.madde (%)	S. karbon (%)	Nem (%)
A Kömürü	12.22	4.28	0.63	1.62	42.50	42.64	6.88	7.98
B Kömürü	40.00	2.35	0.35	3.96	15.42	18.23	64.93	1.42

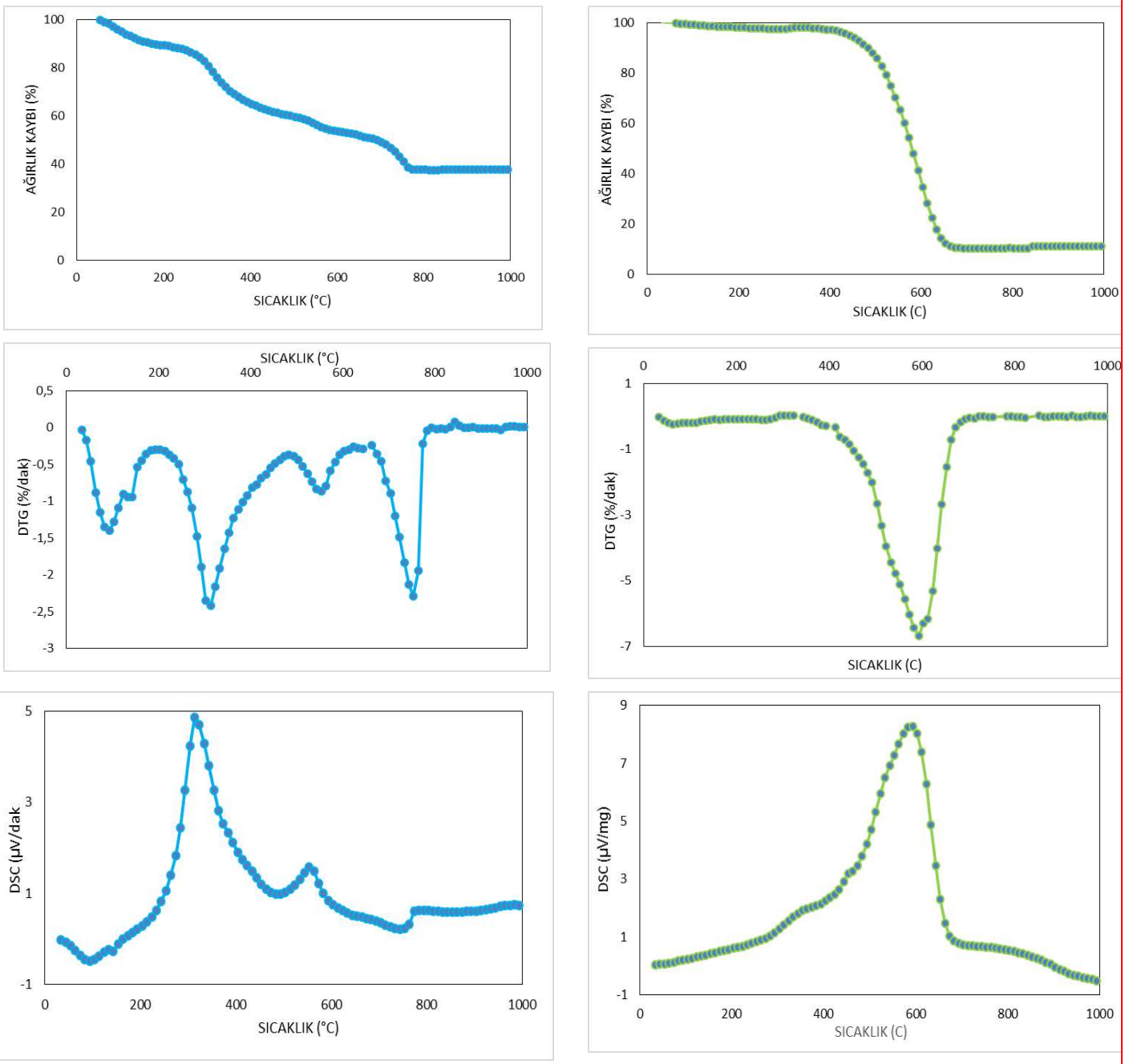
Deneysel çalışmada kullanılmak üzere kömürler ağırlıkça %25A-%75B, %50A-%50B, ve %75A-%25B olacak şekilde hazırlanmışlardır.

2.2. Termal Analiz

Numunenin termogravimetrik analizi, yüksek çözünürlüklü denge sistemleri olan NETZSCH STA 409 PC Luxx cihazında gerçekleştirildi. Bu cihaz denge ve sıcaklık kontrol sistemi 0,001 mg ağırlık kaybını ve 0,1 K sıcaklık değişimine karşı hassastır. Standart referans madde olarak kalsine edilmiş α-Al_2O_3 tozu kullanıldı. Kömürler (~20 mg) numune kabına (pan) kondu. Yanma işlemi 10°C/dak ısıtma hızında 25°C ile 1000°C arasında gerçekleştirildi.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

TG-DTG/DSC Analizleri

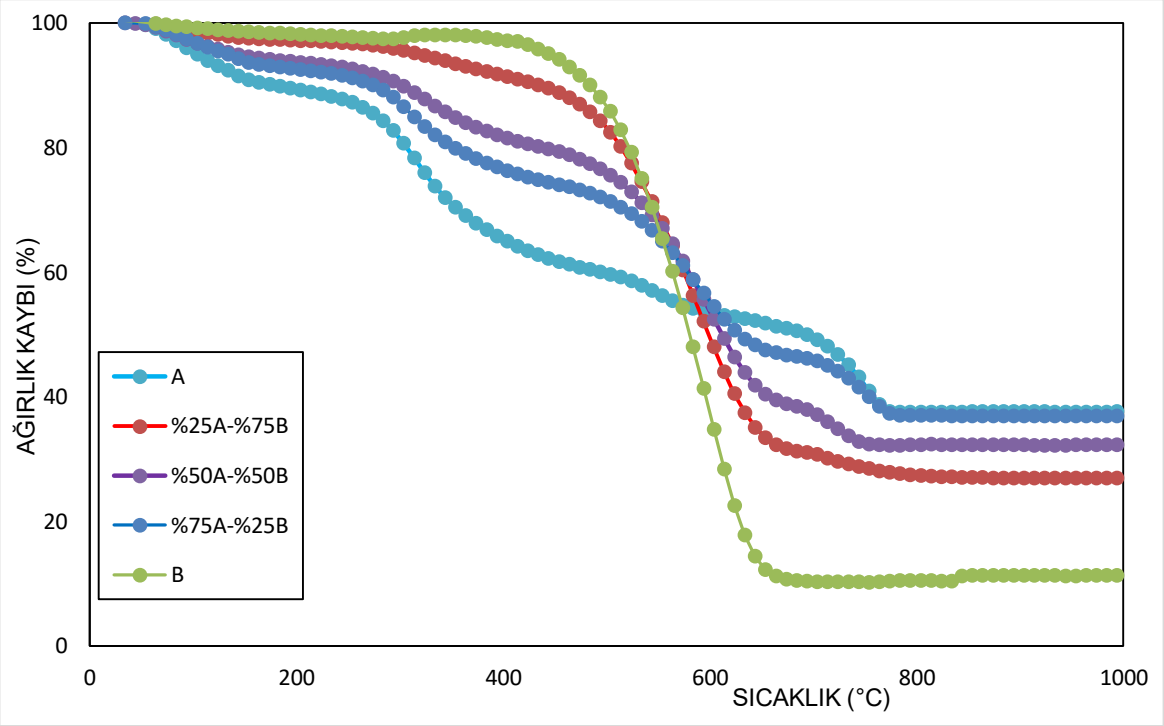


Şekil 1. A (mavi) ve B (yeşil) kömürlerinin 10°C/dak'lık ısıtma hızı için TG-DTG/DSC grafikleri

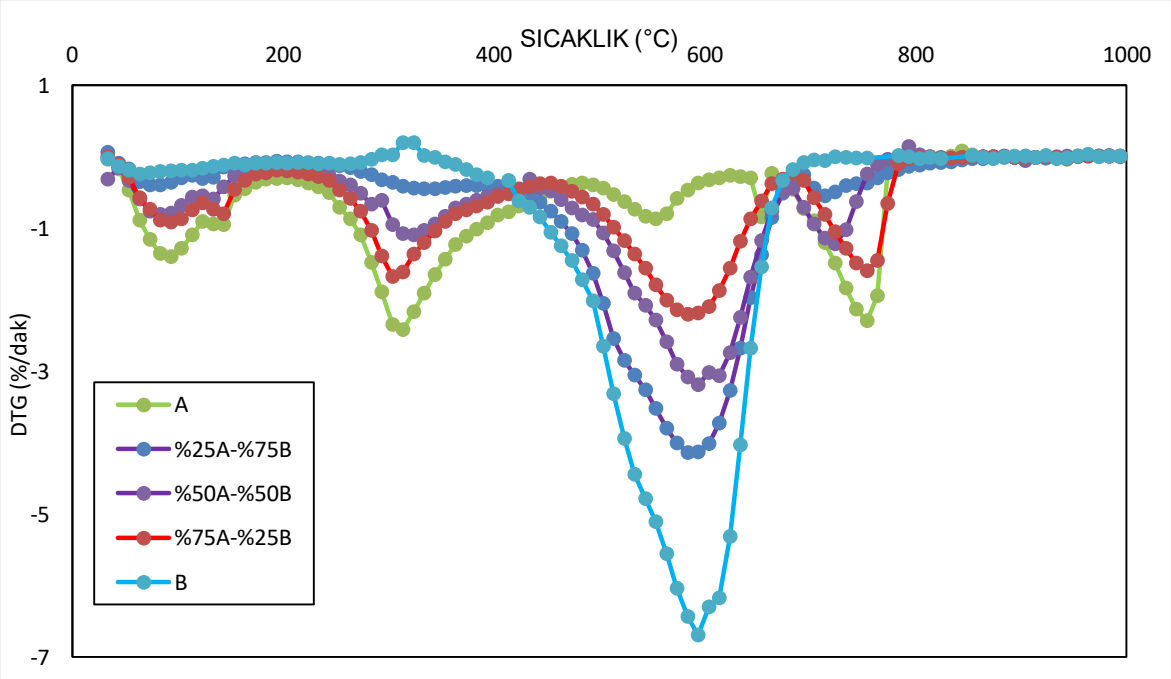
Şekil 1'de A ve B kömürlerinin 25°C'den 1000°C'ye kadar 10°C/dak'lık ısıtma hızında elde edilmiş TG, DTG ve DSC grafikleri görülmektedir. A kömürüne ait veriler incelendiği zaman; belirli sıcaklık aralıklarında üç ana reaksiyon bölgesi görülmektedir. Birinci bölge yaklaşık olarak 200°C'ye kadar, ikinci bölge (ana yanma bölgesi) 200°C ile ~ 620°C arasında ve üçüncü bölge ise 620°C ile 800°C arasındadır. İlk bölgede ağırlık kaybı yaklaşık % 13'tür. Bu değer kömürdeki nemi gösterir. Ana ağırlık

kaybı yaklaşık olarak ~% 38'lik değer ise 2. bölgede meydana gelir ve mineral maddelerin bozunduğu üçüncü bölgede ise ağırlık kaybı ~% 10'dur.

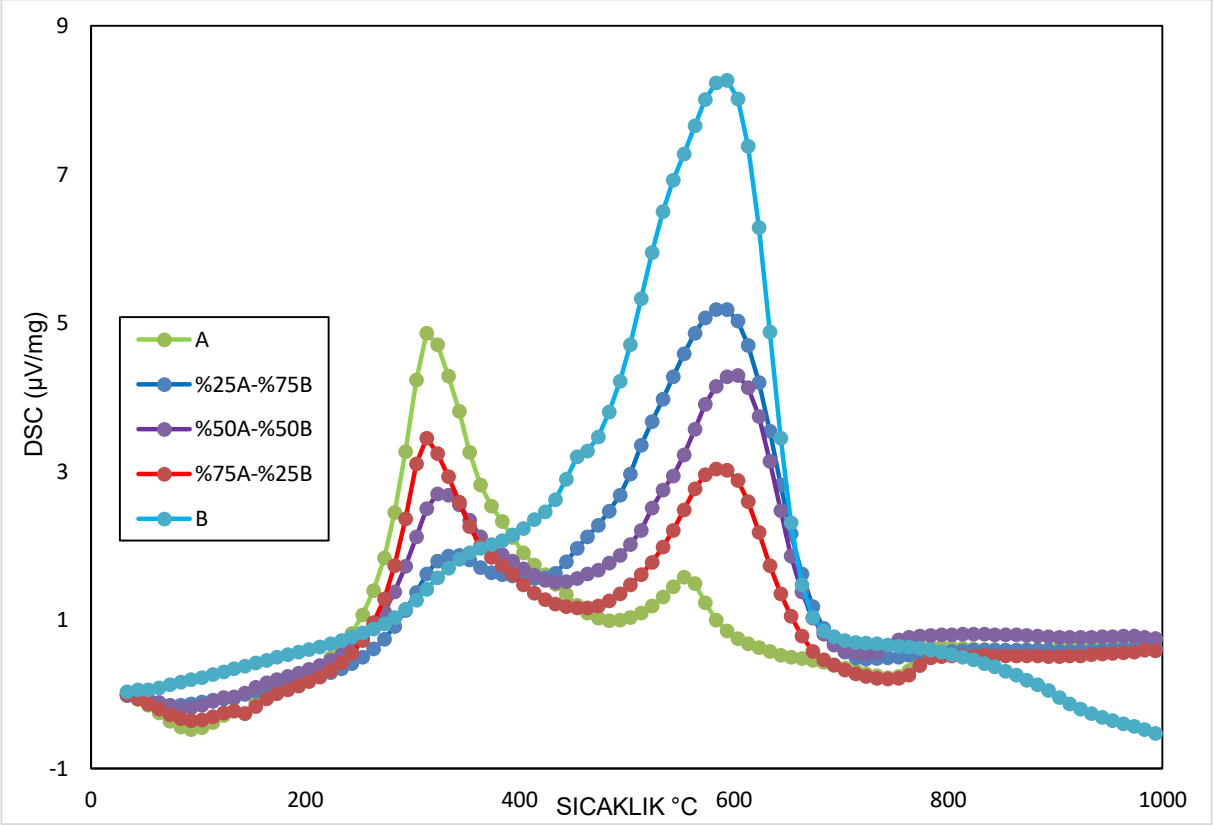
B kömürü için ise: birinci bölge yine yaklaşık olarak 200°C'ye kadar, ikinci bölge (ana yanma bölgesi) ise 300°C'den yaklaşık olarak ~ 710°C'ye kadardır. İlk bölgede oluşan ağırlık kaybı yaklaşık % 2'dir ve bu kömürdeki nemi göstermektedir. Yanma bölgesine ait olan ağırlık kaybı ise yaklaşık olarak ~%87'dir.



Şekil 2. Farklı oranlarda hazırlanmış kömrü karışımlarının 10°C/dak'lık ısıtma hızı için TG eğrileri



Şekil 3. Farklı oranlarda hazırlanmış kömrü karışımlarının 10°C/dak'lık ısıtma hızı için DTG eğrileri



Şekil 4. Farklı oranlarda hazırlanmış kömür karışımlarının 10°C/dak'lık ısıtma hızı için DSC eğrileri

Şekil 2, 3 ve 4'te ise farklı oranlarda hazırlanmış olan kömür karışımlarının TG, DTG ve DSC eğrileri görülmektedir. Bu grafiklerden elde edilen Tig(Tutuşma sıcaklığı), Tpik-max ve Tsönme sıcaklıkları ise Çizelge 2'de gösterilmektedir.

Çizelge 2. Tig, Tpik-max, Tsönme sıcaklıkları

Kömürler	Tig	Tpik-max	Tsönme
A	230	554	620
B	453	593	693
%25A-%75B	230/430	344/593	693
%50A-%50B	230/430	310/593	693
%75A-%25B	230/453	305/593	693

Tutuşma sıcaklığı 453°C gibi çok yüksek sıcaklıklarda olan B kömürüne %25'lik oranda A kömürünün ilavesiyle karışımın tutuşma sıcaklığı yaklaşık olarak 430°C'lere düşmüştür. Yaklaşık 620°C'de sönen A kömürüne farklı oranlarda B kömürünün ilavesiyle karışım yaklaşık olarak 700°C'ye yakın sıcaklıklarda sönmüştür. Sönme sıcaklığı ne kadar çok artarsa yanma prosesinin ömrü o kadar uzayacaktır.

Şekil 2, 3 ve 4 incelendiği zaman %'lik oranlarda hangi kömürün oranı fazla ise karışımın TG-DTG ve DSC grafikleri o kömürün özelliğine daha yakın bir yanma davranışı sergilemektedir. Fakat %25'lik B ilavesi bile A kömürünün yanma verimini artırmaktadır. Bu sonuca Tpik-max 593°C'ye ve Tsönme sıcaklığının ise 693°C'ye çıkışından anlaşılmaktadır. B oranı arttıkça yeni karışımın yanma profili sağa doğru kaymaktadır.

TGA analizi, kömür karışımlarının tahmini sonuçlar yerine gerçek fiziksel özelliklerini gösterir.

KAYNAKLAR

1. Taşkömürü Sektör Raporu, 2018, Türkiye Taşkömürü Kurumu.

2. S. Helle, A. Gordon, G. Alfaro, X. Garcı´a, C. Ulloa, Coal blend combustion: link between unburnt carbon in fly ashes and maceral composition, Fuel Processing Technology, 2003, 80, 209-223.

3. Kömür Sektör Raporu (Linyit), 2017.

4. H. H. Açma, A. E. Meriçboyu, S. Küçükbayrak, Combustion Characteristics of Blends of Lignite and Bituminous Coal with Different Binder Materials, Energy Sources, 2000, 22, 325-332.

5. S. Duzyol, C. Şensöğüt, Investigation of the Thermal Improvement and the Kinetic Analysis of the Enriched Coal, Journal of Combustion, 2018, Article ID 1761023.

6. D. Vamvuka, E. Kastanaki and M. Lasithiotakis, Devolatilization and combustion kinetics of low-rank coal blends from dynamic measurements, Industrial&Engineering Chemistry Research, 2003, 42, 20, 4732-4740.

7. C. Moon, Y. Sung, S. Ahn, T. Kim, G. Choi, D. Kim, Thermochemical and combustion behaviors of coals of different ranks and their blends for pulverized-coal combustion, Applied Thermal Engineering, 2013, 54, 1, 111-119.

8. J. Naktiyok, Determination of the self-heating temperature of coal by means of TGA analysis. Energy&Fuels, 2018, 32 (2), 2299–2305.

9. J. Naktiyok, Investigation of the oxidation behavior of a Turkey coal at low temperature by TGA, FTIR and BET analysis, https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1645767.

METAL OKSİT-GRAFEN KOMPOZİT ELEKTROTLARDA ENZİMATİK OLMAYAN GLUKOZ TAYİNİ

NON-ENZYMATIC GLUCOSE SENSOR ON METAL OXIDE-GRAPHENE COMPOSITE ELECTRODES

Dr. Öğr. Üyesi Hülya ÖZTÜRK DOĞAN

Atatürk Üniversitesi, Erzurum Meslek Yüksek Okulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojisi Bölümü

ÖZET

Son yıllarda küresel bir sağlık problemi haline gelen diyabet (şeker) hastalığı her geçen yıl artmakta ve daha genç yaş gruplarında görülmektedir. Glikoz konsantrasyonunun izlenmesi şeker hastaları için çok önemlidir. Geçmişte, enzimatik (enzim immobilizasyonuna dayanan) sensörler hızlı tepki, iyi seçicilik ve özgüllüğü nedeniyle glikoz izlemede yaygın olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte, enzimatik glikoz sensörleri sıcaklık, pH değeri ve diğer elektrokimyasal girişim yapan engelleyici maddeler gibi dış faktörlerden kolayca etkilenebilirler. Bu problemleri çözmek için alternatif olarak enzimatik olmayan glikoz sensörleri önerilmiştir.

İki boyutlu düzlemsel yapıya sahip karbon atomlarının tek bir tabakası olarak bilinen grafen, üstün elektronik özellikleri, büyük yüzey alanı, sıfır band-gap enerjisi, termal kararlılığı ve yüksek elektron mobilitesi olan mükemmel bir malzemedir. Grafen sahip olduğu bu özellikleri oluşturduğu kompozit materyallerde de sergiler. Grafen ve grafen tabanlı nanokompozit malzemeler mikroelektronikten, optoelektroniğe, katalizörlerden, biyosensör uygulamalarına kadar birçok teknolojik uygulama alanlarında kullanılırlar. Grafen ve grafen kompozitleri genellikle grafit/grafen oksitin termal, solvotermal, kimyasal ve elektrokimyasal indirgenmesi gibi farklı teknikler kullanılması ile büyük ölçekli hazırlanabilmektedir. Bu çalışmada grafen sentezi grafit oksitin elektrokimyasal indirgenmesi yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Grafen tabanlı kompozit malzeme elde etmek için, hem metal oksit hem de grafen yapıları Au elektrot yüzeyinde tek basamaklı elektrokimyasal biriktirme ile sentezlendi. Elektrokimyasal çalışmalarda çalışma elektrodu olarak Au elektrot, referans elektrot olarak Ag/AgCl (3.5 M KCl) ve karşıt elektrot olarak Pt tel kullanılmıştır. Katodik elektrokimyasal depozisyon ile metal oksit nanoparçacıklarının elektrot yüzeyinde oluşumu esnasında, grafen oksitte eş zamanlı olarak grafen yapısına indirgenmiştir. Elde edilen kompozit film XRD, XPS ve SEM kullanılarak karakterize edilmiş ve elde edilen kompozit materyalin enzimatik olmayan glukoz sensörü olarak kullanımı incelenmiştir. Glukoz sensörü uygulamasında elektrokimyasal incelemeler için dönüşümlü voltametri ve amperometri tekniklerinden yararlanılmıştır. Ek olarak kompozit elektrodun glukoza karşı seçici cevabı da araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Metal oksit, grafen, enzimatik olmayan, glukoz sensör.

ABSTRACT

Diabetes mellitus, which has become a global public health problem in recent years, is increasing year by year and have become younger and younger. Monitoring of glucose concentration is very important for diabetics. In the past, enzymatic sensors (based on enzyme immobilization) have been widely used in glucose monitoring because of their rapid response, good selectivity and specificity. However, enzymatic glucose sensors can be readily influenced by external factors such as temperature, pH, and other electrochemical interfering substances. In order to solve these problems, non-enzymatic glucose sensors have been proposed as an alternative.

Graphene, known as a single layer of two-dimensional planar carbon atoms, is an excellent material with superior electronic properties, large surface area, zero band-gap energy, thermal stability and high

electron mobility. These properties of graphene could be exhibited in composite materials. Graphene and/or graphene-based nanocomposite materials were used in many technological applications such as microelectronics, optoelectronics, catalysts/electrocatalysts, biosensor applications, etc. Graphene and/or graphene-based composites can generally be prepared on a large scale by using different techniques such as thermal, solvothermal, chemical and electrochemical reduction of graphite/graphene oxide. In this study, the synthesis of graphene was carried out by electrochemical reduction of graphite oxide. In order to obtain graphene-based composite material, both metal oxide and graphene structures were synthesized by one-step and one-pot electrochemical deposition on Au electrode surface. In electrochemical experiments, Au electrode, Pt wire and Ag/AgCl (3.5 M KCl) were used as the working electrode, the counter electrode, and reference electrode, respectively. During the formation of metal oxide nanoparticles on the electrode surface by cathodic electrochemical deposition, graphene oxide was simultaneously reduced to graphene structure. The composite material was characterized by using XRD, XPS and SEM techniques and the composite electrode was used as a non-enzymatic glucose sensor. In the electrochemical experiments for glucose sensor application, cyclic voltammetry and amperometry techniques were used. In addition to, the selective response of glucose on the composite electrode was also investigated.

Keywords: Metal oxide, graphene, non-enzymatic, glucose sensor.

1. GİRİŞ

Grafen; karbonun allotropu olan grafitin temel yapısında bulunan karbon zincirinden oluşur. Grafit ise karbonun allotropları arasında elektriksel iletkenliğe sahiptir ve oldukça düzenli bir yapısı vardır. Grafitte karbon atomları, üst üste yığılmış geniş, yassı levhalar oluşturacak biçimde, iki boyutlu düzlemde birbirlerine bağlanmıştır. Grafen ise bu levhalardan sadece tek bir tabakasına verilen isimdir (Rao vd. 2009). Grafen bal peteği örgü yapısında olup, iki boyutlu planar yapıların çok ender örneklerinden birisidir. Grafendeki karbon atomlarının bir tane s ve iki tane p orbitallerinin birleşimi ile 120 derece açılı sp^2 melezleşmesi yaparken boşta kalan *pz* orbitalleri de grafen malzemesine sıra dışı özellikler kazandırmaktadır (Wu vd. 2012).

İlk zamanlarda grafitik oksit veya grafitik asit olarak adlandırılan grafit oksit (GO), karbon, oksijen ve hidrojenin farklı oranlardaki bir bileşiğidir ve güçlü oksitleyicilerle grafitin muamelesiyle laboratuvar şartlarında sentezlenebilir (Hummers and Offeman 1958). Olağanüstü elektronik özellikler sergileyen grafenin büyük ölçekte üretiminde sıkça kullanılan GO, oldukça dikkat çekmiştir (Guo vd. 2009; Wang vd. 2009). Metal tuzları veya metal nanopartikülleri GO yüzeyinde bulunan hidroksil veya epoksit gibi fonksiyonel grupların varlığından dolayı GO yüzeyine kolaylıkla tutunabilirler ve hatta oksijen içeren gruplar ile etkileşime girmeleri sonucunda metal oksite dönüşebilirler (Sreeprasad vd. 2009). Bu sayede metal oksit-grafen (MO-G) kompozitleri kolaylıkla elde edilebilmektedir.

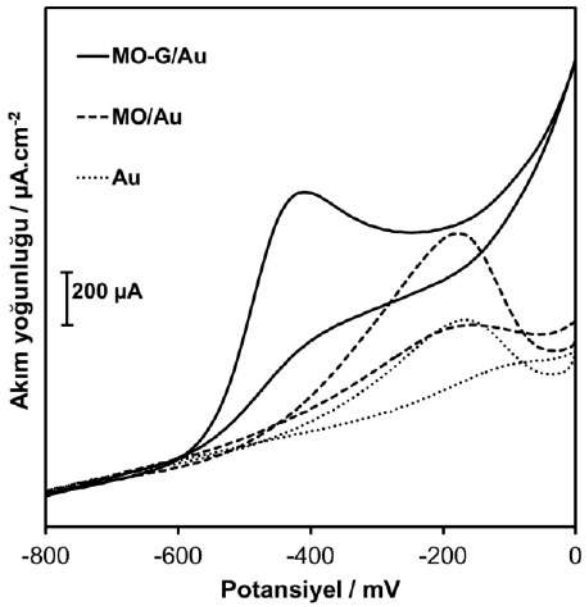
Shan vd (2009), grafen yüzeyinde glukoz oksidazın elektrokimyasal davranışını incelemişler ve bu malzemenin glukoz biyosensörü olarak kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir. Grafit ile alınan voltamogramda herhangi bir pik gözlenmez iken grafen elektrot kullanıldığı zaman glukoz oksidazın pik verdiği tespit edilmiştir. Bu sebeple grafen elektrodun glukoza duyarlı olmasından dolayı biyosensör olarak kullanılabileceğini önermişlerdir.

2. DENEYSEL KISIM

Metal oksit-grafen kompozitlerinin elektrokimyasal sentezi için; elektrokimyasal hücre sisteminde çalışma elektrodu olarak Au elektrot, referans elektrot olarak Ag/AgCl ve karşıt elektrot olarak ise Pt tel kullanılmıştır. MO-G kompozitlerinin elektrolit çözeltisi olarak metal iyonlarını içeren çözeltiler (Pb^{+2}, Ni^{+2}, Cu^{+2} ve Zn^{+2} iyonları) ile GO içeren süspansiyonlar karıştırılmış ve sabit tek bir potansiyel uygulanması sonucu Au elektrot yüzeyinde doğrudan kompozit filmlerin oluşumu sağlanmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

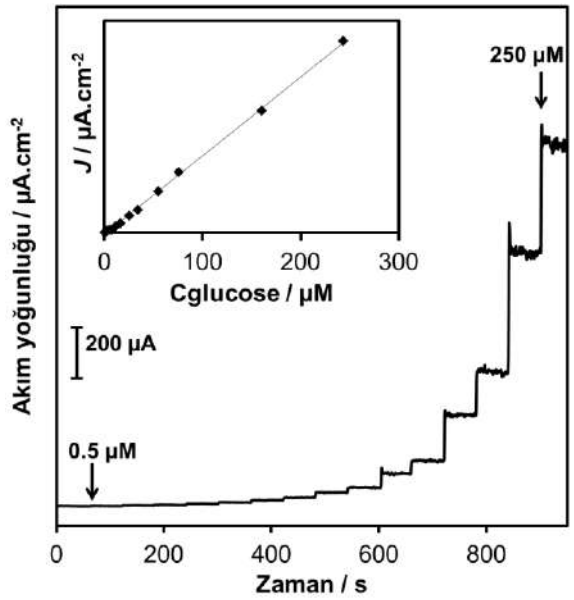
MO-G elektrotların elektrokatalitik aktivitesi, 10 mM glukoz içeren 0,1 M NaOH çözeltisinde modifiye edilmemiş Au ve metal oksit modifiye edilmiş Au (MO/Au) elektrotların elektrokimyasal cevapları ile karşılaştırıldı (Şekil 1).



Şekil 1. MO-G/Au, MO/Au ve Au elektrotların 10 mM glukoz içeren çözelti ortamında kaydedilen dönüşümlü voltamogramları.

Elde edilen voltamogramlar incelendiği zaman, her üç elektroda ait glukozun dönüşümsüz oksidasyonuna karşılık gelen belirgin tek bir pik gözlenmiştir. Glukoz olmayan ortamda bu pik bulunmamaktadır. Glukoz oksidasyonuna ait pik potansiyelleri karşılaştırıldığında; en düşük pik potansiyeli ve en yüksek akım yoğunluğu değeri MO-G modifiye elektrotta elde edilmiştir. Glukozun enzimsiz elektrokimyasal olarak belirlenmesi amacıyla MO-G kompozitlerinin hepsi için aynı deneyler tekrarlanmıştır. Glukoz içeren yüksek alkali bir çözeltide alınan bütün dönüşümlü voltamogramlarda, hem çıplak altın elektrota ve hemde aynı şekilde modifiye edilen altın elektrotlara kıyasla MO-G kompozitlerine ait güçlü bir oksidasyon piki gözlenmiştir.

Glukoz sensör uygulamaları için önemli bir parametre de dedeksiyon limitidir. Bu değerin belirlenmesi amacıyla amperometri çalışması yapılmıştır. 0.1 M NaOH çözeltisine farklı konsantrasyonlarda ardışık bir şekilde glukoz eklenmesi sonucu elde edilen akım-zaman grafiği Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. MO-G elektrotlar için farklı konsantrasyonlarda glukoz ilavesine ait akım yoğunluğu-zaman grafiği.

Farklı MO-G kompozitleri için de amperometri çalışmaları tekrar edilmiştir. Farklı MO-G kompozitlerine ait hesaplanan dedeksiyon limiti ve duyarlılık değerleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Farklı MO-G kompozitlerine ait hesaplanan dedeksiyon limiti ve duyarlılık değerleri

Kompozit	**LOD (dedeksiyon sınırı) (M)**	**Duyarlılık** ($\mu A\ cm^{-2}\ mM^{-1}$)
CuO-G	$9{,}36 \times 10^{-8}$	7,05
Cu_2O-G	$2{,}75 \times 10^{-8}$	6,77
NiO-G	$4{,}44 \times 10^{-8}$	3,68
PbO-G	$1{,}80 \times 10^{-8}$	7,05
ZnO-G	$2{,}23 \times 10^{-8}$	6,05

4. SONUÇ

Bu çalışmada MO-G kompozitlerinin Au elektrot yüzeyinde tek basamaklı elektrokimyasal sentezi gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen MO-G kompozitlerinin glukozun elektrokimyasal oksidasyonunda elektrot malzemesi olarak kullanımı incelenmiştir. Farklı MO-G yapıları glukoz oksidasyonu için benzer katalitik etki göstermiştir. Ayrıca farklı MO-G kompozitleri için glukoz sensörü olarak kullanımlarında dedeksiyon limitleri ve duyarlılıkları da hesaplanmıştır.

KAYNAKÇA

Hummers, W.S., Offeman, R.E. 1958. ''Preparation of Graphitic Oxide'', J. Am. Chem. Soc., 80, 1339-1339.

Gao, L., Guest, J.R., Guisinger, N.P. 2010. ''Epitaxial graphene on Cu (111)'', Nano Lett., 10, 3512-3516.

Rao, C.N.R., Sood, A.K., Subrahmanyam, K.S., Govindaraj, A., 2009. ''Graphene: The new two-dimensional nanomaterial'', Angew. Chem., Int. Ed., 48, 7752-7777.

Shan, C., Yang, H., Song, J., Han, D., Ivaska, A. and Niu, L., 2009. "Direct electrochemistry of glucose oxidase and biosensing for glucose based on graphene", Analytical Chemistry, 81, 2378-2382.

Sreeprasad, T. S. , Samal, A.K., Pradeep, T. 2009. ‘‘Tellurium nanowire-ınduced room temperature conversion of graphite oxide to leaf-like graphenic structures’’, J. Phys. Chem. C, 113, 1727-1737.

Wang, Z., Zhou, X., Zhang, J., Boey, F., Zhang, H. 2009. ‘‘Direct electrochemical reduction of single-layer graphene oxide and subsequent functionalization with glucose oxidase’’, J. Phys. Chem. C Lett., 113, 14071-14075.

Wu, Z., Zhou, G., Yin, L., Ren, W., Li, F., Cheng, H. 2012. ‘‘Graphene/metal oxide composite electrode materials for energy storage’’, Nano Energy, 1, 107-131.

BİR ÜRETİM HATTINDAKİ MAKİNE ARIZA ZAMANLARININ WEİBULL DAĞILAMINA UYGUNLUĞUNUN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE SUITABILITY OF MACHINE FAILURE TIMES IN A PRODUCTION LINE TO WEIBULL DISTRIBUTION

Elif Nur İNCEL
(Lisans Öğrencisi) Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Sümeyye SAĞIR
(Lisans Öğrencisi) Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Dr. Öğr. Üyesi Çağatay TEKE
Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Üretim hattındaki arızalar, üretim kaybının önemli bir unsurudur. Arıza gerçekleşmeden önce önleyici bakım yapılması, arıza oluşmasını engelleyecek ve böylece üretim kaybının azaltılmasını sağlayacaktır. Fakat bu durumda, önleyici bakımın ne zaman yapılacağı konusu gündeme gelmektedir. Önleyici bakım zamanını daha doğru belirleyebilmek için arızanın gerçekleşeceği zamanı tahmin edebilmek gerekir. Arıza zamanını tahmin edebilmek için bu arızaya ait geçmiş arıza verisinin bulunması gerekir. Bu verinin çok olması, arıza zamanı tahmin performansının yüksek olmasını sağlayacaktır. Buradaki bir diğer husus ise mevcut arıza verisinin tipidir. Bir arızaya ait geçmiş arıza verileri bazı belirsizlikler içerebilir. Bu durumda arıza zamanı tahmin performansı düşebilmektedir.

Bu çalışmada, bir üretim hattındaki makine arıza zamanlarının Weibull dağılımına uygunluğu test edilmiştir. Bunun için, üretim hattındaki en önemli arızaya ait geçmiş arıza verileri incelenmiştir. İnceleme sonucunda, arıza verilerinin tipinin tam veri olduğu sonucuna varılmıştır. Ardından, mevcut arıza verileri kullanılarak bu verileri en iyi temsil eden Weibull dağılımı parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Weibull dağılımı parametreleri belirlenirken en küçük kareler yöntemi ve maksimum olabilirlik yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler kullanılarak ve Minitab programı aracılığıyla Weibull dağılımı parametre değerleri hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Weibull Dağılımı, Parametre Tahmini, En Küçük Kareler Yöntemi, Maksimum Olabilirlik Yöntemi.

ABSTRACT

Failures in the production line are an important element of production loss. Preventive maintenance before the failure occurs will prevent failure and thus reduce production loss. In this case, however, the issue of when preventive maintenance is to be implemented is raised. In order to determine the preventive maintenance time more accurately, it is necessary to estimate the time when the failure will occur. In order to estimate the failure time, historical failure data for this failure must be available.

Excessive data will result in high failure time prediction performance. Another issue here is the type of failure data available. Historical failure data for a failure may contain some uncertainties. In this case, the failure time prediction performance may decrease.

In this study, machine failure times in a production line were tested for their suitability to Weibull distribution. For this purpose, historical failure data of the most important failure in the production line were examined. As a result of the examination, it was concluded that the type of failure data is complete data. Then, the Weibull distribution parameters that best represents this data using existing fault data were tried to determine. The least squares method and maximum likelihood estimation method were used to determine Weibull distribution parameters. Weibull distribution parameter values were calculated by using these methods and Minitab program.

Keywords: Weibull Distribution, Parameter Estimation, Least Squares Method, Maximum Likelihood Estimation Method.

1. GİRİŞ

Günümüzde makineler hayatın tüm alanlarında aktif rol oynamaktadır. Günlük hayatta insanlar makineler aracılığıyla birçok işlemi gerçekleştirmektedirler. Makinelerin en fazla kullanıldığı alanlardan biri de üretim ve hizmet sektörleridir. Özellikle üretim endüstrisinde faaliyet gösteren firmalar için makineler büyük öneme sahiptir. Makinelerin sahip olduğu özelliklerden bazıları diğerlerine oranla daha önemlidir. Bu özellikler makinenin fonksiyonu, kalitesi ve bakımıdır. Beklenmedik bir arıza karşısında üretim durur, makinenin bozulan parçası stokta yoksa ilave bir bekleme zamanı oluşur. Bu durum üretim ve müşteri kaybına yol açar. Makinelerin arıza zamanının tahmin edilmesi, üretim kaybını azaltır, üretimin devamlılığını sağlar, ekipman ve yedek parçaların planlanmasını kolaylaştırır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür incelendiğinde, Weibull dağılımıyla ilgili çeşitli çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Almalı ve Okut'un (2009) yapmış olduğu çalışmada en küçük kareler ve en yüksek olabilirlik yöntemleri kullanılarak Weibull dağılımına ait β şekil parametresinin tahmini araştırılmıştır. Her bir örnek büyüklüğü için Weibull dağılımının parametreleri değiştirilerek simülasyon ile veri seti oluşturulmuştur. Bunun için hata ölçme yöntemlerinden ortalama karesel hata ve toplam sapma kullanılmıştır. Örneklem büyüklüğünün on beşten büyük olduğu durumlarda daha iyi sonuçlar vermiştir. Kurban, Hocaoğlu ve Kantar'ın (2005) yapmış olduğu çalışmada Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü'ndeki 2005 yılı Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında 15 saniyede bir rüzgâr hızı ölçülmüş ve ölçülen veriler ele alınmıştır. Moment metoduyla, mevcut veri setine dayanarak, rüzgâr hızı ve gücünün aylara göre değişimi Weibull dağılımı yardımıyla incelenmiştir. Yapılan bu çalışma Eskişehir bölgesine ait rüzgâr enerjisi potansiyelinin belirlenmesi için ön çalışma niteliği taşımaktadır. Kaplan'ın (2013) yapmış olduğu çalışmada Osmaniye'ye ait saatlik rüzgâr hızı verilerine dayanarak rüzgâr enerjisi potansiyeli analiz edilmiştir. Osmaniye'de rüzgâr enerjisi potansiyeli

araştırması için Weibull ve Rayleigh dağılımı kullanılmıştır. Sonuç olarak Osmaniye'nin elektrik enerjisi üretimi bakımından uygun olduğu görülmüş ve Weibull dağılımı ile elde edilen sonuçlar Rayleigh dağılımı ile elde edilen sonuçlardan daha iyi çıkmıştır. Özpar'ın (2007) yapmış olduğu bu çalışmada makine parçalarında yaşanan yorulma kırılmalarından elde edilen verilerin istatistiksel yöntemlerle değerlendirerek ömürleri hakkında bilgi sahibi olmak ve kıyaslama yapabilmek amaçlanmıştır. Weibull analizi yapılmış ve kıyaslama yapabilmek için Wöhler eğrisi de ayrıca oluşturulmuştur. Makine parçaları tek bir gerilmede çalıştıklarında ömür değerleri birbirinden farklı olmakla beraber bir dağılım göstermektedir. Bu durumda belirli güvenirlikle çizilen Wöhler ve Weibull diyagramları esas alınarak birikimli hasar ile meydana gelecek yorulmanın ömür hesaplamaları yapılmıştır. Hesaplanan bu diyagramlardan faydalanılarak birikimli hasar teorilerine göre ömür değerlendirilmeleri yapılabilmektedir. Çalışma sonucunda Weibull ve Wöhler metotları değerlendirilmiş ve bu değerlendirme sonucunda aralarındaki fark oldukça fazla çıkmıştır. Bunun sebebi ise deney noktalarının azlığından kaynaklanmaktadır. Yılmaz ve Erişoğlu'nun (2003) yapmış olduğu çalışmada istatistiksel parametre kestirim tekniklerinden en çok olabilirlik tekniği, en küçük kareler tekniği ve momentler tekniği Weibull dağılımının parametrelerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Farklı örneklem büyüklüklerinde sözü edilen teknikler içeresinde hangi tekniğin daha iyi olduğunu göstermek amacı ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Karşılaştırma sonuçları göz önüne alınarak deprem verilerine Weibull dağılımında en iyi sonucu veren teknik ile deprem verileri üzerine analiz yapılmıştır. Boran, Gökler, Ulus ve Tunç'un (2015) yapmış oldukları çalışmada makineye ait bir parçanın değişim süresini en iyi yapacak şekilde maliyet modeli iyileştirilmiştir. Maliyet modeli için iki parametreli Weibull dağılımı esas alınmıştır. Çalışmada yapılan duyarlılık analizi ile maliyet modelinde önem arz eden kriterlerin maliyet ve kullanım süresini hangi yönde ve nasıl etkilediği ortaya koyulmuştur.

3. WEIBULL DAĞILIMI

1951 yılında W. Weibull tarafından ortaya konulan Weibull dağılımının ilk kullanım amacı, makinelerin ömür sürelerini tahmin etmek olmuştur. Weibull dağılımı, arıza hızlarının zamana bağlı olarak artan, azalan ve sabit olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Bu durumlarda kullanıldığı için Weibull dağılımı güvenilirlik modeli sunma özeliğine sahiptir. Weibull dağılımı deneysel verilere uyum göstermektedir ve bu sebepten dolayı güvenilirlik problemlerinin yanı sıra biyoloji, rüzgâr enerjisi, stok kontrol ve orman işçiliği gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Weibull dağılımı ölçek, şekil ve konum parametresi olmak üzere üç parametreli bir dağılımdır. Weibull dağılımı iki ve üç parametreli olarak kullanılabilmektedir. Weibull dağılımında verilerin incelenmesinde iki yöntem vardır, bu yöntemler grafik yöntem ve istatiksel prosedür içeren uygunluk testleridir. İstatiksel prosedür içeren uygunluk testlerinden en çok tercih edilenler ise Anderson-Darling (AD) ve Kolmogorov-Smirnov (KS) testleridir (Boran vd., 2015).

4. UYGULAMA

Bu çalışmada, makine arıza zamanlarının Weibull dağılımına uygun olup olmadığı incelenmiştir. Weibull dağılımına uygunluğunu belirlemek amacıyla Anderson-Darling uygunluk testi uygulanmıştır. Weibull dağılımı bir, iki ve üç parametreli olan bir dağılımdır. Yapılan çalışmada iki parametreli Weibull dağılımı kullanılmıştır. İki parametreli Weibull dağılımı için olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıda yer almaktadır:

$$F(t) = \frac{\beta}{\eta}\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (1)$$

Burada, β biçim parametresi, η ise ölçek parametresi olup, $f(t) \geq 0, t \geq 0, \beta > 0, \eta > 0$ dır. İki parametreli Weibull kümülatif dağılım fonksiyonu da aşağıdaki gibidir:

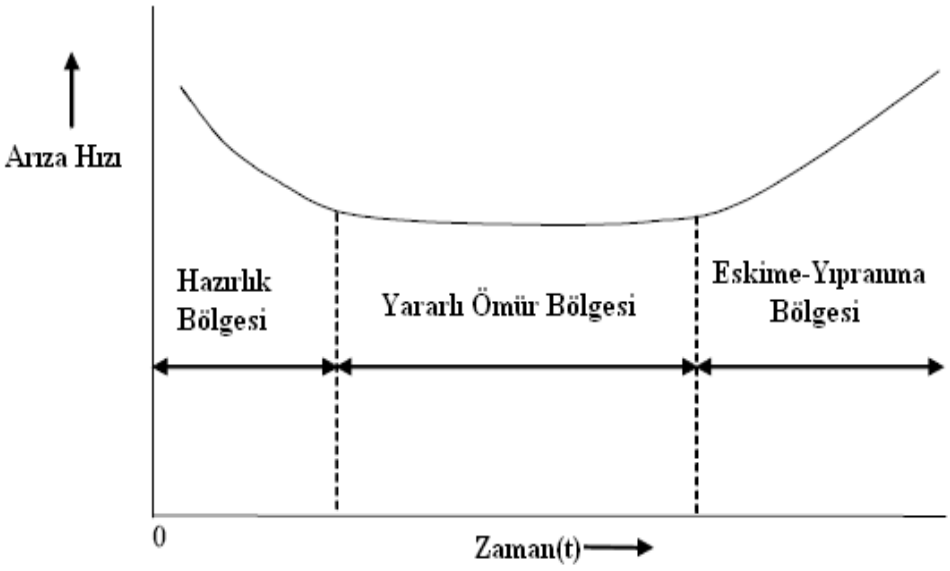
$$F(t)=1-e^{\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}\right]} \quad (2)$$

Uygulamada kullanılan makine arıza verileri Tablo 1.'de yer almaktadır.

Tablo 1. Makine arıza verileri

2636	3150	4997	380	3292	6315	2598	770
4470	467	1302	2277	2418	2871	3579	2962
7106	2419	5468	4312	2550	2260	2585	4276
8559	932	2557	6621	8453	2603	3758	1308
5170	4193	5721	4786	4076	2419	1037	2625
3229	7107						

Endüstriyel ortamda kullanılan ekipmanların arıza oranı yükselebilir, aynı kalabilir veya düşebilir. Endüstriyel ortamdaki bu arızalar banyo küveti eğrisi ile ifade edilir. İlgili eğri Şekil 1.'de yer almaktadır.

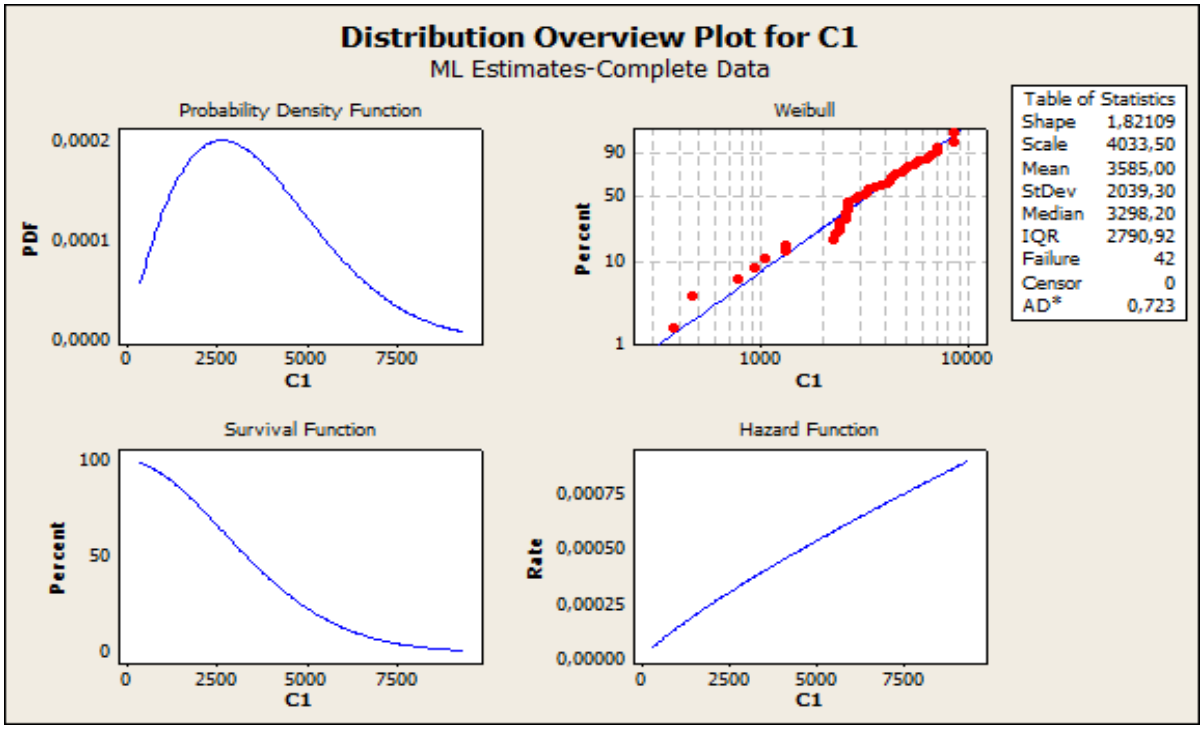


Şekil 1. Banyo küveti eğrisi

Banyo küveti eğrisi üç bölgeye ayrılmaktadır. Birinci bölge hazırlık bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Bu bölgede zamana bağlı olarak arıza hızı azalmaktadır. Bu arızalar genellikle yazılım hatalarından kaynaklanmaktadır. İkinci bölge yararlı ömür bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Bu bölgede zamana bağlı olarak arıza hızı sabit durumda kalmaktadır. Bu süre içerisinde arızalar rassal olarak meydana gelmektedir. Bu arızalar genellikle elektrik elektronik sistemlerde meydana gelmektedir. Üçüncü bölge eskime-yıpranma bölgesi olarak adlandırılmaktadır. Bu bölgede arızalar zamana bağlı olarak artmaktadır. Bu arızalar daha çok endüstriyel ortamlarda görülmektedir.

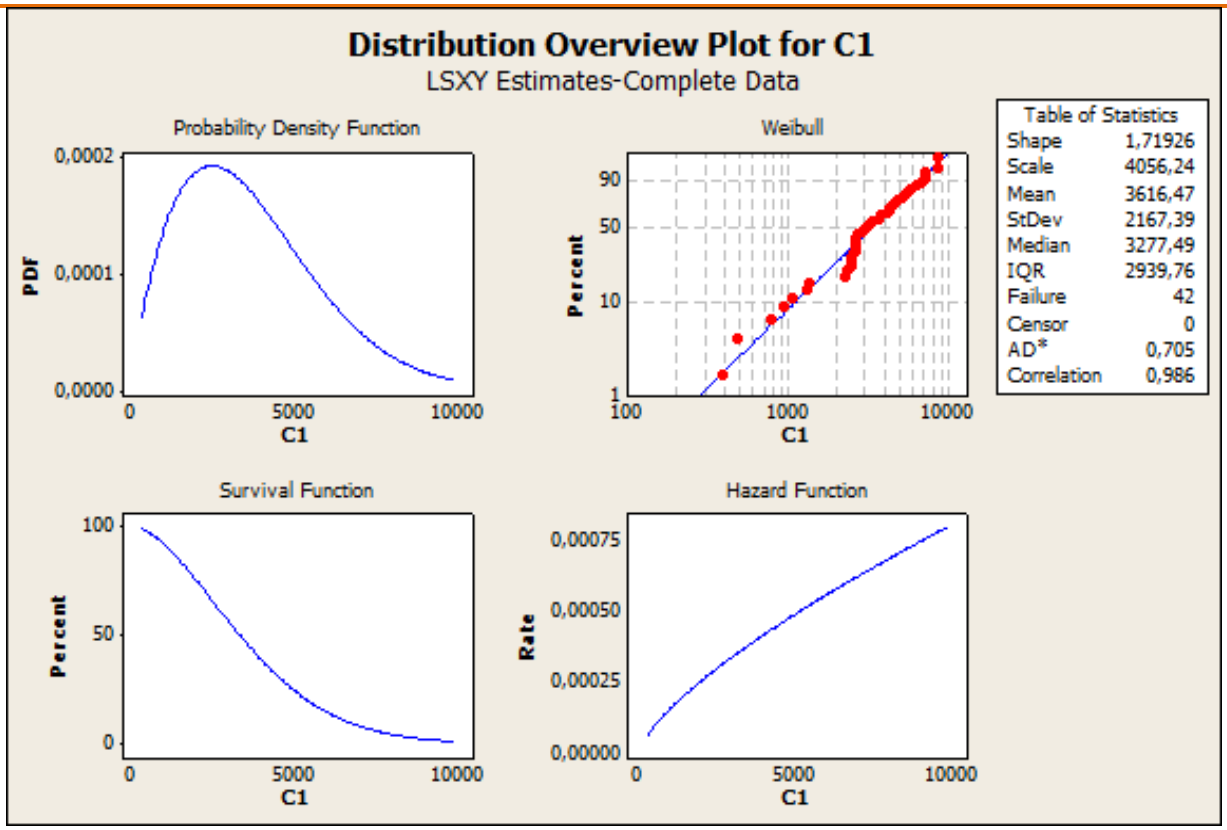
5. BULGULAR

Bir üretim firmasına ait 42 adet makine arıza verileri kullanılarak, Minitab adlı program aracılığıyla Weibull dağılımı parametreleri belirlenmiştir. Bu çalışmada iki parametreli Weibull dağılımı kullanılmıştır, bu parametreler şekil ve ölçek parametreleridir. Ayrıca, Weibull dağılımı parametreleri tahmin edilirken en küçük kareler yöntemi ve maksimum olabilirlik yöntemi kullanılmıştır. Tahmin sonuçları Şekil 2. ve Şekil 3.'te mevcuttur.



Şekil 2. Maksimum olabilirlik yöntemi ile Weibull dağılımı parametrelerinin tahmin edilmesi

Şekil 2. incelendiğinde, Weibull dağılımı için, şekil parametresinin yaklaşık 1,82 ve ölçek parametresinin ise 4033,5 bulunduğu görülmektedir. Dağılımın ortalaması ise 3585 olarak bulunmuştur. Bu değer, incelenen makinenin ortalama olarak 3585 saat çalıştıktan sonra arızalanacağını ifade etmektedir. Ayrıca, yapılan tahmin için AD değeri 0,723 olarak bulunmuştur. Bu değer AD testinin kritik değerinden düşüktür. Bu durum, mevcut arıza verilerinin, elde edilen parametre değerleri ile Weibull dağılımına istatistiksel olarak uygun olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 3. En küçük kareler yöntemi ile Weibull dağılımı parametrelerinin tahmin edilmesi

Şekil 3. incelendiğinde, Weibull dağılımı için, şekil parametresinin yaklaşık 1,72 ve ölçek parametresinin ise 4056,24 bulunduğu görülmektedir. Dağılımın ortalaması ise 3616,47 olarak bulunmuştur. Bu değer, incelenen makinenin ortalama olarak 3616,47 saat çalıştıktan sonra arızalanacağını ifade etmektedir. Ayrıca, yapılan tahmin için AD değeri 0,705 olarak bulunmuştur. Bu değer AD testinin kritik değerinden düşüktür. Bu durum, mevcut arıza verilerinin, elde edilen parametre değerleri ile Weibull dağılımına istatistiksel olarak uygun olduğu anlamına gelmektedir. Buna ek olarak, tahmin ile elde edilen AD değeri ne kadar küçük ise dağılıma uygunluk da o kadar iyi demektir. Bu sebeple, en küçük kareler yöntemi kullanılarak elde edilen parametre değerleri, mevcut veriler için Weibull dağılımı parametre değerleri olarak kabul edilmiştir.

6. SONUÇ

İşletmelerde yer alan makinelerin doğru ve verimli çalışması için bakım faaliyetlerinin düzenli ve en az maliyetle yapılması gereklidir. Bakım faaliyetlerinin yapılması sırasında herhangi bir problem yaşanmaması için bu faaliyetler doğru planlanmalı aynı zamanda doğru teçhizat, doğru yedek parça ve işgücü kullanılmalıdır. Bu çalışmada, bir üretim işletmesindeki bir makineye ait 42 arıza verisi kullanılarak, Minitab programı aracılığıyla Weibull dağılımı parametreleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda makineye ait arıza zamanlarının tahmini kolaylaşmıştır. Ayrıca, arızanın giderilmesinde gerekli olan yedek parça, işgücü ve teçhizatın planlanması elde edilen tahmin değerine göre yapılacaktır.

KAYNAKÇA

Almalı, M. N., Okut, H., (2009). İki Parametreli Weibull Dağılımında Parametre Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılmasına İlişkin Bir Simülasyon Çalışması. Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi, 10(2), 455-465.

Boran, S., Gökler, S.H., Ulus, İ., Tunç, F. C., (2015). İki Parametreli Weibull Dağılımını Esas Alan Maliyet Modeli ile Makine Parça Değişim Sürelerinin Tahmin Edilmesi. Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(2), 61-84.

Kaplan, Y. A., (2016). Rayleigh ve Weibull Dağılımları Kullanılarak Osmaniye Bölgesinde Rüzgâr Enerjisinin Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(1), 62-71.

Kurban, M., Hocaoğlu, F. O., Kantar, Y. M., (2007). Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Tahmininde Kullanılan İki Farklı İstatistiksel Dağılımın Karşılaştırmalı Analizi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(1), 103-109.

Özpar, T. A., (2007). *Makine Parçalarının Ömür Hesaplarında Weibull Dağılımının Hasar Teorileri ve İstatistik Dağılım Fonksiyonlarıyla Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Yılmaz, V., Erişoğlu, M., (2003). İstatistiksel Parametre Kestirim Tekniklerinin Weibull Dağılımının Parametrelerinin Hesaplanmasında Kullanımı ve Deprem Verilerinin Weibull Dağılımına Uygulanması, İstatistik Araştırma Dergisi, 2(2), 203-217.

BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ İLE BİR ÜRETİM HATTINDAKİ EN ÖNEMLİ ARIZANIN BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF THE MOST IMPORTANT FAILURE IN A PRODUCTION LINE WITH FUZZY MULTI-CRITERIA DECISION MAKING TECHNIQUES

Sümeyye SAĞIR
(Lisans Öğrencisi) Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Elif Nur İNCEL
(Lisans Öğrencisi) Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Dr. Öğr. Üyesi, Çağatay TEKE
Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Karar verme, hayatın her alanında karşılaşılan kaçınılmaz bir süreçtir. Bu süreç çok sayıda alternatif ve çok sayıda değerlendirme kriteri içerebilir. Bazı belirsizlikler de mevcut olduğunda karar verme süreci oldukça karmaşık bir karar verme problemine dönüşebilir. Bu tip problemlerin çözümünde çok kriterli karar verme tekniklerinden faydalanılır. Ayrıca, belirsizliklerin modellenebilmesi için, yapay zeka tekniklerinden bulanık mantık yaklaşımın kullanılması, problemin çözümüne önemli katkı sağlar.

Bu çalışmada, üretim hattındaki en önemli arızanın belirlenebilmesi için bulanık çok kriterli karar verme tekniklerinden faydalanılmıştır. İlk olarak, bir işletmenin üretim hattındaki son üç yıllık arıza verileri incelenmiştir. Bu verilerde yer alan arızalar, karar verme probleminin alternatifleridir. İkinci olarak, bu alternatifleri değerlendirmek için kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Kriterler belirlenirken işletmenin üretim hattındaki bakım uzmanlarına danışılmıştır. Üretim kaybı, arıza sıklığı, bakım süresi ve üretim kapasitesi olmak üzere dört kriter belirlenmiştir. Bu kriterler birbirleriyle ikili olarak karşılaştırılarak her bir kriterin ağırlığı hesaplanmıştır. Kriterlerin ağırlığı hesaplanırken Bulanık AHP (Analytic Hierarchy Process - Analitik Hiyerarşi Prosesi) tekniği kullanılmıştır. Ardından, her bir alternatif, tüm kriterler açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler yapılırken yine bakım uzmanlarına danışılmıştır. Bu değerlendirmeler, alternatiflerin sıralanması sürecinin girdileridir. Alternatiflerin sıralanması için ise Bulanık WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment - Ağırlıklandırılmış Birleşik Toplam Çarpım Değerlendirmesi) yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak, üretim hattındaki en önemli arıza belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Çok Kriterli Karar Verme, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi, Bulanık WASPAS, Arıza.

ABSTRACT

Decision making is an inevitable process in every aspect of life. This process may include multiple alternatives and multiple evaluation criteria. When some uncertainties exist, the decision making process can turn into a rather complex decision making problem. Multi-criteria decision making techniques are used to solve such problems. Also, the use of fuzzy logic approach, one of the artificial intelligence techniques, in the problem enables the modeling of uncertainties.

In this study, fuzzy multi-criteria decision making techniques are used to determine the most important failure in the production line. First, the failure data of the last three years of an enterprise's production line are examined. The failures in these data are alternatives to the decision making problem. Secondly, the criteria to be used to evaluate these alternatives were determined. When determining the criteria, maintenance experts were consulted on the production line. Four criteria were identified as production loss, failure frequency, maintenance time and production capacity. The weight of each criterion was calculated by making pairwise comparisons. The Fuzzy AHP (Analytic Hierarchy Process) technique was used to calculate the weight of the criteria. Then, each alternative is evaluated in terms of all criteria. The experts were also consulted during these assessments. These assessments are inputs to the process of sorting of alternatives. Fuzzy WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment) method was used to sort the alternatives. As a result, the most important failure in the production line has been identified.

Keywords: Fuzzy Multi Criteria Decision Making, Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Fuzzy WASPAS, Failure.

1. GİRİŞ

İşletmelerin temel amacı insan ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik mal ve hizmet üreterek karlarını maksimize etmektir. Mal üretimi yapan işletmeler için makinelerin kalitesi ve bakımı çok önemli bir konudur. Makinenin beklenmedik bir arızası üretim ve müşteri kaybına yol açar. Makinenin beklenmedik arızalarını önlemek için periyodik bir şekilde önleyici bakım uygulamaları yapılır. İşletmede oluşan arızaların önem derecelerini belirlemek, işletmenin herhangi iki arızayla karşılaştığında hangisine öncelik vermesi gerektiğini gösterir. Bir işletmenin makine arızalarına ilişkin performansı değerlendirilirken karar verme açısından birçok karar kriterinin eş zamanlı olarak değerlendirilmesi gerektirmektedir. Karar verme süreci, karar vericilerin değerlendirme yaparken dilsel değişkenleri kullanmaları nedeniyle karmaşık bir süreç haline dönüşebilir. Bu verilerden çıkarımda bulunurken, karar vericinin sezgilerine dayanan sübjektifliği yok etmede bulanık mantık yaklaşımını kullanmak oldukça uygundur (Doğanalp, 2016).

Arızaların önem sıralarını belirlemek için belli başlı kriterler belirlenir. Bunlar üretim kaybı, arıza sıklığı, bakım süresi ve üretim kapasitesidir. Birden fazla kriter ve birden fazla arıza türünün olduğu durumda bu karar problemi, çok kriterli karar verme problemi olarak ifade edilebilir. Arızanın önemini belirlemek için kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi gerekmektedir. Kriterlerin ağırlıkları Bulanık

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışmada kriterlerin ikili karşılaştırılmasında sözel ifadeler kullanılmıştır. Sözel ifadelerin belirsizliğini daha iyi ifade etmek için Bulanık AHP yöntemi tercih edilmiştir. Arızaların önemlerini belirlemek için Bulanık WASPAS yöntemi kullanılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatür incelendiğinde, Bulanık AHP ve Bulanık WASPAS ile ilgili çeşitli çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Daldır ve Tosun'un (2018) yapmış olduğu çalışmada farklı yeşil tedarikçilerin değerlendirilmesi ve seçimine ilişkin bulanık çok kriterli bir karar verme modeli sunulmuştur. Temel amaç, en uygun yeşil tedarikçi seçimi yapmaktır. En uygun yeşil tedarikçi seçimi için 12 kriter belirlenmiş ve 5 alternatif tedarikçi üzerinde uygulanmıştır. Kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemiyle belirlenmiş ve Bulanık WASPAS yöntemi ile en uygun yeşil tedarikçi seçimi yapılmıştır. Çakır, Akel ve Doğaner'in (2018) yapmış olduğu çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren özel alışveriş sitelerinin değerlendirilmesine ve sıralanmasına ilişkin çok kriterli karar verme modeli sunulmuştur. Temel amaç olarak tüketicilere en iyi sonucu veren özel alışveriş sitelerinin önerilmesi amaçlanmıştır. Tüketicinin önem verdiği 11 kriter belirlenmiş ve 4 alternatif internet alışveriş sitesi için uygulama gerçekleştirilmiştir. Kriterlerin ağırlıkları SWARA yöntemiyle belirlenmiş ve WASPAS yöntemiyle alternatifler sıralanmıştır. Ural, Demirel ve Özçalık'ın (2017) yapmış olduğu çalışmada Türkiye'de faaliyet gösteren 3 adet kamu sermayeli bankanın performansları, 2012-2016 dönemine ait temel finansal tablolarından sağlanan veriler ile incelenmiştir. Bu çalışmada, çok kriterli karar verme tekniklerinden Entropi ve WASPAS yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda en iyi performansa sahip kamu bankası belirlenmiştir. Adalı ve Işık'ın (2017) yapmış olduğu çalışmada tedarikçi seçim problemi ele alınmıştır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde Swara yöntemi kullanılmıştır. Daha sonra kriter ağırlıklarına göre en iyi tedarikçiyi seçmek için WASPAS yöntemi kullanılmıştır. Yurdoğlu ve Kundakçı'nın (2017) yapmış olduğu bu çalışmada Denizli ilinde bir tekstil işletmesinin bir departmanı için en uygun sunucunun seçilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada 7 farklı kriter belirlenmiş ve bunlar 5 farklı sunucu açısından değerlendirilmiştir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde Swara yöntemi kullanılmıştır. Alternatiflerin değerlendirilmesi için WASPAS yöntemi kullanılmış ve sunucu seçiminde en önemli kriter işlemci hızı olarak belirlenmiştir. Tayalı'nın (2017) yapmış olduğu çalışmada işletmelerin tedarikçi seçimini etkileyen kriterler belirlenmiştir. Karar alma sürecine çok kriterli karar alma süreciyle destek olunmaktadır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden WASPAS metodu kullanılmıştır. WASPAS metodu ile tedarikçiler karşılaştırılmış ve en etkin tedarikçi seçimi yapılmıştır. Özgörmüş, Mutlu ve Güner'in (2005) yapmış olduğu çalışmada bir işletmede çalışacak personelin seçimi problemi ele alınmıştır. Personel seçiminde, işletme için önemli olan kriterler belirlenerek, kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi kullanılarak bulunmuştur. Kriterlerin ve alternatiflerin değerlendirilmesinde, dilsel ifadelerin bulanık sayı karşılıkları kullanılmıştır. Tasarlanan sistemin sonuçları analiz edildiğinde bu yöntemin personel seçimine nicel bir çözüm getirerek karar vermede kolaylık sağladığı görülmüştür.

3. YÖNTEM

Klasik kümelerde, bir eleman ya kümenin elemanıdır ya da değildir. Matematiksel olarak ifade edildiğinde ise kümenin elemanı olduğunda (1) kümenin elemanı olmadığı zaman (0) değerini alır. Bulanık mantık klasik küme yaklaşımının genişletilmesidir. Karar verme süreci, karar vericilerin değerlendirme yaparken dilsel değişkenleri kullanmaları nedeniyle karmaşık bir süreç haline dönüşebilir. Bu verilerden çıkarımda bulunurken, karar vericinin sezgilerine dayanan sübjektifliği yok etmede bulanık mantık yaklaşımını kullanmak oldukça uygundur.

AHP metodu karar verme sürecinde ikili karşılaştırma yöntemiyle gerçek sayıları kullanarak sonuca ulaşmaktadır. Nitel faktörler karşılaştırılırken gerçek sayıların kullanılması karar verici için güçlük yaratmaktadır. Karar vericinin bu güçlüklerle karşı karşıya kalmaması için Bulanık AHP metodu geliştirilmiştir.

WASPAS yöntemi 2012 yılında Zavadskas ve arkadaşları tarafından önerilmiştir. Bu yöntem, ağırlıklı toplam modeli ve ağırlıklı ürün modellerinin kombinasyonu şeklinde geliştirilmiştir. WASPAS yeni bir metod olarak iki yöntemi bir arada kullanarak doğruluğa dayalı veya doğruluğunu teyit etmeye yönelik en uygun çok kriterli karar verme yöntemi olarak önerilmiştir. Bu yöntemdeki amaç sıralama doğruluğunu artırmaktır (Akçakanat vd., 2017).

4. UYGULAMA

Uygulama kapsamında, ilk olarak, makine arızalarının önem sıralarını belirlemede kullanılacak kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler, yapılan literatür araştırmaları ve uzman kişilerin görüşleri ile belirlenmiştir. Belirlenen kriterler üretim kaybı, arıza sıklığı, bakım süresi ve üretim kapasitesidir.

Seçilen kriterler ile iki uzman görüşüne başvurularak Bulanık AHP için kriterlerin birbirleri arasında karşılaştırılması istenmiştir. Yapılan ikili karşılaştırma sonuçları Tablo 1.'de iki uzmanın görüşleri birlikte olacak şekilde (KV-1, KV-2) gösterilmiştir. Bu tablo oluşturulurken Tablo 2.'de gösterilmiş olan dilsel değişkenler kullanılmıştır. Hesaplamalarda ise dilsel değerlerin bulanık karşılıklarına başvurulmuştur.

Tablo 1. Karar vericilerin belirlenen kriterleri ikili karşılaştırmaları

	Üretim Kaybı		Arıza Sıklığı		Bakım Süresi		Üretim Kapasitesi	
	KV-1	KV-2	KV-1	KV-2	KV-1	KV-2	KV-1	KV-2
Üretim kaybı	-	-	Önemli	Önemli	Eşit Önemli	Az önemli	Önemli	Önemli
Arıza Sıklığı	-	-	-	-	Önemli	Eşit önemli	Önemli	Eşit önemli
Bakım Süresi	-	-	-	-	-	-	Az önemli	Az önemli
Üretim Kapasitesi	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 2. Dilsel değerlerin Bulanık AHP için karşılıkları

Girilecek Değer	L Değeri	M Değeri	U Değeri	Değerin Sözel Karşılığı
4	3,5	4	4,5	Kesinlikle Daha Önemli
3	2,5	3	3,5	Daha Önemli
2	1,5	2	2,5	Önemli
0,667	0,666666667	1	1,5	Az Önemli
1	1	1	1	Eşit Öneme Sahip
0,5	0,4	0,5	0,666	Daha Az Önemli

Karar vericilerin görüşleri dikkate alınarak Microsoft Excel üzerinde Bulanık AHP yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. KV-1 ve KV-2 için ayrı ayrı hesaplanan ağırlıklar Tablo 3.'te yer almaktadır.

Tablo 3. KV-1 ve KV-2 için kriterlerin önem dereceleri

Kriter Sırası	Kriterlerin Önem Dereceleri	
Üretim Kaybı	0,520457159	0,438916253
Arıza Sıklığı	0,072885507	0,388833019
Bakım Süresi	0,258521854	0,11316334
Üretim Kapasitesi	0,14813548	0,059087389

Tablo 4.'te karar vericilerin ilgili kriterlere ilişkin görüşleri Bulanık AHP sonucuna göre verilmiştir. Tabloda yer alan kriterlerin bulanık ağırlıkları Turskis vd. (2015) tarafından önerildiği şekilde belirlenmiştir. Bu yönteme göre iki karar vericinin en küçük değeri l değerini verir. Karar vericilerin geometrik ortalaması m değerini verir. Karar vericilerin en büyük değeri ise u değerini verir.

Tablo 4. Karar vericilerden elde edilen değerler ve bulanık ağırlıkları

Karar Vericiler			W		
	KV-1	KV-2	l	m	U
Üretim Kaybı	0,52	0,438	0,438	0,47724	0,52
Arıza Sıklığı	0,072	0,388	0,072	0,16714	0,388
Bakım Süresi	0,258	0,113	0,113	0,17075	0,258
Üretim Kapasitesi	0,148	0,059	0,059	0,09345	0,148

Ardından uygulamanın yapıldığı üretim firmasında oluşan makine arızalarının kriterler açısından değerlendirmesi istenmiş ve sonuçlar Tablo 5.'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Arızaların Değerlendirme Sonuçları

	Üretim Kaybı	Arıza Sıklığı	Bakım Süresi	Üretim Kapasitesi
1.Hat Kaplama Dozaj Pompası	Kötü	Kötü	Kötü	Kötü
Ana Yağ Sirkülasyon Pompası	Çok iyi	Kötü	İyi	Orta
Ürün Çıkış Konveyörü	Orta	Orta	Orta	Orta
Mısır İrmik Besleme Caraskalı	Kötü	Orta	Orta	Kötü
Ana Elektrik Pompası	Çok iyi	Kötü	Orta	Çok iyi
1.Hat Paketleme Besleme Konveyörü	Orta	Orta	Orta	Orta
Kirli Hava Geri Dönüş Fanı	Biraz iyi	Biraz kötü	Biraz iyi	Biraz iyi
Hidrolik Kasa Devirme	Orta	Orta	Kötü	Biraz iyi
Ürün Kesme Bıçak Grubu	Çok iyi	Orta	Orta	Çok iyi
Brülör Yanma Fanı	İyi	Orta	Orta	Çok iyi
Hat Kontrol Paneli	Kötü	Kötü	Kötü	Kötü
Ürün Çıkış Konveyörü-2	Orta	Orta	Kötü	Orta

Dilsel değerlerin Bulanık WASPAS için üçgensel bulanık sayı karşılıkları Tablo 6.'da yer almaktadır.

Tablo 6. Dilsel değerlerin Bulanık WASPAS için karşılıkları

Çok Kötü	(0, 0, 0,2)
Kötü	(0,1, 0,2, 0,3)
Biraz Kötü	(0.2, 0,35, 0,5)
Orta	(0,4, 0,5, 0,6)
İyi	(0,5, 0,65, 0,8)
Biraz İyi	(0,7, 0,8, 0,9)
Çok İyi	(0,8, 1, 1)

Sonrasında ise başlangıç karar matrisi dilsel ifadelerin sayısal karşılıklarına göre oluşturulmuştur. Seçilen kriterin fayda veya maliyet kriteri olması durumuna göre başlangıç karar matrisi normalize edilmiştir. Ardından ağırlık toplam matrisi ve ağırlık çarpım matrisi hazırlanmıştır. Ağırlık toplam matrisi Tablo 7.'de ve ağırlık çarpım matrisi Tablo 8.'de yer almaktadır.

Tablo 7. Ağırlık Toplam Matrisi

		Üretim Kaybı	Arıza Sıklığı	Bakım Süresi	Üretim Kapasitesi	Toplam	Q_i
1.Hat Kaplama Dozaj Pompası	l	0,438	0,072	0,113	0,0059	0,6289	0,49586
	m	0,2385	0,0835	0,085	0,0186	0,4256	
	u	0,17333	0,12933	0,086	0,0444	0,43307	
Ana Yağ Sirkülasyon Pompası	l	0,05475	0,072	0,0226	0,0236	0,17295	0,2264
	m	0,0477	0,0835	0,02615	0,0465	0,20385	
	u	0,052	0,12933	0,03225	0,0888	0,30238	
Ürün Çıkış Konveyörü	l	0,1095	0,018	0,02825	0,0236	0,17935	0,37946
	m	0,0954	0,5	0,034	0,0465	0,6759	
	u	0,08667	0,06467	0,043	0,0888	0,28313	
Mısır İrmik Besleme Caraskalı	l	0,438	0,018	0,02825	0,0059	0,49015	0,38002
	m	0,2385	0,0334	0,034	0,0186	0,3245	
	u	0,17333	0,06467	0,043	0,0444	0,3254	
Ana Elektrik Pompası	l	0,05475	0,072	0,02825	0,0472	0,2022	0,27758
	m	0,0477	0,0835	0,034	0,093	0,2582	
	u	0,052	0,12933	0,043	0,148	0,37233	
1.Hat Paketleme Besleme Konveyörü	l	0,1095	0,018	0,02825	0,0236	0,17935	0,22393
	m	0,0954	0,0334	0,034	0,0465	0,2093	
	u	0,08667	0,06467	0,043	0,0888	0,28313	
Kirli Hava Geri Dönüş Fanı	l	0,06257	0,036	0,01614	0,0413	0,15601	0,21875
	m	0,05963	0,04771	0,02125	0,0744	0,20299	
	u	0,05778	0,0776	0,02867	0,1332	0,29724	
Hidrolik Kasa Devirme	l	0,1095	0,018	0,113	0,0413	0,2818	0,31351
	m	0,0954	0,0334	0,085	0,0744	0,2882	
	u	0,08667	0,06467	0,086	0,1332	0,37053	
Ürün Kesme Bıçak Grubu	l	0,05475	0,018	0,02825	0,0472	0,1482	0,22132
	m	0,0477	0,0334	0,034	0,093	0,2081	
	u	0,052	0,06467	0,043	0,148	0,30767	
Brülör Yanma Fanı	l	0,0876	0,018	0,02825	0,0472	0,18105	0,24517
	m	0,07339	0,0334	0,034	0,093	0,23379	
	u	0,065	0,06467	0,043	0,148	0,32067	
Hat Kontrol Paneli	l	0,438	0,072	0,113	0,0059	0,6289	0,49586
	m	0,2385	0,0835	0,085	0,0186	0,4256	
	u	0,17333	0,12933	0,086	0,0444	0,43307	
	l	0,1095	0,018	0,113	0,0236	0,2641	0,28351

Ürün Çıkış Konveyörü-2	m	0,0954	0,0334	0,085	0,0465	0,2603	
	u	0,08667	0,06467	0,086	0,0888	0,32613	

Tablo 8. Ağırlık Çarpım Matrisi

		Üretim Kaybı	Arıza Sıklığı	Bakım Süresi	Üretim Kapasitesi	Çarpım	P_i
1.Hat Kaplama Dozaj Pompası	l	1	1	1	0,71121	0,71121	0,55691
	m	0,71847	0,89069	0,88884	0,86099	0,48973	
	u	0,61805	0,92395	0,88325	0,93143	0,46979	
Ana Yağ Sirkülasyon Pompası	l	0,33915	1	0,66019	0,87318	0,19551	0,21886
	m	0,33343	0,89069	0,72745	0,93757	0,20255	
	u	0,36475	0,92395	0,79059	0,97031	0,25853	
Ürün Çıkış Konveyörü	l	0,48633	0,58398	0,69931	0,87318	0,17342	0,24805
	m	0,46408	0,76431	0,76063	0,93757	0,25296	
	u	0,45622	0,87897	0,81671	0,97031	0,31778	
Mısır İrmik Besleme Caraskalı	l	1	0,58398	0,69931	0,71121	0,29045	0,35444
	m	0,71847	0,76431	0,76063	0,86099	0,35963	
	u	0,61805	0,87897	0,81671	0,93143	0,41325	
Ana Elektrik Pompası	l	0,33915	1	0,69931	0,96751	0,22947	0,24353
	m	0,33343	0,89069	0,76063	1	0,22589	
	u	0,36475	0,92395	0,81671	1	0,27524	
1.Hat Paketleme Besleme Konveyörü	l	0,48633	0,58398	0,69931	0,87318	0,17342	0,24805
	m	0,46408	0,76431	0,76063	0,93757	0,25296	
	u	0,45622	0,87897	0,81671	0,97031	0,31778	
Kirli Hava Geri Dönüş Fanı	l	0,36354	0,76419	0,60529	0,94858	0,15951	0,21006
	m	0,37087	0,81122	0,70222	0,97946	0,20693	
	u	0,38198	0,89058	0,78014	0,9938	0,26375	
Hidrolik Kasa Devirme	l	0,48633	0,58398	1	0,94858	0,2694	0,31006
	m	0,46408	0,76431	0,88884	0,97946	0,3088	
	u	0,45622	0,87897	0,88325	0,9938	0,35199	
Ürün Kesme Bıçak Grubu	l	0,33915	0,58398	0,69931	0,96751	0,13401	0,19656
	m	0,33343	0,76431	0,76063	1	0,19384	
	u	0,36475	0,87897	0,81671	1	0,26184	
Brülör Yanma Fanı	l	0,43305	0,58398	0,69931	0,96751	0,17111	0,23263
	m	0,40949	0,76431	0,76063	1	0,23806	
	u	0,4022	0,87897	0,81671	1	0,28873	
	l	1	1	1	0,71121	0,71121	0,55691

Hat Kontrol Paneli	m	0,71847	0,89069	0,88884	0,86099	0,48973	
	u	0,61805	0,92395	0,88325	0,93143	0,46979	
Ürün Çıkış Konveyörü-2	l	0,48633	0,58398	1	0,87318	0,24799	0,29575
	m	0,46408	0,76431	0,88884	0,93757	0,29559	
	u	0,45622	0,87897	0,88325	0,97031	0,34367	

5. BULGULAR

Bu çalışmada, bir işletmenin bir üretim hattında son üç yılda oluşan makine arıza verileri dikkate alınmıştır. Bu kapsamda, toplam 42 arıza verisi çalışmanın örneklemini oluşturmaktadır. Bu arıza verileri incelenerek en büyük öneme sahip arıza tespit edilmiştir. Bunun için ilk olarak arızaların önem derecesini belirlemeye yarayan kriterler tespit edilmiş ve bu kriterlerin ağırlıkları Bulanık AHP yöntemiyle belirlenmiştir. Makine arızalarının değerlendirilmesinde belirlenen kriterler üretim kaybı, arıza sıklığı, bakım süresi ve üretim kapasitesidir. Mevcut hattaki arızaları önem sırasına göre sıralayabilmek için Bulanık WASPAS yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle makine arızaları için her kritere yönelik verilen dilsel ifadelerin bulanık karşılıklarıyla başlangıç karar matrisi oluşturulmuştur. Sonraki adımda kriterlerin birbiri üzerindeki etkileri dilsel ifade edilmiştir. Dilsel ifadelerin bulanık karşılıkları kullanılarak, Bulanık AHP yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış ve Bulanık WASPAS yöntemi ile arızalar önem seviyesine göre sıralanmıştır. Nihai sıralama Tablo 9.'da verilmiştir.

Tablo 9. Arızaların önem seviyesine göre nihai sıralaması

1.Hat Kaplama Dozaj Pompası	0,526751
Hat kontrol paneli	0,526751
Mısır İrmik Besleme Caraskalı	0,367075
Ürün Çıkış Konveyörü	0,312965
Hidrolik kasa devirme	0,311767
Ürün çıkış konveyörü-2	0,289704
Ana Elektrik Pompası	0,260351
Brülör yanma fanı	0,238824
1.Hat Paketleme besleme konv.	0,236135
Ana Yağ Sirkülasyon Pompası	0,222584
Kirli hava geri dönüş fanı	0,214354
Ürün kesme bıçak grubu	0,208794

6. SONUÇ

İşletme içinde oluşan makine arızalarından en önemlisinin belirlenmesi, sistemde iyileştirme yapmak istendiği zaman o arızaya yönelik bir iyileştirme yapılması gerektiğini, herhangi iki arızayla karşılaşıldığında da hangisinin seçilmesi gerektiğini gösterir. Bu çalışmada, 12 farklı makine arızası arasından en önemlisi Bulanık WASPAS yöntemiyle belirlenmiştir. Makine arızlarının önemini belirlemek için öncelikle kriterler belirlenmiş ve kriterlerin ağırlıkları Bulanık AHP yöntemiyle hesaplanmıştır. Değerlendirmelerde, bakım planlama alanında yetkin iki uzmanın görüşü alınmıştır. Problem, Bulanık AHP ve Bulanık WASPAS kullanılarak bir karar problemi olarak modellenmiş ve

çözümlenmiştir. Ele alınan hat için en önemli iki arızanın 1.hat kaplama dozaj pompası ve hat kontrol paneli arızaları olduğu görülmüştür.

KAYNAKÇA

Adalı, E. A., Işık, A. T., (2017). Bir Tedarikçi Seçim Problemi İçin SWARA ve WASPAS Yöntemlerine Dayanan Karar Verme Yaklaşımı. Internatıon Revıew Of Economics And Managemet, 5(4), 56-77.

Akçakanat, Ö., Eren, H., Aksoy, E., Ömürbek, V., (2017). Bankacılık Sektöründe ENTROPİ ve WASPAS Yöntemleri ile Performans Değerlendirmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 22(2), 285-300.

Çakır, E., Akel, G., Doğaner, M., (2018). Türkiye'de Faaliyet Gösteren Özel Alışveriş Sitelerinin Bütünleşik SWARA-WASPAS Yöntemi ile Değerlendirilmesi. International Journal of Economic and Administrative Studies, 18. EYİ Özel Sayısı, 599-616.

Daldır, I., Tosun, Ö., (2018). Bulanık WASPAS ile Yeşil Tedarikçi Seçimi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 23(4), 193-208.

Doğanalp, B., (2016). Bulanık Çok-Kriterli Karar Verme ile Öğretim Üyesi Değerleme Çalışması. Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 12(2), 498-517.

Özgörmüş, E., Mutlu, Ö., Güner, H., (2005). Bulanık AHP ile Personel Seçimi. V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 111-116.

Tayalı, H. A., (2017). Tedarikçi Seçiminde WASPAS Yöntemi. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 47, 368-380.

Turskis, Z., Zavadskas, E. K., Antucheviene, J., Kosareva, N. (2015). A Hybrid Model Based on Fuzzy AHP and Fuzzy WASPAS for Construction Site Selection. International Journal of Computers Communications & Control, 10(6), 113-128.

Ural, M., Demireli, E., Özçalık, S. G., (2018). Kamu Bankalarında Performans Analizi: ENTROPİ ve WASPAS Yöntemleri ile Bir Uygulama. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 31, 600-616.

Yurdoğlu, H., Kundakcı, N., (2017). SWARA ve WASPAS Yöntemleri ile Sunucu Seçimi. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 20(38), 253-269.

ÇAPAKÇUR VADİSİ (BİNGÖL)'NİN RUPİKOL BİTKİLERİ

Prof. Dr. Lütfi BEHÇET
Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü
Arş. Gör. Yakup YAPAR
Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

ÖZET
Bu çalışmada Çapakçur Vadisi'ndeki (Bingöl) kayalık alanlarda yayılışı olan bitkiler üzerinde durulmuştur. Çalışma sonucunda Çapakçur vadisindeki kayalık alanlarda yayılışı olan 31 familyaya ve 77 cinse ait 105 takson tespit edilmiştir. Bu taksonların 19'u endemiktir. Taksonların dahil olduğu ilk 10 familya Asteraceae (15), Brassicaceae (12), Lamiaceae (11), Caryophyllaceae (8), Apiaceae (5), Boragianaceae (5), Crassulaceae (5), Rosaceae (5), Rubiaceae (5) ve Polygonaceae (3) dir. Belirlenen 105 taksonun fitocoğrafik bölgelere dağılımı ise şu şekildedir; İran turan 58, Avrupa- Sibirya 3, Akdeniz 2 ve fitocoğrafik bölgesi olmayan veya bilinmeyen 42.

ABSTRACT
In this study, plants which are spread in rocky areas in Çapakçur Valley (Bingöl) are discussed. As a result of this study, 105 taxa belonging to 31 families and 77 genera have been identified in the rocky areas of Çapakçur Valley. Nineteen of these taxa are endemic. The first 10 families including taxa Asteraceae (15), Brassicaceae (12), Lamiaceae (11), Caryophyllaceae (8), Apiaceae (5), Boragianaceae (5), Crassulaceae (5), Rosaceae (5), Rubiaceae (5) and Polygonaceae (3). The distribution of 105 taxa determined in phytogeographical regions is as follows; Iran, 58, Euro-Siberian 3, Mediterranean 2 and phytogeographic region 42 or unknown.

1. GİRİŞ

Canlılar farklı alanlarda hayatta kalmalarına (yaşamaları ve büyümelerine) yardımcı olacak adaptasyonlara sahiptirler. Bu adaptasyonlar, bir bitki veya hayvanın belirli bir yerde veya habitatta yaşamasını kolaylaştıran spesifik özelliklerdir. Bitkiler çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilmektedir. Bu kriterler çoğunlukla anatomik-morfolojik ve moleküler benzerliklere dayanır. Fakat bu kriterler dışındaki çeşitli kriterler (hayat formu, yaşama süresi, beslenme özellikleri, su isteklerine göre, ortamın tuzluluk ve asiditesine dayanma veya bu özellikleri tölere etme düzeyine göre vs.) ile de bitkiler gruplandırılıp sınıflandırılabilmektedir.

Bu çalışmada Çapakçur Vadisi'ndeki (Bingöl) kayalık alanlarda yayılışı olan bitkiler üzerinde durulmuştur. Rupikol (**Rupicolous**) kelimesi, kayalık alanlarda gelişen - yetişen anlamına gelen bir terimdir (Şekil 1.). Rupikol bitkilere litofit (kaya yüzeyinde yaşayan bitkiler) ve **kazmofitler** (kaya çatlaklarında yaşayan bitkiler) dahildir (Şekil 2.). Burada bitkileri sınıflandırma kriteri olarak; yaşama ortamı ve bu ortamda bitkilerin su temin etme özelliği ön plandadır. Kök gelişimi ve ilerlemesi, tutunma ve su temin etme durumu dikkate alındığında bu gibi ortamlar bitki gelişimi için uygun olmayan ekstrem ekolojik habitatlardır. Bu gibi ortamlarda, belirli **kserofitik** adaptasyonlarla donatılmış bitkiler gelişip varlığını devam ettirebilirler (Öztürk ve Seçmen, 2004)

Bir bitkinin sahip olduğu bu adaptasyonlar belirli ortamlarda yaşamasını kolaylaştırırken; farklı bir yerde hayatta kalmasını çok zorlaştırabilir. İşte bu adaptasyon kabiliyet ve durumları, bazı bitkilerin neden belirli alanlarda bulunabildikleri halde diğer habitatlarda yaşayamadıklarının da sebebini açıklar.

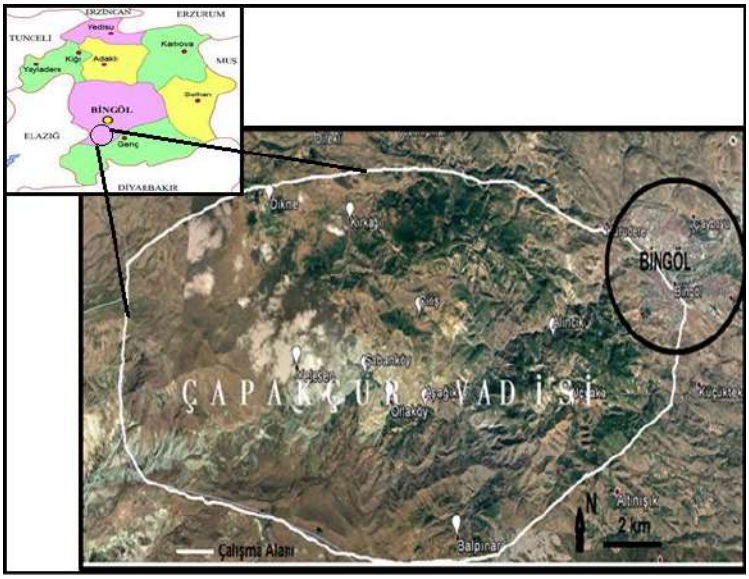
Mesela, Kuzey kutbunda yaşayan bir kaktüs türü göremeyiz. Ayrıca, kurak karakterli yükseklerdeki otlak-steplerde; çok sayıda yüksek ağaç görülmez.

Şekil 1. Çapakçur vadisi kayalık alandan bir görünüm

Kayalık yerlerdeki kaya blokları; parçalanmanın olmadığı veya bitki gelişimi için çok yetersiz ayrışmış toprak malzemesinin bulunabileceği, kuraklık etkisinin şiddetli olduğu habitatlardır. Bu habitatlar; toprak yetersizliği yanında bitkinin ihtiyaç duyduğu su tutma kapasitesi bakımından da çok fakirdirler. Ayrıca rüzgar etkisinin diğer yeryüzü kesimlerine göre daha fazla olduğu, sıcaklık değişimlerinin çok olduğu, çabuk ve aşırı ısınıp soğuyan özellikleri ile belli türlerin (litofit, kazmofit gibi kserofitler) dışındaki bitkilerin gelişmesi için pek uygun ortamlar değildirler. Az miktarda suyun bulunabildiği ortamlarda hayatta kalabilecek şekilde iyi adapte olmuş bitkilere kserofit denir (Öztürk ve Seçmen, 2004). Ancak taşınmanın aşırı olmadığı ve az miktarda da olsa toprak ve su tutabilen küçük parsellerde, toprak ve suya nispeten bağımlılığı az bazı bitki taksonları da gelişebilmektedirler. Kısacası bu tip ortamlarda gelişebilen bitkiler; aşırı su kaybıyla başa çıkabilen zor şartların bitkileridirler.

Şekil 2. Çalışma alanındaki kayalık alandan bir görüntü

Çapakçur vadisi Bingöl merkezinden başlayıp; Palu ve Kovancılar (Elazığ) ilçe sınırlarına kadar uzanmaktadır (Şekil 3.). Yükseklik 1150 metrelerden başlayıp 2400 metrelere kadar çıkmaktadır. Çapakçur vadisinin büyük bölümünde kayaçlar Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı volkanik tüf ve aglomeralardan oluşmaktadır. Söz konusu vadide volkanik yapılar dışında tortul kayaçlar da önemli alan kaplamaktadır (Avcı, 2015)



Şekil 3. Çalışama alanı haritası.

2. MATERYAL VE METOD

Araştırma materyalini 2018-2019 yılları arasında Çapakçur vadisindeki kayalık alanlardan toplan bitkiler oluşturmaktadır. Arazi çalışmalarımız esnasındaki gözlemlerimize dayanarak kayalık habitatlardaki taksonlar ortaya kondu. Kayalık alanlardan toplanan bitkiler başta Türkiye florası (Davis 1965-1981, 1988; Güner vd., 2000) olmak üzere komşu ülke floraları (Flora Iranica (Rechinger, 1965-1977), Flora Europaea (Tutin et al., 1964-1981), Flora of Iraq (Towsend and Guest 1960, 1985), Flora Palaestina (Zohary, 1966-1986), Flora of USSR (Komarov, 1933-1964)) ve türlerle ilgili (Behçet

vd. 2017, Behçet ve İlçim 2015) yapılan çalışmalar dikkate alınarak teşhis edilmiştir. Bu çalışmadaki floristik liste APG III (Haston, vd. 2009) sistemine göre harf sırasıyla yazılmıştır. Taksonların bilimsel isimleri, endemik olup olmadıkları, dahil oldukları fitocoğrafik bölge belirlenirken Türkiye Florası yanında (Davis 1965-1981, 1988; Güner vd., 2000) Türkiye Bitkileri Listesi kitabından da (Güner vd. 2012) faydalanılmıştır. Liste sunulurken endemik taksonlar END. kısaltması ile verilmiştir.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Kayalık alanlarda yayılış gösteren 105 takson tespit edilmiştir. Bu taksonlar;

1. AMARANTACEAE

1. ***Noaea mucronata*** (Forssk.) Asch. & Schweinf. subsp. ***mucronata***
2. ***Salsola boissieri*** Botsch. subsp. ***boissieri*** Ir.-Tur. Elm.

2. AMARYLLIDACEAE

3. ***Allium pseudoflavum*** Vved. Ir.-Tur. Elm.
4. ***A. trachycoleum*** Wendelbo

3. APIACEAE

5. ***Ferula orientalis*** L. Ir.-Tur. Elm.
6. ***Pimpinella tragium*** Vill. subsp. ***lithophila*** (Schisck.) Tutin
7. ***P. tragium*** Vill. subsp. ***polyclada*** (Boiss. & Heldr.) Tutin
8. ***Prangos pabularia*** Lindl. Ir.-Tur. Elm.
9. ***P. platychleana*** Boiss. subsp. ***platychleana*** END. Ir.-Tur. Elm.

4. ASPARAGACEAE

10. ***Hyacinthus orientalis*** L. subsp. ***chionophilus*** Wendelbo END. Ir.-Tur. Elm.
11. ***Puschkınia scilloides*** Adams Ir.-Tur. Elm.
12. ***Sicilla siberica*** Haw. subsp. **armena** (Grossh.) Mordak Ir.-Tur. Elm.

5. ASTERACEAE

13. ***Achillea vermicularis*** Trin. Ir.-Tur. Elm.
14. ***Centaurea bingoellensis*** Behçet & İlçim END.
15. ***C. urvillei*** DC. subsp. ***armata*** Wagenitz
16. ***Cota ceolopoda*** (Boiss.) Boiss. var. ***ceolopoda***
17. ***C. tinctoria*** (L.) J. Gay ex Guss. var ***discoidea*** (All.) Özbek & Vural
18. ***Helichrysum plicatum*** DC. subsp. ***plicatum***
19. ***Hieracium pannosum*** Boiss. E. Medt elm.
20. ***Lactuca orientalis*** (Boiss.) Boiss. Ir.-Tur. Elm.
21. ***L. scarioloides*** Boiss. Ir.-Tur. Elm.
22. ***Leontodon crispus*** Vill. subsp. ***asper*** (Waldst. & Kit.) Röhl var. ***asper***
23. ***Psephellus pyrrhoblepharus*** (Boiss.) Wagenitz END.
24. ***Scorzonera rigida*** DC. Ir.-Tur. Elm.
25. ***Tanacetum densum*** (Labill.) Sch. Bip. subsp. ***eginense*** Heywood END.
26. ***T. nitens*** (Boiss. & Noe) Grierson END.
27. ***Taraxacum montanum*** (C.A.Mey.) DC. Ir.-Tur. Elm.

6. BORAGINACEAE

28. ***Onosma alborosea*** Fisch. & C.A. Mey. subsp. ***alborosea*** var. ***alborosea***
29. ***O.sericea*** Willd. Ir.-Tur. Elm.
30. ***Paracaryum bingoellensis*** Behçet & İlçim END:
31. ***P. cristatum*** (Schreb.) Boiss. subsp. ***carduchorum*** R.R.Mill. Ir.-Tur. Elm.
32. ***Rindera caespitosa*** (A.DC.) Bunge END. Ir.-Tur. Elm.

7. BRASSICACEAE

33. ***Aethionema armenum*** Boiss. Ir.-Tur. Elm.
34. ***Alyssum sulphureum*** T.R.Dudlry& Hub.-Mor. Ir.-Tur. Elm.
35. ***Arabis alpina*** L. subsp. ***alpina***
36. ***Coluteocarpus vesicaria*** (L.) Holmboe subsp. ***vesicaria*** Ir.-Tur. Elm.
37. ***Draba bruniifolia*** Stev. subsp. ***bruniifolia***
38. ***Erysimum smyrnaeum*** Boiss. & Balansa
39. ***E. verrucosum*** Boiss. & Gaill. Ir.-Tur. Elm.
40. ***Heldreichia bupleurifolia*** Boiss. subsp. ***rotundifolia*** (Boiss.)Parolly var. ***rotundifolia*** END. Ir.-Tur. Elm.
41. ***Isatis candolleana*** Boiss. END. Ir.-Tur. Elm.
42. ***I. cappadocica*** Desv. subsp. ***macrocarpa*** (Jaub. & Spach) P.H.Davis Ir.-Tur. Elm.
43. ***I. takhtajanii*** V.E. Avet. Ir.-Tur. Elm.
44. ***I. tinctoria*** L. subsp. ***tomentella*** (Boiss.) P.H.Davis

8. CAMPANULACEAE

45. ***Campanula stricta*** L. var. ***stricta***

9. CARYOPHYLLACEAE

46. ***Dianthus floribundus*** DC. Ir.-Tur. Elm.
47. ***D. orientalis*** Adams
48. ***Minuartia juniperiana*** (L.) Maire & Petitm.
49. ***Paronychia cateonica*** Chaudhri END.
50. ***P. kurdica*** Boiss. subsp. ***kurdica*** var. ***kurdica***
51. ***Silene spergulifolia*** (Desf.) M.Bieb. Ir.-Tur. Elm.
52. ***Stellaria kotschyana*** Fenzl
53. ***Telephium oligospermum*** Steud. ex Boiss. Ir.-Tur. Elm.

10. CONVOLVULACEAE

54. ***Convolvulus carduchorum*** P.H.Davis END. Ir.-Tur. Elm.

11. CRASSULACEAE

55. ***Hylotelephium telephium*** (L.) H.Ohba Eu.-Sib. Elm.
56. ***Rosularia radiciflora*** (Steud. & Boiss.) Borissova Ir.-Tur. Elm.
57. ***R. sempervivum*** (M.Bieb.) A.Berger subsp. persica Ir.-Tur. Elm.
58. ***Sedum album*** L.
59. ***S. pallidum*** M.Bieb. Eu.-Sib. Elm.

12. CYSTOPTERIDACEAE

60. ***Cystopteris fragilis*** (L.) Bernh.

13. EUPHORBIACEAE

61. ***Euphorbia denticulata*** Lam. Ir.-Tur. Elm.
62. ***E. palustris*** L. Eu.-Sib. Elm.

14. FABACEAE

63. ***Astragalus asciocalyx*** Bunge Ir.-Tur. Elm.
64. ***A. muschianus*** Kotschy & Boiss. Ir.-Tur. Elm.

15. HYPERICACEAE

65. ***Hypericum armenum*** Jaub. & Spach subsp. ***armenum*** Ir.-Tur. Elm.

16. LAMIACEAE

66. ***Lamium garganicum*** L. subsp. ***striatum*** (Sm.) Hayek var. ***striatum*** Medit. Elm.
67. ***Nepeta baytopii*** Hedge & Lamond END. Ir.-Tur. Elm.
68. ***N. teucriifolia*** Willd. Ir.-Tur. Elm.
69. ***Origanum acutidens*** (Hand.-Mazz.) Iestw. END. Ir.-Tur. Elm.
70. ***Satureja boissieri*** Hausskn. ex Boiss. Ir.-Tur. Elm.
71. ***Stachys kurdica*** Boiss. & Hohen. var. kurdica Ir.-Tur. Elm.

72. ***S. megalodonta*** Hausskn. & Bornm. Ex P.H.Davis subsp. ***mardinensis*** R. Bhattacharjee END. Ir.-Tur. Elm.
73. ***Teucrium polium*** L. subsp. ***polium***
74. ***Ziziophora capitata*** L.
75. ***Z. clinopodoides*** Lam. Ir.-Tur. Elm.

17. LILIACEAE

76. ***Fritillaria pinardii*** Boiss. Ir.-Tur. Elm.
77. ***F. armena*** Boiss. END. Ir.-Tur. Elm.

18. LINACEAE

78. ***Linum triflorum*** P.H.Davis END. Ir.-Tur. Elm.

19. ONAGRACEAE

79. ***Epilobium angustifolium*** L.

20. OROBANCHECEAE

80. ***Orobanche kurdica*** Boiss. Hausskn. ex Boiss. Ir.-Tur. Elm.

21. PLANTAGINACEAE

81. ***Anarrhinum orientale*** Benth. Ir.-Tur. Elm.
82. ***Veronica orientalis*** Mill. ***orientalis***

22. POACEAE

83. ***Alopecurus textilis*** Boiss. subsp. ***textilis*** Ir.-Tur. Elm.
84. ***Sceale ciliatoglume*** (Boiss.) Grossh. Ir.-Tur. Elm.

23. POLYGONACEAE

85. ***Atraphaxis billardieri*** Jaub. & Spach var. ***billardieri*** Ir.-Tur. Elm.
86. ***Polygonum setosum*** Jacq. subsp. ***setosum*** Ir.-Tur. Elm.
87. ***Rumex scutatus*** L.

24. PULUMBAGINACEAE

88. ***Acantholimon acerosum*** (Willd.) Boiss. subsp. ***acerosum*** var. ***acerosum*** Ir.-Tur. Elm.
89. ***A. calvertii*** Boiss. var. ***calvertii*** END. Ir.-Tur. Elm.

25. PTERIDACEAE

90. ***Anogramma leptophylla*** (L.) Link

26. ROSACEAE

91. ***Cerasusu mahalep*** (L.) Mill. Var. ***mahalep***
92. ***Cotoneaster nummularius*** Fisch. &C.A.Mey.
93. ***Rosa boissieri*** Crep.
94. ***R. orientalis*** A.Dupont ex DC. Ir.-Tur. Elm.
95. ***Sorbus umbellata*** Fritsh

27. RUBIACEAE

96. ***Asperula glomerata*** (M.Bieb.) Griseb. subsp. ***condensata*** var. ***condensata*** Bornm.
97. ***A. stricta*** Boiss. subsp. ***latybracteata*** END. Ir.-Tur. Elm.
98. ***Curuciata taurica*** (Pall.ex Willd.)Ehrend. Ir.-Tur. Elm.
99. ***Galium incanum*** Sm. subsp. ***elatius*** (Boiss.) Ehrend. Ir.-Tur. Elm.
100. ***G. paschale*** Forssk. E. Medit. Elm.

28. SAXIFRAGACEAE

101. ***Saxifraga sibirica*** L.

29. SCROPHULARIACEAE

102. ***Scrophularia pulverulenta*** Bois. & Noe Ir.-Tur. Elm.
103. ***S. rimarum*** Bornm.

30. URTICACEAE

104. ***Parieteria judaica*** L

31. XANTHORRHOEACEAE

105. ***Eremurus spectabilis*** M.Bieb. Ir.-Tur. Elm.

Çalışma sonucunda Çapakçur vadisindeki kayalık alanlarda yayılışı olan 31 familya ve 77 cinse ait 105 takson tespit edilmiştir. Bu taksonların 19'u endemiktir. Kayalık alanlarda yayılışı olan endemik taksonlar şunlardır: ***Centaurea bingoellensis*** Behçet & İlçim, ***Psephellus pyrrhoblepharus*** (Boiss.) Wagenitz END., ***Tanacetum densum*** (Labill.) Sch. Bip. subsp. **eginense** Heywood, ***T. nitens*** (Boiss. & Noe) Grierson, ***Heldreichia bupleurifolia*** Boiss. subsp. ***rotundifolia*** (Boiss.)Parolly var. ***rotundifolia***, ***Isatis candolleana*** Boiss., ***Nepeta baytopii*** Hedge & Lamond, ***Origanum acutidens*** (Hand.-Mazz.) Iestw., ***Stachys megalodonta*** Hausskn. & Bornm. Ex P. H. Davis subsp. ***mardinensis*** R. Bhattacharjee, ***Paronychia cateonica*** Chaudhri, ***Prangos platychleana*** Boiss. subsp. ***platychleana***, ***Fritillaria armena*** Boiss., ***Hyacinthus orientalis*** L. subsp. ***chionophilus*** Wendelbo, ***Asperula stricta*** Boiss. subsp. ***latybracteata***, ***Paracaryum bingoelianum*** Behçet & İlçim, ***Rindera caespitosa*** (A.DC.) Bunge, ***Acantolimon calvertii*** Boiss. var. ***calvertii***, ***Convolvulus carduchorum*** P.H.Davis END., ***Linum triflorum*** P.H.Davis.

Bu çalışmada en fazla taksona sahip ilk 10 familya sırası şu şekildedir; Asteraceae (15), Brassicaceae (12), Lamiaceae (11), Caryophyllaceae (8), Apiaceae (5), Boragianaceae (5), Crassulaceae (5), Rosaceae (5), Rubiaceae (5) ve Polygonaceae (3).

Belirlenen 105 taksonun fitocoğrafik bölgelere dağılımı ise şöyledir; İran turan 58, Avrupa- Sibirya 3, Akdeniz 2 ve fitocoğrafik bölgesi olmayan veya bilinmeyen 42.

Sonuç olarak bu çalışma ile Çapakçur vadisi kayalık bitkileri belirlendi. Kayalık alanlarla ilgili yapılacak olan çalışmalar ve peyzaj çalışmalarında (kaya bahçeleri oluşturmak) araştırmacılara kaynak sağlanmış oldu.

Teşekkür: Bu çalışma Bingöl Üniversitesi Bölgesel Kalkınma Odaklı Misyon Farklılaşması ve İhtisaslaşması Projesi (Tarım ve Havza Bazlı Kalkınma Alanında) tarafından (Proje no: **PİKOM-Bitki.2018.007**) desteklenmiştir.

Kayalık alanlarda yayılış gösteren bazı bitkilerin resimleri

Arabis alpina L. subsp. ***alpina***

Pimpinella tragium subsp. ***lithophila***

Onosma alborosea subsp. ***alborosea*** var. ***alborosea***

Origanum acutidens

Hieracium pannosum

Tanacetum densum subsp. **eginense**

KAYNAKLAR

Avcı, V (2015). Bingöl Çayı Havzası'nın (Bingöl) Heyelan Duyarlılık Analizi. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 25:2, 1-26

Behçet, L., & İlçim, A. (2015). *Paracaryum bingoelianum* (Boraginaceae), a new species from Turkey. Turkish Journal of Botany, 39, 334-340. https://doi:10.3906/bot-1309-58.

Behçet, L., İlçim, A., & Yapar, Y. (2017). *Centaurea bingoelensis* (Asteraceae), a new species from Turkey. Turkish Journal of Botany, 41, 180-188. https://doi:10.3906/bot-1512-14.

Davis, P.H., (ed.). (1965-1985). Flora of Turkey and the east aegean islands. Vol. 1-9, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.

Davis, P.H., Mill, R.R., Tan, K., (eds.). (1988). Flora of Turkey and the east aegean islands, Vol.10, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.

Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Başer, K.H.C. (eds). (2000). Flora of Turkey and the east aegean islands, Vol. 11, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.

Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, MT., (edlr.).(2012). Türkiye bitkileri listesi (Damarlı bitkiler), Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.

Haston, E., Richardson, J.E., Stevens, P.F., Chase, M.W. ve Harris, D.J. (2009). The linear angiosperm phylogeny group (LAPG) III: A linear sequence of the families in APG III. Botanical Journal of Linnean Society 161: 128- 131.

Komarov, V.L., (ed.). (1933-1964). Flora of the USSR. (English translation), Vol. 1-30, Moscow and Leningrad: Akademiya Nauk SSSR.

Öztürk, M. A., Seçmen, Ö. (2004). Bitki Ekolojisi IV bakı. Ege Üniv. Basımevi, İzmir, 238 p.
Towsend, C.C., Guest, E. (1960-1985). Flora of Iraq. Vol. 1;2;4-6;8;9", Ministry of Agriculture Repplic of Iraq. Baghdad.

Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.B. (1964-1981). Flora Europaea, Vol. 1-5, Unv. Press, Cambridge.

Zohary, M. (1971). Geobotanical foundations of the Middle East., Vol. 1-2: Gustav Fischer Verlag, Amsterdam.

Zohary, M. (1966-1986). Flora Palaestina, Vol. 1-4., Jerusalem Academic Press. Israel.

KAYIP ENDEMİK *MICROMERIA CYMULIGERA* TÜRÜNÜN BİNGÖL'DEN YENİDEN KEŞFİ

Prof. Dr. Lütfi BEHÇET
Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü
Arş. Gör. Yakup YAPAR
Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

ÖZET
Bu çalışmada endemik *Micromeria cymuligera*'nın yeniden keşfi sunulmuştur. Bu tür İlk olarak 1865'te Haussknecht tarafından Kahramanmaraş'tan (Berit dağı) toplanmış ve Boissier ve Haussknecht tarafından 1879'da tanımlanmıştır. Fakat 2011 yılına kadar tip lokalitesi de dahil hiçbir alandan toplanamamıştır. 2018 yılında bu türe ait bir popülasyon Bingöl'den keşfedilmiştir. Türe ait fotoğraflar, popülasyon durumu, ekolojisi, koruma statüsü ve ayrıntılı tanımı verilmiştir.

Anahtar kelimeler: koruma statüsü, endemik, Bingöl

ABSTRACT
In this study, rediscovery of endemic Micromeria cymuligera is presented. This species was first collected from Kahramanmaraş (Berit Mountain) by Haussknecht in 1865 and described by Boissier and Haussknecht in 1879. However, until 2011, it could not be collected from any area including type locality. In 2018, a population of this species was discovered from Bingöl. Photographs of the species, population status, ecology, conservation status and detailed description are given.

Key words: conservation status, endemic, Bingöl

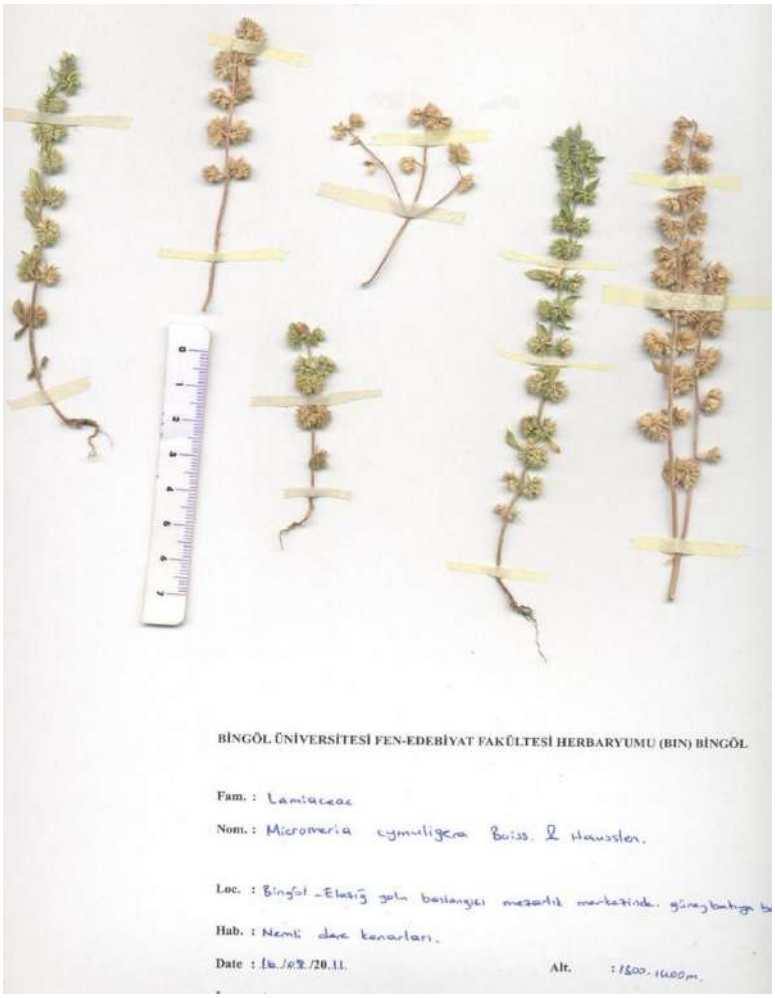
1. GİRİŞ

Micromeria Benth. (1829: 1282) cinsi dünyada yaklaşık 70, Türkiye'de ise 9 tür (14 takson, 9 'u endemik) ile temsil edilir (Duman and Dirmenci 2017). Bu cins Macaronesian Akdeniz bölgesinden Güney Afrikaya kadar ve Hindistan ve Cin'de yayılış gösterir (Brauchler et al. 2008).

Türkiye'ye endemik olan tip lokalitesinden (Kahramanmaraş-Berit dağı) toplandığı tarih olan 1965 yılından sonra tekrar toplanamayan *Micromeria cymuligera* Boiss. & Hausskn. türünün Bingöl'den 153 yıl sonra yeniden keşfedilmiştir. Bu tür ilk defa yukarıda belirtilen lokaliteden C. Haussknecht tarafından toplanmış ve 1879 yılında P. E. E. Boissier ve C. Haussknecht tarafından yeni bir tür olarak tanımlanmıştır. Türkiye endemiği olan bu tür; Türkiye'deki *Micromeria* cinsi ile ilgili yapılan revizyon çalışması yapılırken incelenmek için Türkiye'nin hiçbir herbaryumunda örneği bulunmadığı ve araziden de toplanamadığı (defalarca tip örneğinin toplandığı araziye gidilmesine rağmen bulunamamıştır) için çalışmayı yapanlar; çok sınırlı sayıda örneğin bulunduğu Cenevre ve Viyana'ya giderek oralardaki herbaryumlarda (G ve W) bu türün örneklerini inceleyebildiklerini rapor etmişlerdir (Arabacı et al. 2010).

Yayılışı sadece Türkiye'de olan Bu türün Türkiye'deki hiçbir herbaryumda bulunmayışı ilginç bir durumdur. Türkiye'de bu türün dahil olduğu cinsin revizyonunu yapan araştırmacılar tip lokalitesinde ve Türkiye'nin hiçbir lokalitesinde bulamadıkları bu türü; 2012 yılında yayımlanan Türkiye bitkileri listesi kitabında bu tür türkçe ismi olarak **kayıp boğumcuk** adını vermişlerdir (Dirmenci 2012).

Bingöl'de 2011 yılında yapılan floristik çalışma esnasında bu türe ait 6 örnek toplanmıştır (Şekil 1.). Daha sonra *M. cymuligera*'nin toplandığı Bingöl'deki bu lokalitede 7 yıl boyunca yapılan arazi taramalarında herhangi bir örneği bulunamamıştır. 6 örneğin toplandığı alanda 2011 yılından sonra inşa edilen taş ocağının faaliyeti sonucu habitatının zarar görmesinin de etkisi ile bu bitkinin tekrar toplanması mümkün olmamıştır (Şekil 2.). 2018 yılında Bingöl'ün Çapakçur vadisi florasını belirleme ile ilgili proje kapsamında yapılan arazi çalışmasında Alıncak köyü güneyindeki meşe ormanında *M.cymuligera*'ya ait zengin bir popülasyon bulunmuştur (Şekil 2.). 2019 yılında söz konusu zengin popülasyonun tespit edildiği alanda bu türün varlığını devam ettirip ettirmediği konusunda yapılan kontrollerde; belirlenen aynı alanda bu türün varlığını devam ettirdiği tarafımızdan tespit edilmiştir. Sonuçta bu az bilinen türün deskripsiyonu yeniden gözden geçirilmiş, popülasyon durumu, ekolojisi hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Tohum yüzeyi ve polen özellikleri elektron mikroskobu ile incelenmiştir.



Şekil 1. 2011 yılında *Micromeria cymuligera*'nın (6 örnek) Bingöl'den toplanan örnekleri

2. MATERYAL VE METOD

M. cymuligera'nın 2011 ve 2018 yıllarında toplanan taze ve kurtulmuş herbaryum örneklerinden morfolojik çalışmaları yapılmış ve tanımı hazırlanmıştır (Davis 1982). *M. cymuligera*'nın koruma durumunun değerlendirilmesi IUCN (2017) kriterlerine göre yapıldı.

Palinolojik incelemeler hem ışık mikroskobu hem de taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapıldı. Işık mikroskobu incelemeleri için Wodehouse tekniği (1935) kullanılarak polenler hazırlanmıştır. Ölçümlerin ortalamaları ve standart sapmaları (polar eksen (P), ekvator eksen (E), kolpus uzunluğu

(Clg), kolpus genişliği (Clt), exin kalınlığı ve intin kalınlığı) ışık mikroskobu kullanılarak hesaplandı. Ölçümler en az 30 polen tanesinden alınmıştır. Polen terminolojisi Faegri and Iversen (1975) ve Punt et al. (2007) 'un çalışmaları kullanılarak belirlendi. Polenlerin ve tohumların fotoğrafları (Şekil 4.) SEM (Jeol JSM − 6510) ile alınmıştır. *M. cymuligera*'ya ait örnekler Bingöl Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Herbaryumunda (BIN) saklandı.

Şekil 2. (A) *M. cymuligera*'nın 2011 yılında toplandığı alanda kurulmuş taş ocağı, (B) örneklerin toplandığı tahrip edilmiş habitatın görüntüsü.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

3.1. Taksonomik değerlendirme

Micromeria cymuligera Boiss. & Hausskn., in Boiss. (1879 p. 569) Type: Turkey C6 Maraş in glareosis torrentium ad radices montis Berytdagh (Berit Da.) Cataoniae, 915 m, 16 Aug 1865, Haussknecht (holotype G; isotype W). S. (AntiTaurus) & S.E. Anatolia.

3. 1. 1. Türün tanımı

Yıllık, 2−25 cm boyunda. Gövde basit yada tabana yakın kısmında dallanmış, yoğun aşağıya dönmüş puberulent tüylü. Yapraklar saplı, ovate−elliptic, ucu akut, düz (bazen taban yapraklarda çok az kıvrık), salgı tüylü, ayrıca ± yoğun kısa tüyler ile beraber seyrek uzun tüyler de bulunmaktadır. En alt yapraklar 1.5−12 × 1.5−6.0 mm boyutlarında, yaprak sapı 1.0−3.8 mm uzunluğunda, orta yapraklar 3−12 × 1.5−6.0 mm ebadında, yaprak sapı 1−2 mm uzunluğundadır. Verticillatlar 1−13 adet, nispeten bir birine mesafeli ve floral yaprakların 3/4−1/2'si kadar uzun, 2−20-çiçekli, kimozlar subumbellat yapıda, pedunkul uzunluğu 1.2−5.0 mm, aşağı dönmüş puberulent tüylü. Brakteol 3.0−4.5 × 0.2−1.5 mm boyutlarında, pedisellat kaliksler kadaruzun, ovattan lineara kadar değişir (bazen setaceous) şekillerde, uçta uzun-acuminat, siliat, her iki yüzeyi kısa tüylü ayrıca salgı tüylü ve seyrek hispit tüylü. Kaliks subbilabiate, 2.3−4.0 mm boyunda, dişleri iğnemsi, 1.0−1.7 mm boyunda, yukarıya doğru kıvrık, uzun-siliat, tüpten kısa, saplı ve sapsız salgı tüylü ayrıca seyrek basit(salgısız) tüylü. Korolla 2.2−3.5 mm uzunluğunda, resupinat, rengi maviden mavimsi-mor veya pembemsi-mor. a kadar değişir. Anterler 0.25−0.30 × 0.01−0.02 mm boyutlarında, nokta şeklinde konnektifli. Nutlets ±yuvarlak-yumurtamsı, 0.5−0.6 × 0.4−0.5 mm, rengi kahverengi, yüzeyi ağsı.

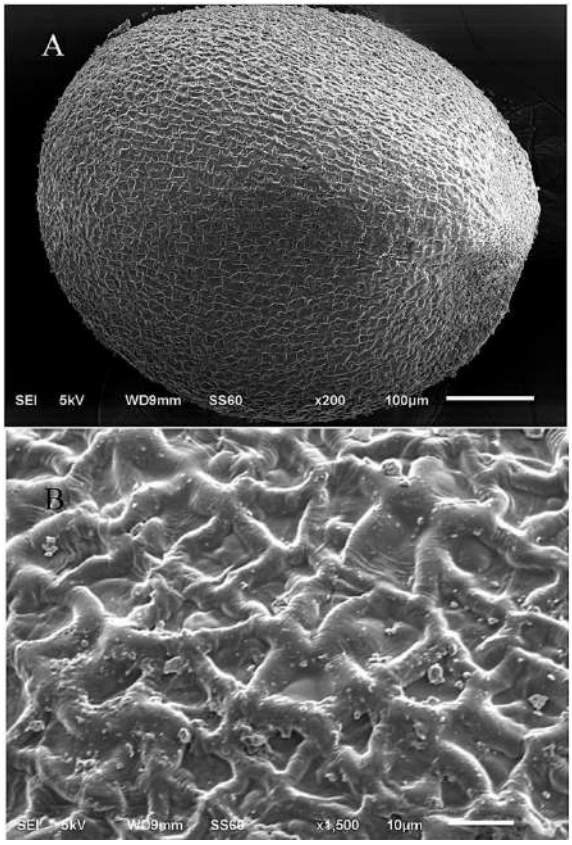
Şekil 3. *Micromeria cymuligera*'nın habitatından bir görünüm (A) Bütün haldeki bitkinin görünümü (habit,(B) vertisillatlar, çiçekler ve brakteoller (C) orta yapraklar

3. 2. Habitat ve ekoloji

M. cymuligera'nın yaşam alanındaki (Bingöl) hakim toprak grubu, meşe toplulukları altında gelişen kireçsiz kahverengi orman toprağıdır. İklim, geçiş bölgesi özelliği gösterir (Doğu Anadolu iklimi ile ılık Akdeniz iklimi). Meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilerin Emberger'in (1955) yağış sıcaklık emsaline dayanarak değerlendirilmesi ile bölgede, bioiklimsel olarak az yağışlı, kışı çok soğuk Akdeniz iklimi etkisi söz konusudur. Bölgenin doğal bitki örtüsü meşe ormanlarıdır. Bu örtüde dominantlığı *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. subsp. *pinnatiloba* (K. Koch) Menitsky oluşturur. Bu taksona *Q. libani* Oliv., *Cotoneaster nummularius* Fisch & C. A. Mey., *Cerasus mahaleb* (L.) Mill. var. *mahaleb* ve *Sorbus umbellata* (Desf.) Fritsch var. *taurica* (Zinserl.) Gabrieljan gibi odunsu taksonlar eşlik eder.

2011 yılında *M. cymuligera*'nın toplandığı lokalitede (dere kenarı boyunca) gelişen diğer önemli bitkiler şunlardır: *Cerastium pumilum* Curtis, *Conyza canadensis* (L.) Cronquist, *Cyperus fuscus* L., *Euphorbia falcata* L. subsp. *falcata* var. *falcata*, *Isolepis setacea* (L.) R.Br., *Juncus bufonius* L., *Polypogon monspeliensis* (L.) Desf., *Polygonum aviculare* L., *Psychrogeton nigromontanus* (Boiss. & Buhse) Grierson, *Pulicaria dysenterica* (L.) Gaertn., *Sagina procumbens* L. 2018 yılında toplanılan ikinci loklite ise meşe ormanlarıyla kaplı bir yamaç ve eşlik eden taksonlar ise şunlardır: *Cyperus*

michelianus (L.) Delile, *Epilobium anatolicum* Hausskn. subsp. *anatolicum*, *Epilobium obscurum* (Schreb.) Schreb., *Juncus bufonius* L., *Lythrum thymifolia* L., *Minuartia mesogitana* (Boiss.) Hand.-Mazz. and *Veronica anagalloides* Guss.



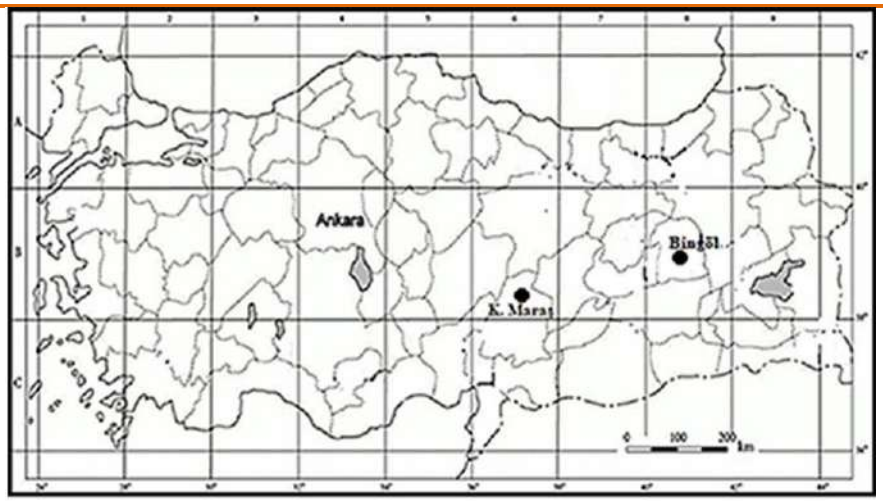
Şekil 4. *Micromeria cymuligera* nutletlerinin SEM görüntüleri, (LY15835) (A) genel görünüm, (B) meyve yüzeyi.

3. 3. Yayılışı

Türkiye'ye endemik olmasına rağmen Türkiye'deki hiçbir herbaryumda örneği bulunmayan bu tür (*M. cymuligera*) tabiattan da tanımlandığı dönemden beri toplanamamıştır (Arabacı et al. 2010). Ancak 2011 yılında 6 örneğinin toplandığı Bingöl'deki sahada taş ocağı faaliyetleri sonucu habitat tahrip edilmiştir ve bu alanda 7 yıl boyunca aranmasına rağmen bu tür bulunamamıştır. Dolayısı ile; *M. cymuligera* bu gün için Bingöl İl merkezinin 5 km güney-batısından tek bir lokaliteden (2018 yılında toplanılan alan) bilinmektedir. Türün yayılış alanının ekolojik özellikleri dikkate alındığında, İran-Turan elementi olarak değerlendirilebilir (Şekil 5).

3. 4. Fenoloji

Çiçeklenme dönemi; Haziran-Ağustos



Şekil 5. *Mikromeria cymuligera* türünün yayılış haritası

3. 5. Koruma statüsü

Ekim ve arkadaşlarının çalışmasında (2000) *Micromeria cymuligera* için VU sınıfında (Hassas) olduğu belirtilmektedir. Fakat *M. cymuligera*'nın yayılış gösterdiği ve potansiyel olarak bulunabileceği yerlerde yıllarca yapılan saha çalışması sırasında bulunamadığı göz önüne alındığında (Arabacı ve ark. 2010), bu değerlendirme bugün gerçekçi olmaz. Hali hazırda bu türün tabiatta yayılışının olduğu-bilindiği tek yer Bingöl'dür. Yaşam alanının 1 km^2'den az olması ve yetişkin birey sayısının da 250'den az (yaklaşık 200) olduğu; ayrıca alanın eğim ve aşırı yağış nedeniyle erozyona uğraması (Bingöl'de yıllık ortalama yağış 950 mm civarındadır) gibi bu bitki için olumsuz durumlar dikkate alındığında; bu türün tehlike sınıfı olarak **kritik düzeyde tehlikede** [**CR B2ab (i, ii, iii**)] olduğu şeklindeki değerlendirme daha doğru olacaktır (IUCN Standards and Petitions Subcommittee 2017).

3. 6. Taksonomik notlar

M. cymuligera türü, *Micromeria* cinsi içinde izole olmuş bir türdür. Tek yıllık oluşu, ovat-akuminat brakteol yapısı, resupinat korollası, anter özellikleri ve ekolojik habitat (orman açıkları- orman sahası) tercihleri ile diğer *Micromeria* türlerinden ayrılır (Bräuchler ve ark. 2005, 2008). Genel görünüşü, yapraksı braktesi, kaliks loblarının siliat oluşu, korolla yapısı ve ekolojik istekleri (*Micromeria* cinsinin diğer üyeleri genellikle kurak ortamlarda yayılış gösterirken *M. cymuligera: Mentha* türlerinde olduğu gibi nemli alanları tercih etmektedir) ile *Mentha pulegium*'a benzemektedir. Sonuçta bu türün sistematik pozisyonunun tam olarak ortaya konması ancak detaylı sistematik ve moleküler çalışmalarla belirlenebilir (Bräuchler et al. 2008, 2010, Arabacı et al. 2010).

3. 7. Palinoloji

Micromeria cymuligera'nın polen taneleri 6-zonocolpate ve isopolar dır. polar eksen (P) 22.57 ± 1.97 µm ekvatoral eksen (E) 26.49 ± 2.49 µm; P/E oranı 0.84, ve polen şekli suboblate. Kolpus uzunluğu (Clg) 18.69 ± 195 µm, genişliği (Clt) 2.85 ± 0.81 µm, exin 0.97 ± 0.19 µm, ve intin 0.58 ± 0.09 µm. Polen yüzeyi ağsı görünümdedir.

Teşekkür: Bu çalışma Bingöl Üniversitesi Bölgesel Kalkınma Odaklı Misyon Farklılaşması ve İhtisaslaşması Projesi (Tarım ve Havza Bazlı Kalkınma Alanında) tarafından (Proje no: **PİKOM-Bitki.2018.007**) desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

Arabacı T., Dirmenci T., Celep F. (2010). Morphological character analysis in Turkish Micromeria Benth. (Lamiaceae) species with a numerical taxonomic study. – Turk. J. Bot. 34: 379–389.

Bentham, G. (1829). Micromeria. – Bot. Reg. 15: 1282.

Boissier, E. (1879). Flora Orientalis, Vol. 4. – Basel & Genève, p. 568.

Boissier, E. (1879). Flora Orientalis, Vol. 4. – Basel & Genève, p. 569.

Bräuchler, C., Meimberg, H., Abele, T., Heubl, G. (2005). Polyphyly of the genus Micromeria Benth. (Lamiaceae) evidence from cpDNA sequence data. – Taxon 54: 639–650.

Bräuchler, C., Ryding, O., Heubl, G. (2008). The genus Micromeria (Lamiaceae), a synoptical update. –Willdenowia 38: 363–410.

Bräuchler, C., Meimberg, H., Heubl, G. (2010). Molecular phylogeny of Menthinae (Lamiaceae, Nepetoideae, Mentheae) taxonomy, biogeography and conflicts. – Mol. Phylogenet. Evol. 55: 501–523.

Davis, P. H. (1982). Micromeria Bentham. – In: Davis, P. H. (ed.), Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Vol. 7. Edinburgh Univ. Press, pp. 335–349.

Dirmenci, T. (2012). Micromeria Benth. – In: Güner, A. et al. (eds), Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul, pp. 562–564.

Duman, H., Dirmenci, T. (2017). A new species of Micromeria (Lamiaceae) from Köyceğiz (Muğla, southwest of Turkey). – Turk. J. Bot. 41: 383–391.

Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z., Adıgüzel, N. (2000). Red Data Book of Turkish plants (Pteridophyta and Spermatophyta). − Turk. Assoc. Conserv. Nat., Ankara.

Emberger, L. (1955). Une classification biogeographiques des climats. Recueil des travaux des laboratories de botanique, geologie et zoologie de la Faculté des sciences de l'université de Montpellier. – Serie Bot. 7: 3–43.

Faegri, K., Iversen, J. (1975). Textbook of pollen analysis. – Alden Press.

IUCN Standards and Petitions Subcommittee 2017. Guidelines for Using the IUCN Red List categories and criteria. Ver. 13. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee.

Punt, W., Hoen, P. P., Blackmore, S., Nilsson, S., Le Thomas, A. (2007). Glossary of pollen and spore terminology. – Rev. Palaeobot. Palyno. 143: 1–81.

Wodehouse, R. R. (1935). Pollen grains. – McGraw-Hill.

KAYISI ÜRETİMİNDE ÖNDE GELEN İLLERİN 2019-2025 ÜRETİM TAHMİNLERİ

APRICOT PRODUCTION FORECASTS OF THE LEADING PROVINCES IN 2019-2025 PERIODS

Tuba KARABACAK

(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü

Doç. Dr. Ahmet Semih UZUNDUMLU

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü

ÖZET

Sağlık açısından tüketilmesi oldukça önemli olan kayısının yaş ve kuru olmak üzere iki şekilde üretimi yapılmaktadır. Üretim miktarı açısından dünyada önde gelen ülkelerden biri olan Türkiye ihracat noktasında da büyük bir paya sahiptir. Dünya kuru kayısı ihracatında birinci sırada yer alan Türkiye 2018 yılı ihracat verilerine göre %36,2'lik kısmını ABD, Fransa, Rusya Federasyonu, Almanya ve Birleşik Krallığın yer aldığı altı ülkeye, taze kayısı ihracatının %74'lük kısmını Rusya Federasyonu ve Irak'a gerçekleştirmiştir. 1991 yılında Türkiye'de kayısı üretimi 276.000 ton iken bu miktar 2018 yılı itibariyle 750.000 tona ulaşmıştır. Üretim miktarında büyük paya sahip illerin başında Malatya gelmektedir. Malatya dünya kuru kayısı ihracatında %85'lik bir paya sahip olup ABD, Fransa, Almanya gibi ülkeler başta olmak üzere birçok ülkeye kuru kayısı ihracatı gerçekleştirmektedir. Malatya ili kayısı üretim ve ihracatta önemli bir yere sahip olmakla birlikte sofralık tüketimde diğer illerin üretim ve ihracatı da ekonomiye yön vermektedir. Mersin, Elazığ, Kahramanmaraş, Iğdır, Hatay, Antalya, Isparta, Kayseri ve Sivas illeri de kayısı üretimi miktarı açısından önemli bir yere sahiptir. Bu çalışma ile kayısı üretim miktarında önde gelen illerin 1991-2018 yıllarında gerçekleştirmiş oldukları üretim miktarları temel alınarak 2019-2025 yılları üretim miktarlarının tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada illerin 28 yıllık kayısı üretim miktarları için Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri kullanılmıştır. Tahminleri gerçekleştirmek için ARIMA modellerinden yararlanılarak en uygun modeli belirlemek için AIC, BIC, SSE, MSE, MPE kriterlerine başvurulmuştur. Verilerin analizi SAS 9.4 istatistik programı aracılığıyla yapılarak analiz sonucunda kayısı ihracatında önemli bir paya sahip olan Malatya ve diğer dokuz ilin mevcut kayısı üretimini artırmak ve üretimde sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla önerilerde bulunulmuştur.
Anahtar Kelimeler: ARIMA Modeli, Kayısı, Malatya, Türkiye

ABSTRACT

Apricot which is very important to be consumed in terms of health is produced in two ways as fresh and dried. Turkey is a leading countries for production quantity and export. Turkey which also ranks first at the export of dried apricot in the world, is made export according to 2018 export data; 36.2% of dried apricot export were made to six countries including USA, France, Russian Federation, Germany, and The United Kingdom, and also 74% of fresh apricot export has been made to Russian Federation and Iraq. In 1991, while apricot production was 276,000 tons in Turkey, this amount reached 750,000 tons in 2018. Malatya is the leading province with the largest share in the apricot production quantity. Malatya exports dried apricots to 122 countries, the USA, France and Germany, respectively, with a share of 85% in the world dried apricot exports. Malatya province, in addition to having an important place in the production and export of apricot it also contributes indirectly to export and fresh consumption of other provinces. Also Mersin, Elazığ, Kahramanmaraş, Iğdır, Bursa, Antalya, Isparta,

Kayseri and Sivas provinces have importance in terms of the amount of the apricot production in Turkey. This study aims to estimate the apricot production amounts of 2019-2025 by considering the production amounts realized by the leading provinces in apricot production in 1991-2018. Turkey Statistical Institute (TURKSTAT) data is used for 28 years production quantity of these provinces in this study. The ARIMA model was used to making the predictions and in determining the most appropriate model were used to AIC, BIC, SSE, MSE, MPE criteria. The data was analyzed using SAS 9.4 statistical program. As a result of analysis, suggestions were made in order to increase the production and ensure sustainability in the production of the existing apricots of Malatya and nine other provinces which have an important share in apricot exports.
Keywords: ARIMA Model, Apricot, Malatya, Turkey

GİRİŞ

Tür itibariyle kayısı; besin maddelerince zengin, humuslu, derin ve geçirgen toprakları seven bir meyvedir. Köken itibariyle Türkistan, Orta Asya ve Çin'i kapsayan oldukça geniş bir coğrafyaya sahip olan kayısı en fazla Akdeniz'e yakın olan ülkelerde yetiştirilmektedir (Anonim, 2019). İşlenmiş haliyle yıl boyunca tüketilebilen ve farklı endüstrilerde kullanılabilen bir meyve çeşidi olan kayısının hasat dönemi kısadır. Toprak yapısına göre değerlendirilerek sofralık veya kurutmalık olarak üretimi yapılmakta olup dünya genelinde taze kayısının tüketim eğilimi daha fazladır (Koçal, 2011).

Kayısının gerek taze gerekse kullanım alanının geniş olması onun ticari ürün olarak önem kazanmasına sebep olmuştur. Kayısı bu bağlamda hem yaygın hem de talep gören bir üründür (Atış ve Çelikoğlu, 2017).

Türkiye, Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre kayısı üreten ülkeler arasında ilk sırada olup 2018 yılı itibariyle 750 bin ton üretim miktarına sahiptir. Dünya geneline bakıldığında kayısı üretiminde önde gelen ülkelerin başında %23,1'lik pay ile Türkiye gelmektedir (FAO, 2019). Türkiye'de 2018 yılı toplam kayısı üretim miktarı bakımından Malatya %53 ile 1. sırada, Mersin %12 ile 2. sırada ve Elazığ ise %7 ile 3. sırada yer almaktadır. Kayısı üretiminin yapıldığı diğer iller ise bu sırayı şöyle takip etmektedir; %5 ile Iğdır, %4,5 ile Hatay, %4 ile Kahramanmaraş, %2 ile Antalya ve %1'lik paylara sahip olan Isparta ve Kayseri'dir (TÜİK, 2019). Üretimin yapıldığı diğer iller ise toplam üretimin %9'luk kısmını oluşturmaktadır. Malatya haricindeki illerde üretim genellikle sofralık olarak yapılmaktadır. Kayısı üretiminde Malatya önemli bir kayısı üretim merkezi olması itibariyle, Türkiye'nin kuru kayısı ihracatında ayrı önem arz eden bir ildir. Aynı durum yaş kayısı için de geçerli olup, yaş kayısı üretiminin yarıdan fazlasını da yine Malatya gerçekleştirmektedir. Ancak üretim, yoğun olarak kuru kayısıya yönelik olup, üretilen kayısının büyük bir kısmı kurutulmakta ve kurutulan kayısının yaklaşık %90'lık kısmı ihraç edilmektedir (Çatı ve Yıldız, 2019). Kuru kayısı ihracatı özellikle belirli ülkelerde yoğunlaşmıştır. Türkiye'nin kuru kayısı ihracatını gerçekleştirdiği ülkeler dikkate alındığında, ABD'nin büyük paya sahip olduğu ve sırasıyla Fransa, İngiltere ve Almanya ABD'yi takip etmektedir. Türkiye'nin kuru kayısı ihracatında ilk on ülke, kuru kayısı ihracatı içerisinde %65'lik bir paya sahiptir. 2010 yılı Türkiye İhracatçılar Meclisi tarafından Kuru Meyve ve Mamulleri Sektörü adı altında yayınlanan rapora göre Türkiye'nin 2023 hedefleri doğrultusunda kuru meyve ihracat payının %25'e ulaşmasının hedeflendiği belirtilmektedir. Bu hedef doğrultusunda da kuru kayısı, kuru meyveler içerisindeki payı dikkate alındığında ihracatta önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir (TİM, 2010). Bu bağlamda kayısı ve kayısıdan elde edilen diğer ürünler için alternatif pazar oluşturulması, ulusal ihracat hedeflerine ulaşılabilmesi bakımından da önem arz etmektedir. Ayrıca kayısı üretiminde önemli bir paya sahip olan illerin sosyoekonomik açıdan kalkınması da önem taşımakta ve bu illerde çalışan tarım işçilerini doğrudan etkilemektedir (FKA, 2010).

Bu çalışmada, Türkiye'de kayısı üretiminde önde gelen illerin, 1991-2018 yılları arasındaki kayısı üretim miktarları dikkate alınarak 2019-2025 yılları için, üretim miktarlarının tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca kayısı ihracatında önemli bir paya sahip olan Malatya'nın ve diğer dokuz ilin mevcut kayısı üretimi artırmak ve üretimde sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla hangi stratejileri geliştirmesi gerektiğine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmanın verilerini Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) kaynağından elde edilen veriler oluşturmaktadır. Ayrıca çalışmada dergi, kitap, internet kaynakları, bildiriler, yüksek lisans ve doktora çalışmaları ile ulusal ürün raporlarından yararlanılmıştır.

2.2. Yöntem

Çalışmada Türkiye'de kayısı üretiminde önde gelen illerin 2018-2025 yıllarına ait üretim miktarının belirlemesinde ARIMA modeller kullanılmıştır. Kayısı üretiminde önde gelen on ilin 1991-2018 yıllarına ait 28 yıllık verileri SAS 9.4 istatistik paket programında ARIMA modelleri ile analiz edilerek; AIC, BIC, SSE, MSE ve MPE gibi kriterler dikkate alınarak her bir il ve Türkiye toplamı için en iyi tahmini veren ARIMA modelleri tahminlerde kullanılmıştır.

2.2.1. ARIMA Modelleri

Ekonomik politikaların geliştirilmesi ve uygulanan politikalara yön verilmesi amacıyla mevcut veriler vasıtasıyla tahminleme yapılması oldukça önem taşımaktadır. Dolayısıyla zaman serilerinin geçmiş dönem değerleri dikkate alınarak gelecekte alacağı değerler tahmin edilmektedir. Modelin tahmininde önemli bir husus ise serinin durağanlığının belirlenmesidir (Meçik ve Karabacak, 2011). Bundan dolayı zaman serilerinde durağanlık ortalama ve varyansı zaman içinde değişmediği, bu ortak varyansın hesaplandığı döneme değil de yalnızca iki dönem arasındaki uzaklığa bağlı olan olasılıklı süreç olarak ifade edilmektedir (Gujarati, 2006). Zaman serilerinin birçoğu gerçekte durağan bir yapıda değildir. Bu nedenle bu gibi durumlarda, geleceğe yönelik tahminlerin elde edilebilmesi için, serinin fark alma işleminin yapılması gerekmektedir (Bozkurt, 2007). ARIMA modelleri, durağan olmayan ancak fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülmüş serilere uygulanan modellerdendir (Kaynar ve Taştan, 2009). Bu model hem durağan hem de durağan olmayan zaman serilerine başarılı bir şekilde uygulanabilen bir model olma özelliğindedir (Kuzu ve Yıldırım, 2017). Zaman serilerinin ifade edilebileceği fonksiyonel formlar ARIMA modellerinde olduğu gibi, otoregresif, hareketli ortalama ve bu bileşenlerin çeşitli derecelerden gecikmelerine bağlı olarak ifade edilebilen stokastik fark denklemleri şeklinde olabilmektedir (Kaiser ve Maravall, 2000).

Doğrusal durağan stokostik modeller, durağan olmayan doğrusal stokastik modeller ve mevsimlik modeller Box-Jenkins modelleri olup üç grupta ele alınmaktadır (Box vd., 2016; Bircan ve Karagöz 2003). Serilerin fark alındıktan sonra, d=0 olarak gözlemleniyorsa ise ARIMA modeli AR, MA yada ARMA modeline dönüşecektir. Bu bağlamda ARIMA modellerinin Box-Jenkins modellerinin tamamını kapsadığı görülmektedir. Serilerin fark alma işleminden sonra dereceleri sırasıyla d=1 değerini aldığında zaman serisi doğrusal, d=2 değerinde ise parabolik eğri şeklindedir (Yaman vd., 2001).

Serilerde beyaz gürültü (white-noise) varsa bu modelin durağan olduğunu anlamına gelmektedir ve gecikme işlemi yapılmadan ARMA(p,q) olarak tahminlerde bulunmasını sağlanabilir (SAS, 2014).

"Eğer beyaz gürültü olmadığı durumlarda Dickey-Fuller testi ile serilerde birim kök araştırması yapılarak serinin durağan olmadığı bu nedenle birinci, ikinci veya üçüncü dereceden verilerin farkının alınarak durağanlaştırılması sağlanmaktadır" ve matematiksel formda şu şekilde ifade edilebilir (Uzundumlu vd., 2018).

$$d=0: y_t = Y_t \quad (1)$$

$$d=1: y_t = Y_t - Y_{t-1} \quad (2)$$

$$d=2: y_t = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2}) = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} \quad (3)$$

ARIMA modelini formül (4)'teki gibi ifade etmiştir.

$$(1 - a_1B^1 - a_2B^2 \ldots - a_PB^P) * (1 - B)^d y_t = (1 - \theta_1B^1 - \theta_2B^2 - \ldots . - \theta_qB^q)\varepsilon_t \quad (4)$$

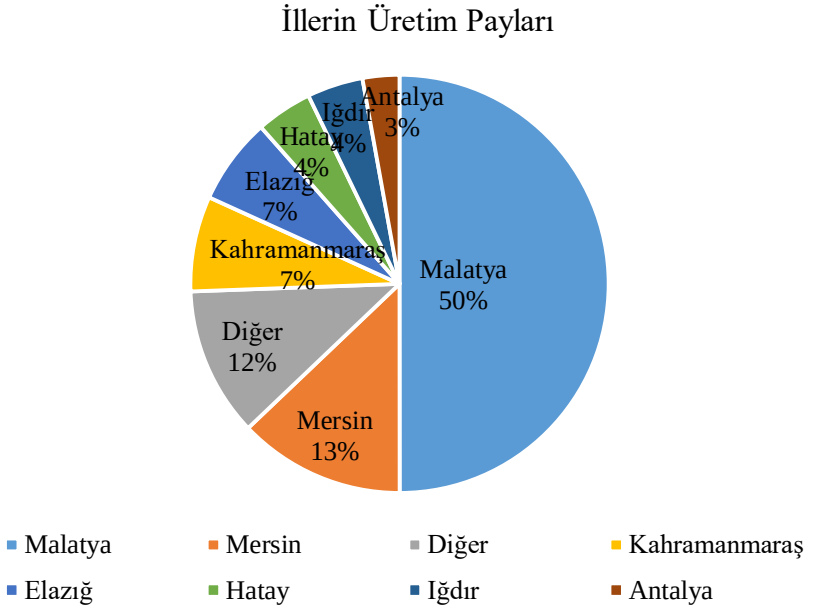
$(1 - B)^d$ terimi d'ninci dereceden fark işlemi olup, $(1 - B)^d\, y_t$ ifadesi d=1 için $By_t = y_{t-1}$ diye yazılabilir. Ayrıca d=2 için $B^2 y_t = y_{t-2}$ veya $B^1 y_{t-1} = y_{t-2}$ yazılabilmektedir (Kadılar, 2009).

Veriler aykırı bir durum olmadan, eksiksiz, normal dağılıma uygunluğu sağlanmalı ve durağanlığı kök testleri aracılığıyla bakılmalı, durağanlık 1,2 veya 3. yıldaki gecikmeler ile yapılmalıdır (Hasmida, 2009; Kurtoğlu, 2018).

ARIMA modellerini belirlemede en iyisini elde etmek için bazı kriterler kullanılmaktadır. Bu kriterlerden Akaike Information Criteria (AIC) ve Bayesian Information Criteria (BIC) en çok tercih edilendir (SAS, 2014). Çalışmada SAS 9.4 programında SCAN ve ESACF ile belirlenen BIC değerlerini elde eden p ve q değerleri ayrı ayrı analize dahi edilerek en küçük SBC, SSE, MSE, MAE, MAPE, RMSE ve DW sonuçlarına göre en küçük BIC ve AIC değerlerini elde ettiğimiz en uygun ARIMA modellere göre analizler yapılarak sonuca ulaşılmıştır.

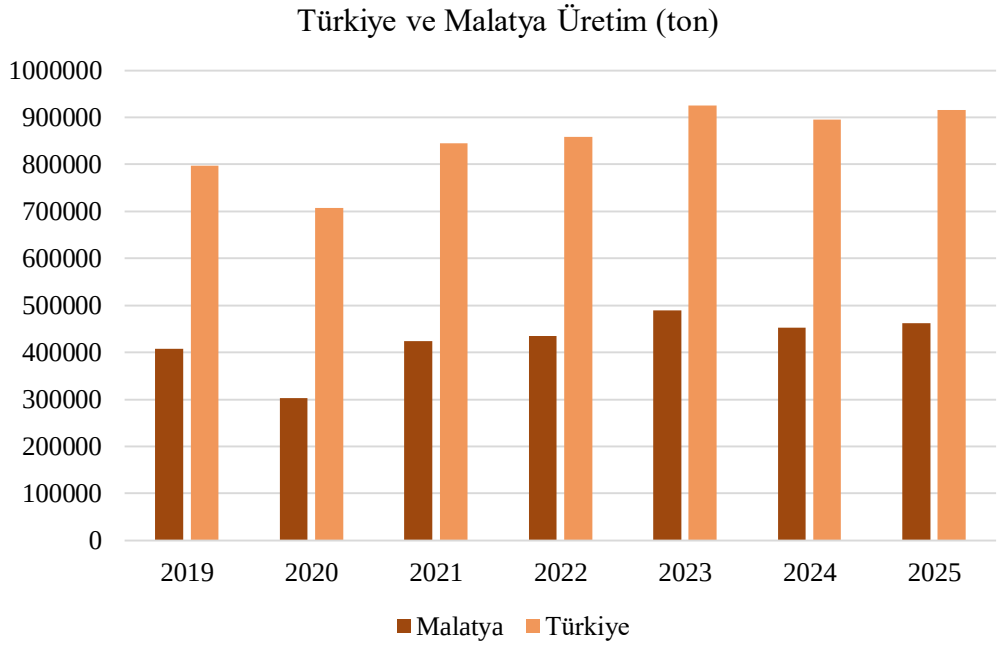
3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Türkiye'de kayısı üretiminde önde gelen illerin 2019-2025 yılı üretim payları Şekil 1'de gösterilmiştir.



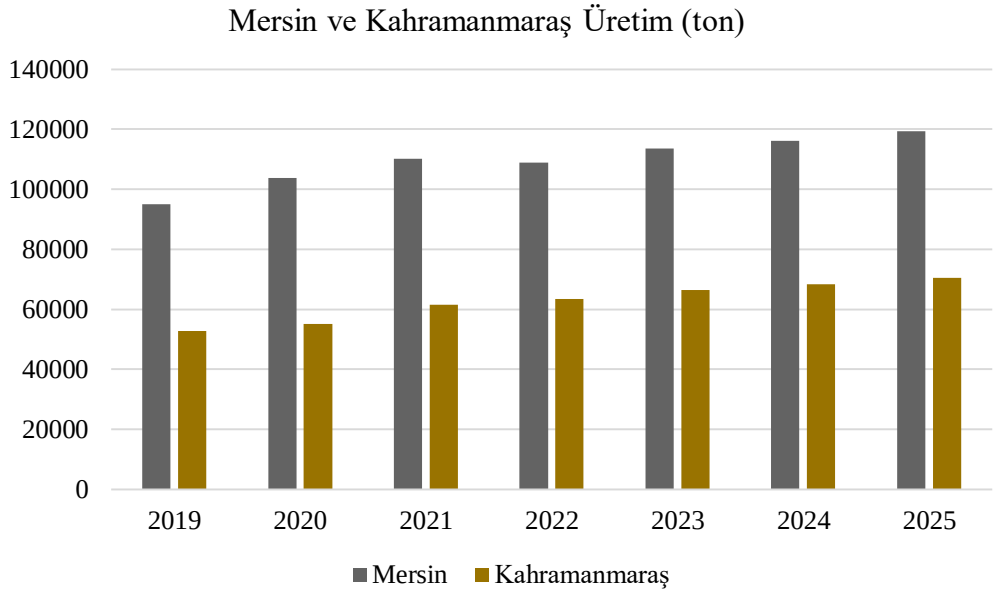
Şekil 1. Türkiye'de kayısı üretiminde önde gelen illerin 2019-2025 yılı üretim payları

Grafikteki pay dağılımında Malatya'nın %50 ile büyük bir paya sahip olduğu görülmektedir. Malatya'yı %13 ile Mersin, %7 ile Kahramanmaraş, %7 ile Elazığ, %4 ile Hatay, %4 ile Iğdır, %3 ile Antalya izlemektedir. Diğer illerdeki kayısı üretim miktarın Türkiye üretimindeki payı %12'dir. Türkiye kayısı üretim tahmini için ARIMA (4,1,1) modeli kullanılmış olup, 2019-2025 yılında kayısı üretimi sırası ile 780, 708, 845, 859, 930, 895 ve 915 bin ton üretim beklenmektedir. Aynı dönemler dikkate alınarak yapılan tahminde Malatya için ARIMA (3,1,1) modeli kullanılmıştır. Malatya'nın 2019-2025 döneminde yıllık kayısı üretiminin 407-460 bin ton arasında olması beklenmektedir. Bu üretim miktarının Türkiye üretiminin yarısını oluşturduğu gözlemlenmiştir.



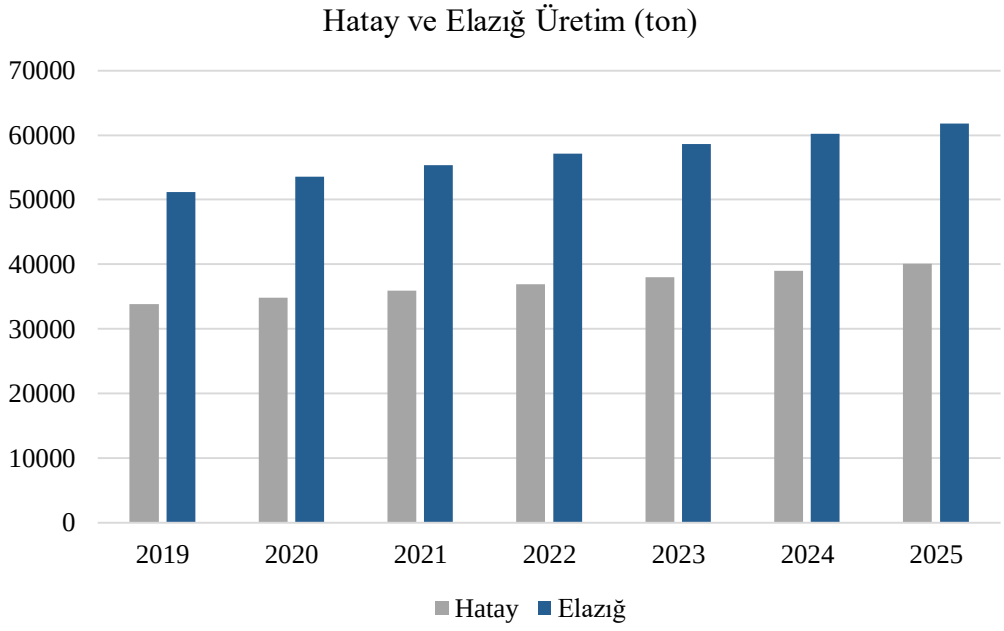
Şekil 2. Türkiye ve Malatya'nın 2019-2025 kayısı üretim tahminleri

Malatya'yı takip eden Mersin için ARIMA (1,1,4) modeli kullanılmış, üretim miktarı 95-120 bin ton arasında tahmin edilmiştir. Kahramanmaraş için en uygun model ARIMA (2,1,1) olarak belirlenerek üretim miktarı 52-70 bin ton arasında değişeceği tahmin edilmektedir.



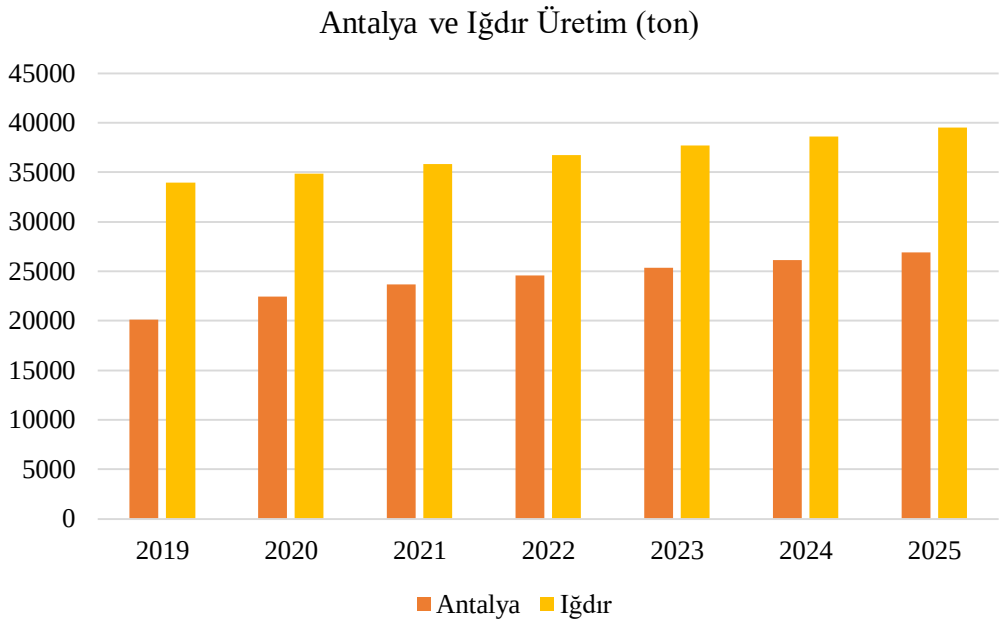
Şekil 3. Mersin ve Kahramanmaraş'ın 2019-2025 kayısı üretim tahminleri

Elazığ için en iyi model ARIMA (3,1,1) olarak belirlenmiş ve üretim miktarının 51-62 bin ton arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Tahmindeki payı Kahramanmaraş ile paralellik arz etmektedir. Hatay için ARIMA (0,1,0) en uygun model olarak belirlenmiş ve üretim miktarı 34-40 bin ton arasında tahmin edilmiştir.



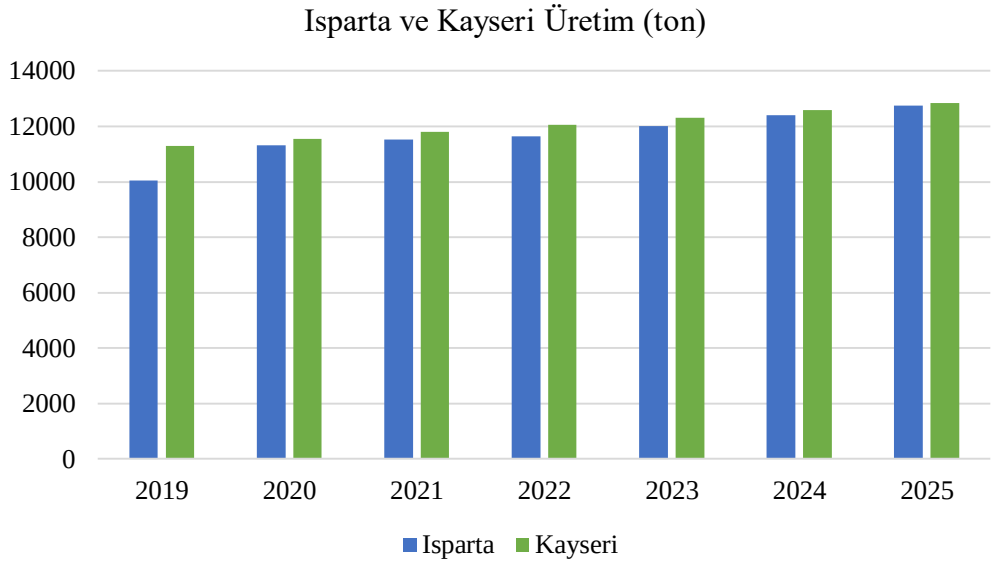
Şekil 4. Hatay ve Elazığ'ın 2019-2025 kayısı üretim tahminleri

Antalya için ARIMA (1,1,1), Iğdır için ise ARIMA (0,1,1) modeli kullanılmıştır. Antalya'nın üretiminin 20-27 bin ton arasında değer aldığı gözlenirken Iğdır'ın üretiminin 1992 yılına kıyasla dört katına çıkararak 34-40 bin ton arasında değiştiği belirlenmiştir.



Şekil 5. Antalya ve Iğdır'ın 2019-2025 kayısı üretim tahminleri

Isparta için ARIMA (2,1,0) ve Kayseri için ARIMA (0,1,1) modeli kullanılmıştır. Isparta için üretimin 10-13 bin ton, Kayseri için ise 11-13 bin ton arasında değer alacağı beklenmektedir.



Şekil 6. Isparta ve Kayseri'nin 2019-2025 kayısı üretim tahminleri

Sivas ili ise ARIMA (4,1,1) modeli ile tahmin edilmiştir. Üretimi ise 2019 yılı itibariyle yaklaşık 8 bin ton 2025 yılına doğru ise üretimde düşüşler olacağı gözlemlenmiştir. Kalan diğer iller ise üretim miktarının %12'lik kısmını oluşturmaktadır. Diğer iller için ARIMA (5,1,0) modeli kullanılmıştır. Üretimin 6-7 ton arasında değerler alacağı beklenmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yıllar itibariyle öne çıkan, sadece Türkiye'nin değil dünyanın da kayısı üretim merkezi olarak bilinen Malatya'nın 2019-2025 yılları kayısı üretiminde artış olması beklenmektedir. 1992 yılında üretimdeki miktarı 163 bin ton olan bu ilin yıllar içerisinde üretimini artırarak bu miktarın 2025 yılı itibariyle 460 bin tona ulaşacağı beklenmektedir. Mersin, Malatya'nın en yakın rakibi olup 2025 yılında 119 bin ton üretime ulaşması beklenmektedir. Kahramanmaraş ve Elazığ'ın üretimdeki payları aynı olup %7'dir. 2025 yılında Kahramanmaraş için 70 bin ton, Elazığ için 62 bin ton üretim beklenmektedir. Üretimdeki payları eşit olan diğer iller ise Antalya ve Iğdır'dır. %4'lük paya sahip bu iki ilin yıllar itibariyle üretim miktarlarında artış hızları farklıdır. Iğdır'ın 1992 yılında 11 bin ton olan üretiminin, 2025 yılına kadar dört katına çıkacağı beklenmektedir. Antalya'nın üretim miktarı 1991'den bu yana artış-azalış göstererek seyretmiştir. Ancak 2019-2025 yıllarında ise artarak devam edeceği sonucuna varılmıştır. Isparta ve Kayseri'de de üretimde artış gözlenmektedir. Sivas'ta ise durum biraz farklıdır. 1991'den itibaren üretimde dalgalanmalar oldukça fazladır. 2019 yılında 8 bin tonluk üretim yapacağı tahmin edilirken 2025'e doğru bu miktarın azalacağı sonucuna varılmıştır. Üretimin yapıldığı diğer illerin toplamında ise üretiminin 6-7 ton arasında olacağı ve üretimdeki miktarın yıllar itibariyle düşüşe geçeceği gözlemlenmiştir. Bu durum diğer illerin mevcut üretimlerini artırıp rakiplerinin başka ürün üretme eğilimine zorlaması ile açıklanabilir. Neticede yıllar itibariye kayısı üretiminde önde gelen illerin gelecekte üretimlerini artıracağı gözlemlenmektedir.

Türkiye'nin iç pazarda daha yüksek fiyata sattığı Iğdır kayısısı gibi sofralık kalite düzeyi yüksek olan çeşitlerin, üretimde yaygınlaştırılması ve standartlaştırdığı bu ürünleri daha yüksek fiyat veren İspanya pazarlarına sunması, bu üründe dünya pazarında hak ettiği birincilik için söz sahibi olmasını sağlayacaktır. Ayrıca kuru kayısıda Malatya ili önemli bir yere sahip olup ihracatta Hollanda, Fransa ve Almanya gibi ülkelere kuru kayısı ticaretinde yeniden satışı mümkün kılmayacak pazarlama stratejileri geliştirilmesi gerekmektedir. Kayısı üretimi yapan illerin kayısı fiyatlarına olumlu etkisi, kayısının kullanım alanın fazla olması, üretime elverişli iller için alternatif bir ürün olarak değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Anonim, 2019. https://malatya.tarimorman.gov.tr/Menu/17/Malatya-Kayisisi Erişim :12/11/2019.
2. Atış, E., Çelikoğlu, Ş., 2017. "Kağızman İlçesinde Kayısı Üretimi ve Yöre Ekonomisine Katkıları", Marmara Coğrafya Dergisi, Sayı: 36, Temmuz 2017, ss: 191-205.
3. Bircan, H. ve Karagöz Y., 2003. "Box-Jenkıns Modelleri ile Aylık Döviz Kuru Tahmini Üzerine Bir Uygulama". Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6(2), 49-62.
4. Box, G.E., Jenkins, G.M., Reinsel, G.C. and Ljung, G.M., 2016. "Time Series Ana Forecasting and Control". 5th Edition, John Wiley & Sons Inc. Hoboken, NewJersey, USA.
5. Bozkurt, H., 2007, Zaman Serileri Analizi, Kocaeli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Kocaeli.
6. Çatı, K. ve Yıldız, S., 2007. "Türkiye'de Kuru Kayısı Üretim ve Pazarlama Problemleri ve Çözüm Önerileri". İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 21(1), 113-125.
7. FAO, 2019. Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) Kayısı İstatistikleri. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC. Erişim Tarihi: 13.11.2019.

8. FKA, 2010. Fırat Kalkınma Ajansı "Sektörel Araştırmalar Serisi 1 - Kayısı Araştırma Raporu". Malatya.

9. Hasmida, H., 2009. "Water Quality Trend at the Upper Part of Johor River in Relation to Rainfall and Runoff Pattern". MS Thesis, Faculty of Civil Engineering, University Technology, Malaysia.

10. Gujarati, Damodar N. (2006), Temel Ekonometri, Çev: Ümit Şenesen ve Gülay G. Şenesen, 4. Baskı, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

11. Kadılar, C., 2009. "SPSS Uygulamalı Zaman Serileri Analizine Giriş", Bizim Büro Yayınevi, İkinci Baskı, Ankara.

12. Kaiser, R. and Maravall A., 2000. Notes on Time Serie Analysis, ARIMA Models and Signal Extraction. Banco de Espana - Servicio de Estudios, Papers 12, Spain.

13. Kaynar, O. ve Taştan, S. 2009 "Zaman Serileri Tahmininde ARIMA-MLP Melez Modeli" Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 23(3), 141-149.

14. Koçal, H.,2011. "Kayısı Yetiştiriciliği", Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No:7.

15. Kurtoğlu, S., 2018. "Türkiye'nin 2018-2025 Dönemindeki Yumurta Üretiminin ARIMA Modeliyle Tahmini". Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.

16. Meçik , O., Karabacak, M., 2011. "ARIMA Modelleri İle Enflasyon Tahminlemesi: Türkiye Uygulaması". Selçuk Üniversitesi İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 16(22), 178-198.

17. SAS, 2014. SAS 13.2 User's Guide The ARIMA Procedure. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/ets/132/ARIMA.pdf. Erişim Tarihi: 12.11.2019.

18. TİM, 2010. Türkiye İhracatçılar Meclisi, Kuru Meyve ve Mamulleri Sektörü Proje Raporu. Türkiye 2023 İhracat Stratejisi Sektörel Kırılım Projesi.

19. TÜİK, 2019. http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. Erişim:14.11.2019.

20. Uzundumlu, A.S., Oksuz, M.E. and Kurtoglu, S., 2018. "Future of Fig Production in Turkey". Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 15(02), 138-146.

21. Yaman, K., Sarucan, A., Atak M., Aktürk N., "Dinamik Çizelgeleme İçin Görüntü İşleme ve ARIMA Modelleri Yardımıyla Veri Hazırlama". Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi. 16(1), 19-40.

22. Kuzu, S. ve Yıldırım B.F., 2017 Box-Jenkins ve Gri Tahmin Yöntemleri İle Türkiye'de Hava Yolu Ulaşım Talebinin Tahmini, Söke İşletme Fakültesi Priene Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, 1(2), 36-49.

DÜNYA KAYISI ÜRETİMİNDE ÖNDE GELEN ÜLKELERİN 2018-2025 DÖNEMİNDEKİ KAYISI ÜRETİM TAHMİNLERİ

APRICOT PRODUCTION FORECAST OF THE LEADING COUNTRIES APRICOT PRODUCTION IN THE PERIOD OF 2018-2025

Doç. Dr. Ahmet Semih UZUNDUMLU

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü

Tuba KARABACAK

(Doktora Öğrencisi) Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü

ÖZET

Bu çalışmanın amacı dünya kayısı üretiminde önde gelen ülkelerin 1961-2017 verilerini kullanarak 2018-2025 yılları üretim miktarlarını tahmin etmektir. Çalışmada 57 yıllık veriler FAO'nun internet adresinden sağlanarak SAS 9.4 istatistik programı yardımıyla analiz edilmiştir. Analiz yapılmadan önce veriler CSV formatından Excel formatına dönüştürülmüştür. Bu tahminleri gerçekleştirmek için geleceğe yönelik tahminlerde en çok başvurulan yöntemlerden biri olan ARIMA modelleri kullanılmıştır. Çalışmada verilerin durağan olmadığı durumlarda 1 yıl gecikme işlemi yapılarak veriler durağanlaştırılmıştır. Çalışmadan en uygun ARIMA modelini belirlemede AIC, BIC, SSE, MSE, MPE kriterlerinden yararlanılmıştır. Çalışmada dünya ve önde gelen ülkelerde kayısı üretimi araştırılmıştır. Ayrıca son 8 yılda önde gelen ülkeler içerisinde atak yapan veya çok fazla bir değişim yaşayan bir ülke olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak kayısı üretiminde piyasanın en güçlü ülkeleri ile Türkiye'nin durumu karşılaştırılarak avantajlarının artırılması ve dezavantajlarının azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: ARIMA Modeli, Dünya, Kayısı, Rekabet, Türkiye

ABSTRACT

This study aims to estimate the apricot production quantities of 2018-2025 by using the 1961-2017 data of the leading countries in apricot production in the world. In this study, 57 year data were obtained from FAO website and analyzed with the help of SAS 9.4 statistics program. Before the analysis, the data have been converted from CSV format to Excel format. In order to realize these predictions ARIMA models, one of the most commonly used methods, were used. In cases the data are not stationary, they are stabilized with 1 year delay in this study. Such as AIC, BIC, SSE, MSE, MPE criteria were used to determine the most suitable ARIMA model. In this study, apricot production in the world and leading countries was investigated. In addition, it has been tried to determine whether there is getting an increasing in production or too much change in the countries in the last 8 years. As a result, apricots, one of Turkey's major export products, production must be made workings to reduce disadvantages and rise advantages status by comparing the market's most powerful countries with Turkey's the apricot production.

Keywords: ARIMA Model, World, Apricot, Competition, Turkey

GİRİŞ

Dünyada 40 meyve dikkate alındığında, 2017 yılı itibariyle 866 milyon ton ürün elde edilmiştir. Bu üretimin %13,7'sini karpuz, %13,2'sini muz, %9,6'sını elma %8,6'sını üzüm, %8,5'ini portakal oluştururken %0,49'lik kısmını ise bu 40 meyve içerisinde 25. sırada yer bulan kayısı üretimi oluşturmaktadır. Ayrıca Türkiye'de ise aynı yıl bu 40 meyveden 27'si üretilmekte olup, 21,8 milyon

ton ürün elde edilmiştir. Bu üretimin %18,1'ini üzüm, %17,3'ünü karpuz, %13,1'ini elma %8,4'ünü portakal ve %7,8'ini kavun oluştururken %4,3'lük kısmını ise bu 27 meyve içerisinde 8. sırada kendine yer bulan kayısı üretimi oluşturmaktadır (FAO, 2019).

Kayısı genelde Rosales takımının, Rosaceae (Gülgiller) familyasının, Prunoidea alt familyasına ve Prunus cinsine göre sınıflandırılarak Prunus armeniaca L. olarak tanımlanmaktadır. Ancak bazı bilim adamları Prunus cinsinin birbirine benzemeyen çok sayıda alt türünün olması nedeniyle bu sınıflandırmayı yapmayarak kayısıyı Armeniaca cinsine dâhil edip Armeniaca vulgaris Lam. olarak adlandırılmakta bu nedenle kayısı ile ilgili araştırmalarda tanım olarak bu iki kavrama da rastlanılmaktadır (Hagen vd., 2002; Karaat, 2018).

Kayısının anavatanı Orta Asya ve Batı Çini de içine alan geniş bir coğrafya olup, dünyanın ılıman iklim kuşağına giren birçok ülkesinde yetiştirilmektedir (Topcu ve Uzundumlu, 2010; Karaat, 2018; Uçar ve Engindeniz, 2018). Yayılış alanları bakımından kayısı Orta Asya, Kuzey ve Doğu Çin, Dzhungar-Zailij, İran-Kafkas ve Avrupa olmak üzere 6 eko-coğrafik bölgede bilinen 9 türü ile üretimi yapılmaktadır (Faust vd., 1998; Hormaza, 2012). Türkiye'de kayısı üretim bölgesi olarak İran-Kafkasya eko coğrafik alt grubunda yer alarak Prunus armeniaca L. türü yetiştirilmektedir (Karaat, 2018).

Taş çekirdekli meyvelerden olan kayısı, sofralık (taze) olarak kullanılmasının yanı sıra kurutulmuş meyve ve meyve suyu (Asma, 2000; Topcu ve Uzundumlu, 2010), olarak kullanıldığı gibi çekirdeğinden de çerez ve kozmetik ilaç sanayide yararlanıldığı bilinmektedir (Asma, 2000; Muradoğlu vd., 2011). Ayrıca kayısının reçel, pestil, marmelat, dondurma, pasta vb. ürünlerin yapımında da kullanılmaktadır (Koçal, 2011; Muradoğlu vd., 2011).

Kayısının düşük yağ ve karbonhidrat içeriği yanında A, B_1, B_2, C ve E vitaminleri ile CA, Fe, Na, P, K, Mg mineralleri bulunmaktadır (Batu vd., 2007; Karataş ve Kamışlı, 2007).

1961 yılında 33 ülkede kayısı üretimi yapılmakla beraber önde gelen ülkeler sırasıyla ABD, Macaristan, Türkiye, Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği (SSCB), İspanya, Fransa, İtalya ve İran'dır. 2017 yılı itibariyle dünya genelinde 70 ülkede kayısı üretimi yapılmaktadır. Kayısı üretiminde önde gelen ülkeler %23,1'le Türkiye, %12,5 ile Özbekistan, %6,3 ile İtalya % 6,0 ile Cezayir, %5,6 ile İran %4,2 ile Pakistan, %3,8 ile İspanya, %3,5 ile Fransa ve %3,1 ile Afganistan'dır. Bu veriler ışığında görüldüğü üzere Türkiye, İtalya, Özbekistan, Cezayir ve Pakistan'ın son yıllarda bu üründe payları artarken, daha önceki yıllarda önde gelen ABD ve Macaristan'ın dünya üretimindeki payları giderek azalmıştır. SSCB 1992 yılında dağılınca Rusya ve on dört ülke ayrı birer ülke olarak FAO'da üretimlerine devam edilmiştir. Kayısı üretiminde dünyada ilk 20'ye giren SSCB'ye bağlı ülkeler Özbekistan, Ermenistan, Ukrayna, Rusya, Türkmenistan, Tacikistan, Azerbaycan, Kazakistan ve Kırgızistan olarak sıralanmaktadır. Bu ülkeler içerisinde ilk 10'a giren tek ülke Özbekistan'dır. Bu ülkeler SSCB'den ayrılmamış olsaydı şu anda dünya üretiminde Türkiye ile beraber dünya üretiminin neredeyse yarısını üretmiş olacaklardı (FAO, 2019).

Bu çalışmanın amacı dünya kayısı üretiminde önde gelen ülkelerin son 8 yılda üretim paylarında nasıl bir değişim olacağını tespit ederek dünya kayısı fiyatlarının belirlenmesinde ve ihracatta Türkiye'ye rakip olabilecek ülkeleri belirleyerek, bu ülkelere karşı Türkiye'nin hangi stratejileri geliştirmesi gerektiğini vurgulamaktır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmada ikincil veri olarak FAO (Food and Agriculture Organization) istatistik kaynağından elde edilen veriler kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada birçok ulusal ve uluslararası dergi, kitap, internet kaynakları ve bildirinin yanı sıra ulusal ürün raporları, yüksek lisans ve doktora çalışmalarından da yararlanılmıştır.

2.2. Yöntem

Bu çalışmada kayısı üretiminde önde gelen ülkelerin 2018-2025 yıllarına ait üretim rekoltelerini belirlemede ARIMA modelleri kullanılmıştır. Üretimde söz sahibi olan 10 ülkenin 1961-2017 yıllarına ait 57 yıllık ve 1992-2017 yıllarına ait 26 yıllık verileri SAS 9.4 istatistik programında ARIMA modeliyle analiz edilerek AIC, BIC, SSE, MSE ve MPE gibi kriterler dikkate alınarak her bir ülke ve dünya toplamı için kriterleri ayrı ayrı ele alarak en iyi tahmini veren ARIMA modelleri analizlerde kullanılmıştır. Çalışmada önemli bir paya sahip olan Özbekistan ve diğer SSCB ülkelerinin 1992 yılında SSCB'den ayrılması nedeni ile verilerde bütünlük sağlamak mümkün olmamakta bu nedenle 1961-2017 verileri için bu ülkelerin bu birlikten ayrılmamış olduğu varsayılarak tahminlerde bulunulmuştur. Ayrıca 1992-2017 verilerinde SSCB yerine Özbekistan üretim verileri dikkate alınarak tahminler yapılmıştır.

2.2.1. ARIMA Modelleri

Zaman serisi verileriyle geleceğe yönelik tahminleri yapan analizlerden birisi de ARIMA modelidir. ARIMA yöntemi Box-Jenkins olarak adlandırılmakta olup, bu yöntemde tek değişkenli belirli bir zaman serisi verisine karşılık uygun modelin oluşturulması ile ilgili bir yöntemdir (Box vd., 2016; Ramakrishna ve Kumari, 2018). Bu model hem durağan hem de durağan olmayan zaman serilerine başarılı bir şekilde uygulanabilmektedir (Yıldırım, 2019). Bu modeller durağan (ARMA), durağan olmayan (ARIMA) ve mevsimsel (SARMA) olarak 3'e ayrılmaktadır (Box et al., 2016). Mevsimsel olmayan modeller durağan olmadığında, ARIMA(p,d,q) olarak gösterilirken, durağan olduğunda ise (d=0 olacağından), model ARIMA(p,0,q) veya ARMA(p,q) olarak ifade edilmektedir (Akgül, 2003; Mech, 2017; Yıldırım ve Alkan, 2018). Burada, p otoregresyon modelinin (AR) derecesini, d fark alma sayısını ve q ise hareketli ortalama modelinin (MA) derecesini göstermektedir (Mech, 2017; Yıldırım ve Alkan, 2018). Serilerde beyaz gürültü varsa bu modelin durağan olduğunu göstermekte ve gecikme işlemi yapılmadan ARMA(p,q) olarak tahminlerde bulunulmaktadır (SAS, 2014). Beyaz gürültü olmadığı durumlarda Dickey-Fuller testi ile serilerde birim kök araştırması yapılarak serinin durağan olmadığı bu nedenle birinci, ikinci veya üçüncü dereceden verilerin farkının alınarak durağanlaştırılması sağlanmaktadır (Uzundumlu vd., 2018). Bu durum şu şekilde gösterilmektedir (Yavuz vd., 2013; Uzundumlu vd., 2018).

d=0: $y_t = Y_t$ (1)

d=1: $y_t = Y_t - Y_{t-1}$ (2)

d=2: $y_t = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2}) = Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2}$ (3)

Kadılar (2009) ARIMA modelini formül (4)'teki gibi ifade etmiştir.

$$(1 - a_1B^1 - a_2B^2 \ldots - a_PB^P) * (1 - B)^d y_t = (1 - \theta_1B^1 - \theta_2B^2 - \ldots . - \theta_qB^q)\varepsilon_t \quad (4)$$

$(1-B)^d$ terimi d'ninci dereceden fark işlemi olup, $(1-B)^d\, y_t$ ifadesi d=1 için B$y_t = y_{t-1}$ diye yazılabilir. Ayrıca d=2 için $B^{\,2} y_t = y_{t-2}$ veya $B^{\,1} y_{t-1} = y_{t-2}$ yazılabilmektedir.

ARIMA ile tahmin yapabilmek için bazı özellikleri dikkate almak gerekmektedir. Bu özellikler 4 tanedir (Hasmida, 2009; Kurtoğlu, 2018):

1. Verilerin durağanlığına kök testleri ile bakılmalı eğer durağanlık yoksa 1, 2 veya 3. yıldaki gecikmelerde durağanlık sağlanmalı,

2. Verilerin normal dağılıma uygun olması sağlanmalı,

3. Verilerde aykırı bir durum olmamalı ve

4. Verilerde herhangi bir yıla ait değerde eksiklik olmamalıdır.

En iyi ARIMA modellerini belirlemede bir takım ölçütler kullanılmakta olup, en çok tercih edilenleri Akaike Information Criteria (AIC) ve Bayesian Information Criteria (BIC)'tir (SAS, 2014). Çalışmada SAS 9.4 programında SCAN ve ESACF ile belirlenen BIC değerlerini elde eden p ve q değerleri ayrı ayrı analize koşularak en küçük SBC, SSE, MSE, MAE, MAPE, RMSE ve DW sonuçlarına göre en küçük BIC ve AIC değerlerini destekleyen en uygun ARIMA modellere göre analizler yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. 1961-2025 Yıllarında Dünyada Gerçekleşen ve Tahmin Edilen Kayısı Rekolteleri

Çizelge 1'de 1961-2017 FAO verileri dikkate alınarak onar yıllık dünyada kayısı üretiminde lider olan 4 ülkenin durumları karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. 10 yıllık dönemlerde gerçekleşen ve tahmin edilen kayısı rekoltelerine göre lider ülkelerin üretimde ve sıralamadaki durumları

Yıllar	HHI	CR_1	CR_2	CR_3	CR_4	Lider 4 Ülke	Kayısı Üreten Ülke Sayısı
1961-1970	0.03	12.28	22.27	29.15	35.64	ABD, İspanya, Türkiye, Macaristan	32-33
1971-1980	0.04	10.05	19.00	27.37	33.45	İspanya, Türkiye, ABD, İtalya	33
1981-1990	0.03	13.14	21.47	29.16	34.79	Türkiye, İtalya, İspanya, Yunanistan	33
1991-2000	0.04	13.56	22.16	29.29	35.72	Türkiye, İran, İspanya, İtalya	55-72
2001-2010	0.05	16.44	27.29	33.69	39.75	Türkiye, İran, İtalya, Özbekistan	69-71
2011-2017	0.06	18.00	31.07	38.56	45.56	Türkiye, Özbekistan, İtalya, Cezayir	70
2017	0.08	23.14	35.65	41.90	47.94	Türkiye, Özbekistan, İran, Cezayir	70
2018-2025*	0.07	19.52	33.16	40.16	47.02	Türkiye, Özbekistan, Cezayir, İtalya	

Not: Özbekistan üretim tahmininde 1992-2017 yılları dikkate alınmıştır.
* ARIMA model ile yapılan tahmin değerleri
HHI: Herfindahl-Hirschman Endeksi
CR1, CR2, CR3, CR4: Lider 4 ülkenin kayısı üretimindeki payları
Kaynak: [FAO, 2019].

1960'lı yıllarda kayısı üretiminde ABD, İspanya, Türkiye ve Macaristan SSCB dışındaki en önemli üretici ülkelerdir. 1970'li yıllarda İtalya, 1980'li yıllarda Yunanistan, 1990'lı yıllarda İran, 2000'li

yıllarda Özbekistan ve Cezayir bu dört ülke içerisinde kendine yer bulmuştur. SSCB ülkeleri içerisinde en önemli üretici ülke Özbekistan olup, 2000'li yıllardan sonra ilk 4'te yer almıştır. 1960'lı yıllarda kayısı üreten 32-33 ülke varken Yıllar itibariyle bu sayı 1990'lara kadar sabit kalırken, 1990'lardan sonra artış trendine girerek 72 ülkede üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

1961-1970 yılları için pazar payı şu şekilde sıralanarak yoğunlaşma oranları ($CR_{1,2,3,4}$) tablodaki gibi hesaplanmıştır.

CR_1= Birinci ülke olan ABD'nin üretimdeki payı (%12.28)

CR_2= Birinci ve ikinci ülkenin toplam üretimdeki payı (%22.27)

CR_3= Birinci, ikinci ve üçüncü ülkenin toplam üretimdeki payı (%29.15)

CR_4= Lider bu dört ülkenin toplam üretimdeki payı (%35.64)

CR_4 %40'tan küçük olduğu için 1961-1970 yıllarında kayısı üretimi yapan ülkeler Monopolcü Rekabet Piyasasında ürünlerini pazarlamaktadır.

1961-1970 yılları için HHI indeksi şu şekilde hesaplanmıştır.

$HHI = (MS_1)^2 + (MS_2)^2 + (MS_3)^2 + (MS_4)^2$

$HHI_{1961\text{-}1970} = (MS_{ABD})^2 + (MS_{İspanya})^2 + (MS_{Türkiye})^2 + (MS_{Macaristan})^2$

ABD: %12.28, İspanya: %9.99, Türkiye: %6.88 ve Macaristan:%6.49 =340.05

HHI İndeksi <1000 olduğu için Tam rekabet piyasasına yakın bir piyasadır.

2011-2017 yılları arasında pazar payı aşağıdaki gibi yükselmiştir:

Türkiye:%18.00, Özbekistan:%13.07, İtalya:7.49 ve Cezayir:%7.00

$HHI_{2011\text{-}2017}$ = 599.93

CR_4=%45.56

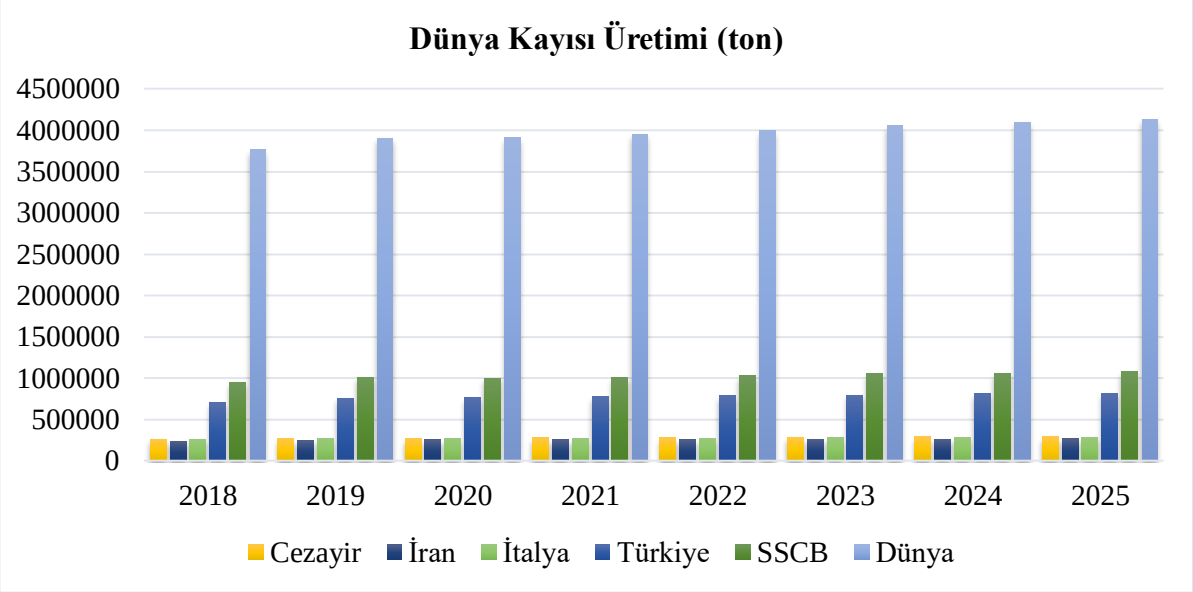
CR_4 %40'dan büyük olduğu için 2011-2017 yıllarında kayısı üretimi yapan ülkeler Oligopol Piyasasında ürünlerini pazarlamaktadır.

2018-2025 yılları arasında dünya kayısı üretiminde Türkiye %19.52 ile ilk sıradaki payını korurken, Türkiye'yi %13.64 ile Özbekistan, %7.00 ile Cezayir ve %6.84 ile İtalya takip edecektir. CR4=%47.02 olduğundan 2018-2025 döneminde kayısı için oligopol piyasa şeklini alacaktır. Bu piyasanın en önemli aktörü de yine Türkiye olacaktır.

3.1.2. 2018-2025 yılında dünya ve önde gelen on ülkenin kayısı üretim tahmini ve bu ülkelerin dünya üretimindeki payları

3.1.2.1. 1961-2017 verileri dikkate alınarak (SSCB dâhil) yapılan tahminler

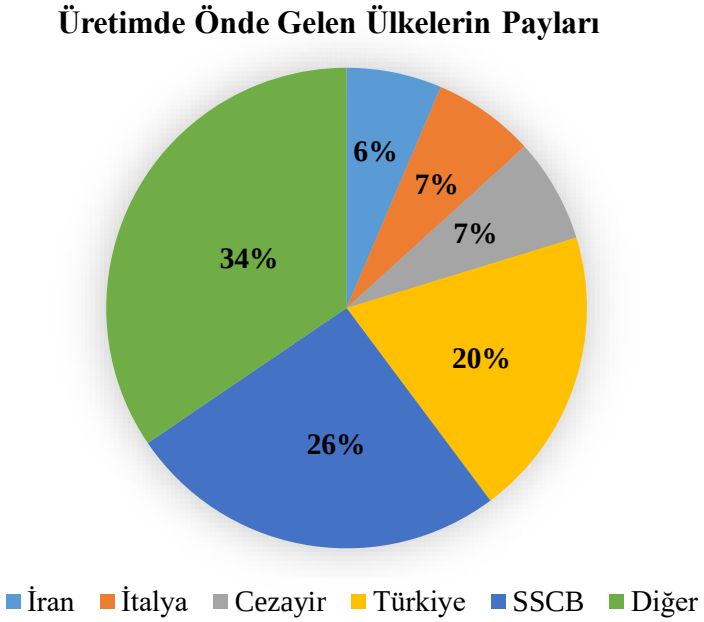
2018-2025 dönemleri arasındaki kayısı üretimine ilişkin tahminler Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Dünya ve kayısı üretiminde önde gelen beş ülkenin 2018-2025 üretim tahminleri

Dünya kayısı üretim tahminleri ARIMA (0,1,1) incelendiğinde, 2018-2025 yılında dünya kayısı üretimi sırası ile 3.76, 3.90, 3.91, 3.95, 4.00, 4.06, 4.10 ve 4.14 milyon ton üretim beklenmektedir. Eğer SSCB ülkeleri dağılmamış olsaydı, gelecek 8 yılda, dünya üretiminde ilk sırada yer almış olacaktır. Bu durumun hesaplanmasında kullanılan model ARIMA (4,1,1), olup, bu dönem içerisinde yıllık yaklaşık 1 milyon ton civarında kayısı üretimi gerçekleştirecektir. Dünya üretiminde asıl birinci olan ülke Türkiye'dir. Rusya dışında 14 ülkeden oluşan SSCB içerisinde en fazla üretimi gerçekleştiren ülke Özbekistan'dır. Aynı dönemler dikkate alınarak yapılan tahminde Türkiye için ARIMA (0,1,1) modeli kullanılmıştır. Türkiye'nin 2018-2025 döneminde yıllık kayısı üretiminin 700-820 bin ton arasında olması beklenmektedir. Türkiye'yi en yakından takip eden ülke, Cezayir olup, Türkiye üretiminin yaklaşık olarak üçte biri üretime sahiptir. Cezayir için kayısı üretim tahminlerinde ARIMA (1,1,0) modeli kullanılmıştır. Cezayir'e yakın üretimde bulunan 2 ülke İtalya ve İran olup, kayısı üretim tahminlerinde İtalya için ARIMA (0,1,4) ve İran için ARIMA (2,1,0) modeli kullanmıştır.

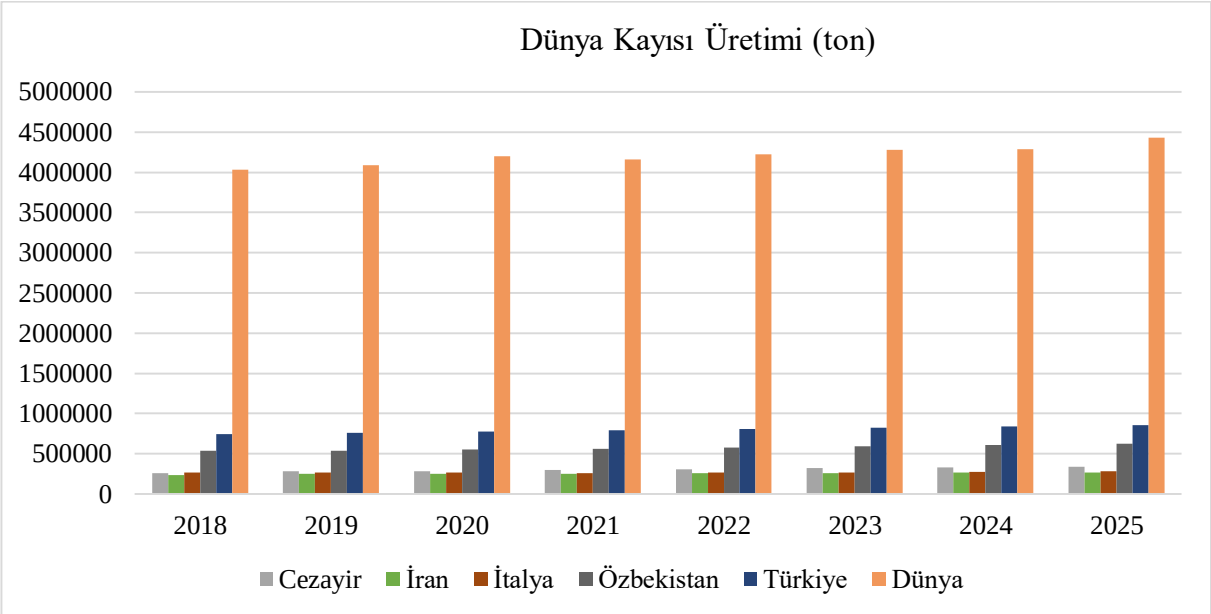
2018-2025 dönemleri ortalamasına göre kayısı üretiminde önde gelen 5 ülke ve diğer ülkelerde kayısı üretim tahminlerinin yüzdelik payları Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Kayısı üretiminde önde gelen beş ülke ve diğer ülkelerin üretimdeki payları

Şekilde görüldüğü üzere kayısı üretiminde önde gelen 5 ülkenin üretimdeki payı %66 ve geriye kalan diğer ülkelerin payı %34'tür. En fazla üretimin yapıldığı ülke %26 ile SSCB olmaktadır. Bunu sırasıyla %20 ile Türkiye, %7 ile Cezayir, %7 ile İtalya ve %6 ile İran takip etmektedir.

3.1.2.2. 1992-2017 verileri dikkate alınarak (Özbekistan dâhil) yapılan tahminler



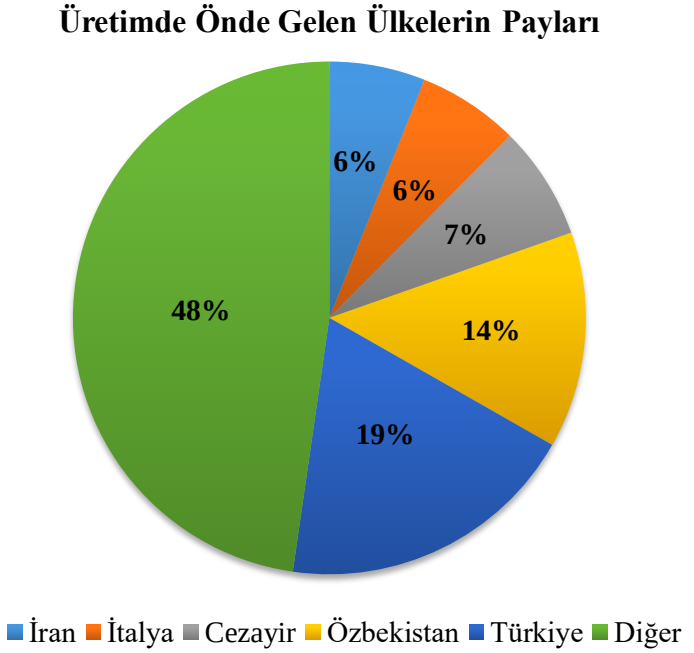
Şekil 3. Dünya ve kayısı üretiminde önde gelen beş ülkenin 2018-2025 üretim tahminleri

2018-2025 dönemleri arasındaki kayısı üretimine ilişkin tahminler Şekil 3'te gösterilmiştir.

Dünya kayısı üretim tahminleri ARIMA (0,1,1) incelendiğinde, 2018-2025 yılında dünya kayısı üretimi yıllık sırası ile 4.03, 4.01, 4.20, 4.16, 4.22, 4.28, 4.29 ve 4.43 milyon ton olması beklenmektedir. Türkiye için kullanılan model ARIMA (4,1,1), olup, Türkiye'nin 2018-2025

döneminde yıllık kayısı üretimi 740-860 bin ton arasında olması beklenmektedir. Türkiye'yi en yakından takip eden ülke, Özbekistan olup, tahmin için belirlenen model ARIMA (2,1,0)'dır. Bu ülke için yıllık 535-630 bin tonluk üretim beklenmektedir. En fazla üretim yapacak üçüncü ülke Cezayir olup, 260-337 bin tonluk üretim ile Türkiye üretiminin yaklaşık olarak üçte biri ve Özbekistan'ın üretiminin yarısı bir üretime sahiptir. Cezayir için kayısı üretim tahminlerinde ARIMA (5,1,0) modeli kullanılmıştır. Cezayir'e yakın üretimde bulunan 2 ülke İtalya ve İran olup, kayısı üretim tahminlerinde İtalya için ARIMA (4,1,0) ve İran için ARIMA (2,1,0) modeli kullanmıştır. Sonuç olarak 1992-2017 verileri ile hesaplanan değerler 1961-2017 verilerine göre biraz daha fazla olarak tespit edilmiştir.

2018-2025 dönemleri ortalamasına göre kayısı üretiminde önde gelen 5 ülke ve diğer ülkelerde kayısı üretim tahminlerinin yüzdeleri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekilde görüldüğü üzere kayısı üretiminde önde gelen 5 ülkenin üretimdeki payı %52 ve geriye kalan diğer ülkelerin payı %48'dir. En fazla üretimin yapıldığı ülke %19 ile Türkiye olmaktadır. Türkiye'yi sırasıyla %14 ile Özbekistan, %7 ile Cezayir, %6 ile İtalya ve %6 ile İran takip etmektedir.

3.2. Sofralık Kayısı İhracatında Önde Gelen Ülkeler

Çizelge 2'de dünya sofralık kayısı ihracatında önde gelen ülkelerin ihracat miktarları ve satış fiyatları karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2. Dünya sofralık kayısı ihracatında önde gelen ülkeler

Ülkeler	İhracat Miktarı (1000 ton)			Fiyat ($/kg)
	2017	2018	2014-2018 Ortalaması	2014-2018 Ortalaması
Dünya	412.44	462.07	367.34	1.28
İspanya	89.01	108.96	82.92	1.61
Türkiye	63.54	70.73	50.69	0.73
Fransa	56.41	28.28	49.09	1.81
İtalya	44.61	26.50	29.15	1.60
Yunanistan	24.68	23.93	18.35	0.99
Surinam	0.00	89.33	17.87	0.40
Özbekistan	22.80	42.66	13.09	1.01
Ermenistan	3.91	7.22	6.50	0.58
ABD	7.87	4.66	6.48	2.09
Ürdün	8.37	5.82	6.09	2.32
İran	11.81	7.70	5.47	0.79

Kaynak: ITC, 2019.

Dünyada 2014-2018 yılları ortalamasına göre yıllık 367340 ton sofralık kayısı ihraç edilmekte olup, %22.57'lik payla ilk sırayı İspanya almaktadır. İspanya'yı %13.80 ile Türkiye, %13.36 ile Fransa, %7.94 ile İtalya, %5.00 ile Yunanistan, %3.56 ile Özbekistan ve %1.66 ile ABD takip etmektedir. ITC (2019) verileri dikkate alınınca, Türkiye'nin sofralık kayısı pazarının %36.96'sını Rusya, %36.87'sini Irak, %5.66'sını Almanya, %5.51'ini Suudi Arabistan ve %2.46'sını Suriye oluşturmakta olup, toplamda 60 ülkeye ihracat yapmaktadır. Sofralık kayısı çok çabuk bozulan bir ürün olduğu için genelde Türkiye'ye yakın ülkelere pazarlanmaktadır. Aynı dönem içerisinde ise dünyada ortalama sofralık kayısı fiyatı 1.28$'dır. Dünyada en fazla fiyatla (2.32$) sofralık kayısıyı satan ülke Ürdün'dür. Bu ülkeyi 2.09$ ile ABD, 1.81$ ile Fransa, 1.61$ ile İspanya 1.60$ ile İtalya, 1.01$ ile Özbekistan takip etmekte olup, Türkiye 0.73$'lık fiyatla çok gerilerde hatta dünya ortalamasının neredeyse yarısı bir fiyat uygulamaktadır.

3.2. Kuru Kayısı İhracatında Önde Gelen Ülkeler

Çizelge 3. Dünya kuru kayısı ihracatında önde gelen ülkeler

Ülkeler	İhracat Miktarı (1000 ton)			Fiyat ($/kg)
	2017	2018	2014-2018 Ortalaması	2014-2018 Ortalaması
Dünya	148.98	138.74	145.48	2.67
Türkiye	95.00	93.80	82.13	3.65
Tacikistan	15.59	10.90	20.76	0.26
Özbekistan	10.89	7.45	3.67	0.98
Kazakistan	0.81	0.65	3.04	0.24
İspanya	2.14	5.05	2.84	1.71
Belarus	2.64	3.67	1.83	0.81
Kırgızistan	3.28	4.12	1.76	0.92
Almanya	1.41	1.07	1.57	6.39
Hollanda	1.25	1.56	1.46	4.38
ABD	1.58	1.07	1.40	5.60
Fransa	1.35	1.35	1.31	6.87

Kaynak: ITC, 2019.

Dünyada 2014-2018 yılları ortalamasına göre yıllık 145800 ton kuru kayısı ihraç edilmekte olup, %56.45'lik payla ilk sırayı Türkiye almaktadır. Rakamlarında gösterdiği gibi kuru kayısı ihracatında Türkiye açık farkla bir numaradır. Türkiye'nin en yakın rakibi %14.27'lik paya sahip olan Tacikistan'dır. Bu iki ülke dışında ihracatta önemli olan ülkeler %2.52 ile Özbekistan, %2.09 ile Kazakistan ve %1.95 ile İspanya'dır. Dikkat edilirse Türkiye'nin en güçlü rakipleri eski SSCB ülkeleridir. Ayrıca yaklaşık 5 kilogram yaş kayısıdan bir kilogram kuru kayısı elde edildiği düşünüldüğünde, toplamda dünyada üretilen kayısının yaklaşık %30'u dış ticarete konu olmakta ve bu ticaretin ⅔'ü kuru kayısı olarak gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de üretilen kayısının %70'i, İspanya'da %66, Özbekistan'da %60'ı, Fransa'da %35, Yunanistan ve İtalya'da üretilen kayısının ise %10'u dış pazarlarda satılmaktadır. Aynı dönem içerisinde ise dünyada ortalama kuru kayısı fiyatı 2.67$'dır. Dünyada en fazla fiyatla (6.87$) kuru kayısıyı satan ülke Fransa'dır. Bu ülkeyi 6.39$ ile Almanya, 5.60$ ile ABD, 4.38$ ile Hollanda, 3.65$ ile Türkiye takip etmektedir. Eski SSCB ülkelerinde ise 0.24-0.92$ ile satış yapmaktadır. Türkiye 3.65$'lık fiyatla Eski SSCB ülkeleri ve dünya ortalamasının üzerinde bir fiyat uygulamaktadır. ITC (2019) verileri dikkate alınınca, Türkiye'nin kuru kayısı pazarının %13.74'ü ABD, %8.30'u Fransa, %7.04'ü Almanya, %6.89'u İngiltere, %6.73'ü Rusya, %3.06'sı Hollanda, %2.60'ı İspanya, %1.94'ü Cezayir ve %1.74'ü İtalya olmak üzere 108 ülkeye ihracat yapmaktadır. Kuru kayısı fiyatı yüksek olan ülkelere de Türkiye büyük oranda ihracat yapması türev talebi akıllara getirmektedir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Türkiye fındık ve incirde olduğu gibi kayısı üretiminde de dünya da ilk sırada yer almaktadır. Türkiye 1960'lı yıllarda ABD ve İspanya'nın ardından en fazla üreten üçüncü ülke iken 1970'li yıllarda İspanya'nın ardından ikinciliğe yükselip, sonraki yıllarda ise ilk sıradaki yerini korumuştur. 1960'lı yıllarda 32-33 ülkenin üretimde bulunduğu üründe bu sayı 2010'lu yıllarda 70 ülkeye yükselmiştir. Bu yükselme de ki en önemli etkenlerden biri 1990'lı yıllarda eski Sovyetler Birliği'nden ayrılan ülkelerin bazılarının kayısı üretiminde pay sahibi olmasından ileri gelmektedir. Geçmişten bugüne Türkiye'nin birçok ülke ile kayısı üretim rekabeti yapması ile beraber son yıllarda en fazla çekiştiği ülkeler Özbekistan, İran, Cezayir ve İtalya'dır. Çalışmada SAS programında SCAN ve ESACF ile belirlenen BIC değerleri her bir sonuç için tekrar analiz edilerek SBC, SSE, MSE, MAE, MAPE, RMSE ve DW sonuçlarına göre en küçük BIC ve AIC değerlerini destekleyen en uygun ARIMA modeline göre iki farklı dönem dikkate alınarak tahminler yapılmıştır. İlk 4 ülkenin payı dikkate alınarak hesaplanan HHI ve yoğunlaşma oranına göre 1960'larda piyasa tam rekabet ve monopollü rekabet özellikleri taşırken, 2010'lu yıllarda önde gelen ülkelerdeki kayısı üretiminde paylarını artırmasından dolayı piyasa monopollü rekabet ve oligopol piyasası özellikleri göstermeye başlamıştır. 1961-2017 verileri baz alındığında 2018-2025 yılı kayısı üretim ortalamasına göre önde gelen 5 ülkenin üretimdeki payı %66 ve geriye kalan diğer ülkelerin payı %34'tür. En fazla üretimin yapıldığı ülke %26 ile SSCB olmaktadır. Bunu sırasıyla %20 ile Türkiye, %7 ile Cezayir, %7 ile İtalya ve %6 ile İran takip etmektedir. Ayrıca dünya kayısı üretim tahminleri ARIMA (0,1,1) incelendiğinde, 2018-2025 yılında dünya kayısı üretimi sırası ile 3.76-4.14 milyon ton üretim beklenirken, en fazla üretimde bulunan ülkelerden biri olan Türkiye ARIMA (0,1,1)'e göre 700-820 bin ton, Cezayir (1,1,0) modeline göre 263-293 bin ton üretim tahmini beklenmektedir. Cezayir'e yakın üretimde bulunan 2 ülke İtalya ve İran'dır, İtalya ARIMA (0,1,4)'e göre 263-293 bin ton ve İran ARIMA (2,1,0) modeline göre 238-283 bin ton üretim beklenmektedir. 1992-2017 verileri baz alındığında 2018-2025 yılı kayısı üretim ortalamasına göre kayısı üretiminde önde gelen 5 ülkenin üretimdeki payı %52 ve geriye kalan diğer ülkelerin payı %48'dir. En fazla üretimin yapıldığı ülke %19 ile Türkiye olmaktadır. Türkiye'yi sırasıyla %14 ile Özbekistan, %7 ile Cezayir, %6 ile İtalya ve %6 ile İran takip etmektedir. Ayrıca dünya kayısı üretim tahminleri ARIMA (0,1,1) incelendiğinde, 2018-2025 yılında dünya kayısı üretimi sırası ile 4.01-4.43 milyon ton üretim beklenirken, en fazla üretimde bulunan ülke olan Türkiye ARIMA (4,1,1)'e göre 740-860 bin ton, Türkiye en yakından takip eden ülke olan Özbekistan için ARIMA (2,1,0)'a göre yıllık 535-630 bin tonluk bir üretim beklenmektedir. Cezayir (5,1,0) modeline göre 260-337 bin tonluk üretim beklenmektedir. İtalya ARIMA (4,1,0)'e göre 262-282 bin ton ve İran ARIMA (2,1,0) modeline göre 237-266 bin ton kayısı üretimi yapılması beklenmektedir. Bu sonuçlara göre 26 yıllık veriler dikkate alındığında dünya ve Türkiye tahminleri daha yüksek ve üretimdeki payları az olan İtalya ve İran için ise tahminler daha düşük çıkmaktadır. Türkiye kuru kayısı ticaretinde dünyanın bir numarası, sofralık kayısı da ise iki numarasıdır. Ancak sofralık kayısı da Türkiye'nin uygulamış olduğu fiyat dünya fiyatının altında, kuru kayısında uygulamış olduğu fiyat dünya fiyatını üzerinde olmasına rağmen üretimde önde gelmeyen Türkiye'nin ticaret yaptığı Almanya, Fransa ve Hollanda gibi ülkelerde daha yüksektir. Türkiye'nin pazarda daha çok ülkeye kuru kayısı ticaretini yapmasıyla ve standartlaştırdığı ürünleri daha yüksek fiyat veren pazarlarda yeniden satışa imkân vermeyecek şekilde düzenlemesiyle bu üründe dünya pazarında daha fazla söz sahibi olabilir.

KAYNAKLAR

1. Akgül, I. (2003). Zaman Serilerinin Analizi ve ARIMA Modelleri, Der Yayınları, İstanbul Asma, B.M. (2000). Kayısı yetiştiriciliği. Evin Ofset. Malatya.
2. Batu, A., Kırmacı, B., & Akbulut, E. (2007). Kayısı Pekmezi Üretim Tekniği. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2: 53-57.
3. Box, G.E., Jenkins, G.M., Reinsel, G.C. and Ljung, G.M., 2016. Time Series Analysis: Forecasting and Control. 5th Edition, John Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey, USA.
4. FAO, (2019). Fruit Production in the World. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC. Erişim Tarihi: 04.10.2019.
5. Faust, M., Suranyi, D., & Nyujto, F. (1998). Origin and Dissemination of Apricot. Horticultural Reviews-Westport Then New York-, 22, 225-260.
6. Hagen, L., Khadari, B., Lambert, P., & Audergon, J. M. (2002). Genetic diversity in apricot revealed by AFLP markers: species and cultivar comparisons. Theoretical and Applied Genetics, 105(2-3), 298-305.
7. Hasmida, H. (2009). Water Quality Trend at the Upper Part of Johor River in Relation to Rainfall and Runoff Pattern. MS Thesis, Faculty of Civil Engineering, University Technology, Malaysia.
8. Hormaza, J.I. (2002). Molecular characterization and similarity relationships among apricot (Prunus armeniaca L.) genotypes using simple sequence repeats. Theoretical and Applied Genetics, 104(2-3), 321-328.
9. ITC, (2019). Trade of Fresh and Dried Apricots in 2014-2018 Years. https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1%7c%7c%7c%7c%7c0809%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c1%7c2%7c1%7c2%7c1%7c1. Erişim Tarihi: 02.12.2019.
10. Kadılar, C. (2009). SPSS Uygulamalı Zaman Serileri Analizine Giriş, Bizim Büro Yayınevi, İkinci Baskı, Ankara.
11. Karaat, F.E. (2018). Bazı kayısı çeşit ve melezlerinde fitokimyasal özelliklerin değişimi ve kalıtımı. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Genetik Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Niğde.
12. Karatas, F., & Kamışlı, F. (2007). Variations of vitamins (A, C and E) and MDA in apricots dried in IR and microwave. Journal of Food Engineering, 78(2), 662-668.
13. Koçal, H. (2011). Kayısı Yetiştiriciliği. Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No:7, Isparta.
14. Kurtoğlu, S. (2018). Türkiye'nin 2018-2025 Dönemindeki Yumurta Üretiminin ARIMA Modeliyle Tahmini. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi ABD, Yükseklisans Tezi, Erzurum.
15. Mech, A., 2017. Status of Tea Production in Assam: Past Trends and its Future Projections. Journal of Open Learning and Research Communication, 3: 45-56.
16. Muradoğlu, F., Pehluvan, M., Gündoğdu, M., & Kaya, T. (2011). Iğdır Yöresinde Yetiştirilen Bazı Kayısı Genotiplerin Fizikokimyasal Özellikleri ile Mineral İçerikleri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1(1), 17-22.
17. Ramakrishna, G., & Kumari, R. V. (2018). ARIMA Model for Forecasting of Rice Production in India by Using SAS. Siam J Appl Math, 6(4), 67-72.
18. SAS, 2014. SAS 13.2 User's Guide The ARIMA Procedure. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/ets/132/ARIMA.pdf. Erişim Tarihi: 06.10.2019.
19. Topcu, Y. ve Uzundumlu, A.S. (2010). Taze Kayısının Dünya ve Türkiye'deki Mevcut Durumu. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 3(1), 43-53.

20. Uçar, K. ve Engindeniz, S. (2018). Malatya İlinde Kuru Kayısı Pazarlaması Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 32(3), 249-256.
21. Yavuz, F., Bilgic, A., Terin, M. and Guler, I.O. (2013). Policy implications of trends in Turkey's meat sector with respect to 2023 vision. Meat Science 95(4):798-804.
22. Yıldırım, A. (2019). Talep Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi: Gıda Sektöründe Bir Uygulama. İstanbul Kültür Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
23. Yıldırım, H. ve Alkan, B. (2018). Türkiye için Bir Makroekonomik Belirsizlik Endeksi Önerisi. Bankacılar Dergisi, 104, 6-25.
24. Uzundumlu, A.S., Oksuz, M.E. and Kurtoglu, S., 2018. Future of Fig Production in Turkey. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 15(02): 138-146.

ÇAYIRLI (ERZİNCAN) İLÇESİ VE KÖYLERİNDE TIBBİ AMAÇLAR İÇİN YARARLANILAN DOĞAL BİTKİLER

WILD PLANTS USED FOR MEDICINAL PURPOSES IN ÇAYIRLI (ERZINCAN) DISTRICT AND THE VILLAGES

Doç. Dr. Mustafa KORKMAZ

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

ÖZET

Bu çalışmada Çayırlı (Erzincan) İlçesi ve köylerinde yöre halkının tıbbi amaçlar için geleneksel olarak yararlandığı doğal bitkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. İlçe, Erzincan il merkezinin doğusunda ve 113 km uzaklıkta bulunmaktadır. Türkiye'nin önemli endemik bitki merkezlerinden birisi olan Keşiş (Esence) dağları ilçenin güney batısında yer almaktadır. Çayırlı yaklaşık olarak 1500 metre rakıma sahiptir. Doğu Anadolu bölgesinde yer alan ilçe karasal bir iklime sahiptir. Kış mevsimi soğuk ve kar yağışlı, yaz mevsimi ise sıcak ve kurak geçmektedir. Çalışma kapsamında 2011 ve 2012 yaz döneminde ilçeye ve köylerine arazi gezileri düzenlenmiştir. Arazi gezileri sırasında tıbbi amaçlarla kullanımı belirlenen bitkilerin herbaryum örnekleri de toplanmıştır. Bitki örnekleri Biyoloji Bölümü bünyesindeki herbaryumuna getirilerek, preslenmiş ve kurutmuştur. Daha sonra örneklerin tür tayinleri geçekleştirilmiştir. Tüm çalışmalar sonucunda yörede yaklaşık 29 familya ve 40 cinse ait 68 bitki taksonunun tıbbi amaçlarla kullanıldığı belirlenmiştir. En yaygın kullanılan bitki organları çiçek, yaprak, kök ve gövdedir. Çalışmada bitkilerin bilimsel adları, Türkçe ve yöresel adları, kullanılan kısımları ve kullanım şekilleri verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu, Erzincan, Tıbbi bitki, Yöresel kullanım.

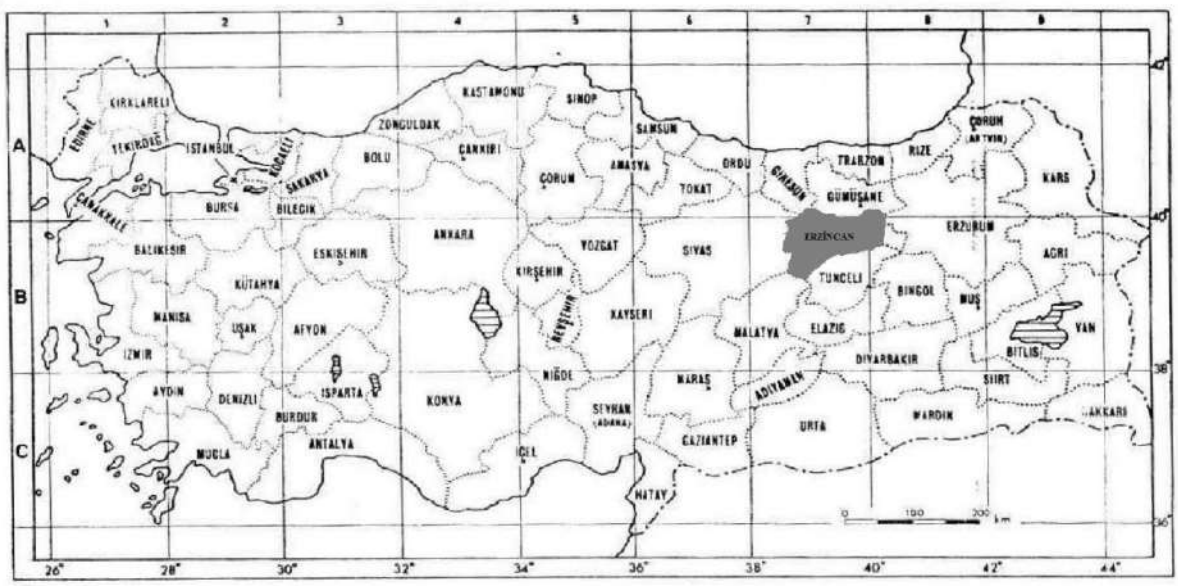
ABSTRACT

In this study, It was aimed determine the natural plants traditionally used by the local people for medicinal purposes in Çayırlı (Erzincan) disctrict and villages. The district is located 113 km east of the city center of Erzincan. Keşiş (Esence) mountains one of Turkey's most important centers of endemic plants is located in the the south-east direction of the dictrict. Çayırlı has an altitidu of approximately 1500 meters. Located in the Eastern Anatolia region, the disctrict has a continental climate. Winter is cold and snowy, summer is hot and dry, Within the scope of the study, field trips to the districts and villages were organized in the summer of 2011 and 2012. During field trips, herbarium samples of the plants determined to be used for medical purposes were also collected. Plat samples were carried to Biology Department Herbarium and pressed and dried. Then species identification of the samples was performed. As a result of all studies, it was determined that 68 plant taxa belonging to 29 families and 40 genera were used for medical purposes. The most commonly used plant organs are flowers, leaves, roots and stems. In the study, scientific names of the plants, Turkish and local names, used parts and usage forms are given.

Key words: East Anatolia, Erzincan, Medicinal plant, Traditional use.

GİRİŞ

Erzincan, Doğu Anadolu Bölgesi'nin batı bölümünde, Yukarı Fırat havzasında bulunmaktadır. Çayırlı ilçesi, Erzincan il merkezinin doğusunda ve 113 km uzaklıkta bulunmaktadır. Keşiş (Esence) dağlarının kuzeyinde, doğu-batı yönünde uzanan Başköy depresyonu olarak bilinen çukur sahanın doğu kesiminde yer alır. Çayırlı yaklaşık olarak 1500 metre rakıma sahiptir. Önemli bit kısmı ilçe sınırlarında kalan Keşiş (Esence) dağları ilçenin en yüksek noktasını (3.546 m) oluşturmaktadır. (Anonim, 2011a). İlçe büyük oranda Davis (1965)'in Grid sistemine göre B7 karesinde yer almaktadır (Şekil 1). Çayırlı ilçesi yaklaşık 33 km^2'lik bir alanı kaplayan Çayırlı ovası üzerine kurulmuştur. Bu ova batı ve güneybatıdan Esence dağları, kuzeyden de Otlukbeli dağları ile çevrilmiştir. Ovadaki iki önemli akarsuyu oluşturan Çayırlı ve Balıklı çayları kaynaklarını Esence dağlarından alıp doğu-batı yönünde akarak Karasu ırmağına kavuşmaktadır. Bu çaylar özellikle ilkbaharda taşıdıkları fazla miktardaki alüvyonlarla ovayı beslemektedirler. Ovanın yakın çevresinde ise Orta ve Üst Miyosen çökelleri (marn, kil, konglomera, kireçtaşı, yer yer linyit damarları (Turnaçayırı civarında) ve jips) yaygınlık gösterir. Bu kesimde bir takım tepe, sırt ve akarsu vadileri bulunmaktadır. Balıklı çayı ile Çayırlı ilçe merkezi arasında doğu-batı yönünde uzanış gösteren oldukça düz ve geniş saha, Çayırlı Ovasının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Çayırlı depresyonu da denilen bu alan, ilçenin en verimli tarım alanlarını oluşturmaktadır. İlçenin konumu ve coğrafya haritası Şekil 2'de verilmiştir.

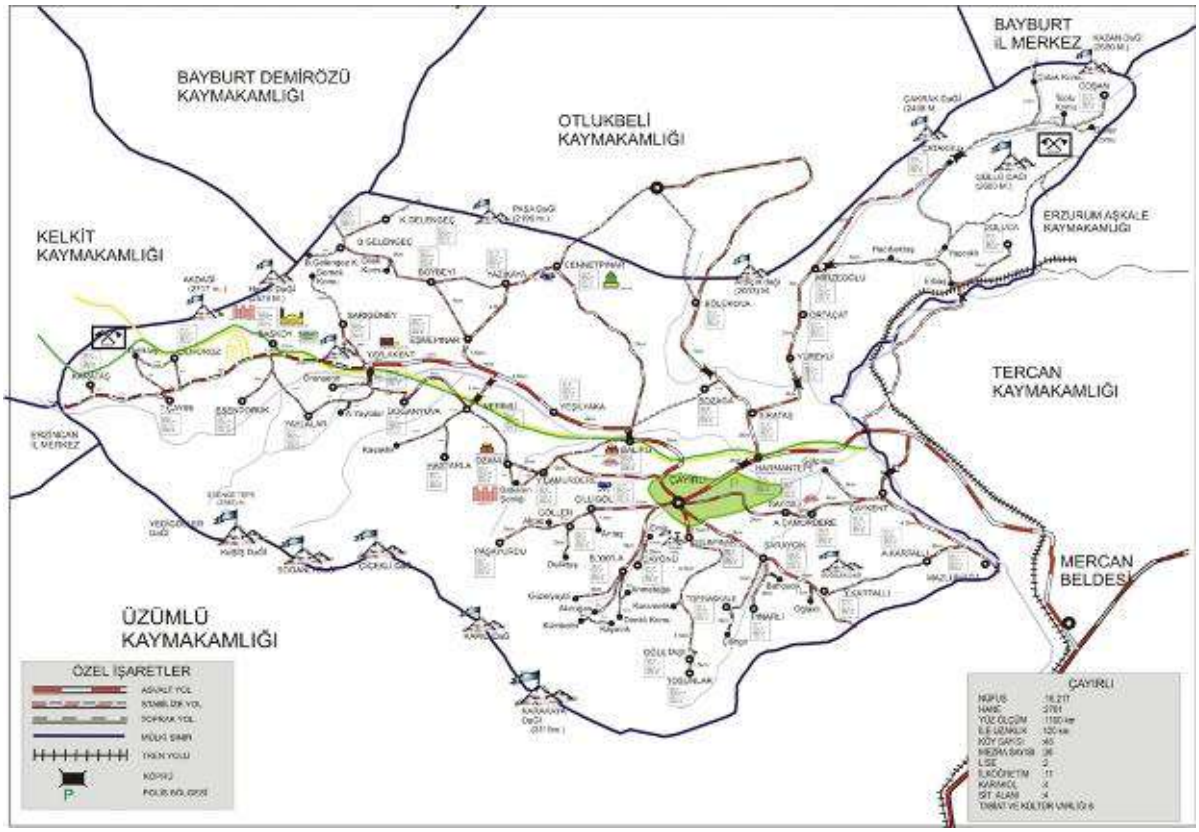


Şekil 1. Türkiye Grid Kareleme Sistemi (Davis, 1965)

Erzincan ili genel olarak karasal iklim özelliğine sahiptir. Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan, Elazığ ve Malatya dışındaki diğer tüm illerden daha ılıman bir iklimi vardır. Doğu Anadolu ve İç Anadolu iklimleri arasında bir geçiş niteliği taşıyan Erzincan iklimi Doğu Anadolu Bölgesi basınç kuşaklarına, ilin yüzey şekilleri ve yükseltilerine göre yer yer farklılıklar göstermektedir (Anonim, 2011a).

Çayırlı Meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık ortalamasıcaklık 8,3 °C'dir. En sıcak ay Temmuz ayı (34 °C) ve en soğuk ay Ocak ayı (-11,7 °C)'dır. İlçe Aralık-Mart ayları arasını kar örtüsü altında geçirir. İlçede bahar mevsimlerinde de kış özellikleri görülür. Bugüne kadar karşılaşılan en yüksek sıcaklık değeri Temmuz 2000-2010'da 40,6 °C ve en düşük sıcaklık değeri Aralık 2000-2010'da -25,0 °C olmuştur. Erzincan, çevre illere göre yaz mevsimini daha uzun ve sıcak yaşamaktadır. Kış mevsiminde ise, Sibirya kaynaklı hava kütlesinin etkisinde kaldığı zamanlar, oldukça sert kış günleri yaşanmaktadır Erzincan ilinin ortalama kar yağışlı gün sayısı 27,5 toplam karla örtülü gün sayısı 34,9'dır. Kar yağışları Ekim ayı sonlarında başlayıp, Nisan ayına kadar sürebilmektedir. İl yıllık 30,9

mm'lik yağış ortalamasına sahiptir. En yağışlı mevsim ilkbahar olup, alınan yağışın % 40'ı bu mevsimde kaydedilmektedir (Akkan, 1963; Anonim, 2011b).



Şekil 2. Çayırlı İlçesinin Coğrafya Haritası (Çayırlı Kaymakamlığı, 2015)

Çayırlı ilçesinin en önemli ekonomik sektörü tarımdır. İlçede en fazla şeker pancarı, buğday, arpa ve fasulye tarımı yapılmaktadır. Yaklaşık olarak 37.761 hektar merası bulunan ilçede, büyük ve küçükbaş hayvancılık da önemli düzeyde yapılmaktadır. Arıcılık, madencilik ve balıkçılık ilçe ekonomisinin diğer temel öğelerini oluşturmaktadır (Anonim, 2011a).

Çalışma alanında görülen temel toprak grupları şunlardır. Alüviyal Topraklar (Bu toprakların çoğu yukarı kesimlerde bulunur, nemli, yıkanmış kireç ve organik madde bakımından zengindir), Kolüviyal topraklar (Dağların eteklerinden ve yamaçlardan taşınan çakıllı, kumlu malzemelerin yamaçlarda birikmesiyle meydana gelen topraklardır), Kahverengi Orman Toprakları (Bu topraklar yüksek kireç içeriğine sahip ana madde içerirler), Kırmızımsı Kahverengi Topraklar (Oluşumlarında kalsifikasyon rol oynar, organik madde içeriği orta seviyededir, doğal bitki örtüsü uzun boylu otlar ve çalılardır) ve Çıplak Kaya ve Molozlar (Üzerinde toprak örtüsü bulunmayan, sert kaya ve taşlarla kaplı, genellikle bitki örtüsünden yoksun alanlardır) (Saygılı, 2000; Atalay, 2006; Anonim, 2011a; Okaes, 1958).

Erzincan florasında, Flora of Turkey and East Aegean Islands (Davis, 1965-1985; Davis vd., 1988; Güner vd., 2000) adlı esere göre 87 familya ve 342 cinse ait 795 tür bulunmaktadır. Bu eserde Erzincan'a kayıtlı endemik takson sayısının 276 olduğu belirtilmektedir. Yapılan son çalışmalardan Erzincan'daki endemik bitkilerin toplam sayısının 437 olduğu anlaşılmaktadır. Bu bitki türlerinden 46'sı Erzincan'a özgüdür. Ayrıca Erzincan, Türkiye'nin 13 endemik bitki merkezinden 2'sine ve 6 önemli bitki alanına sahip olup bitki zenginliği açısından Türkiye'nin en önemli alanları arasında gelmektedir (Kandemir, 2008; 2012; Kandemir vd., 2015; Korkmaz ve Turgut, 2014; Korkmaz vd.,

2015; Korkmaz ve İlhan, 2015). Erzincan'ın doğal bitkilerinin tanıtılması amacıyla hazırladığımız ve yayınlama aşamasındaki bir çalışmamıza göre ise ilde 2400 civarında doğal bitki taksonunun yayılış gösterdiği ve bunlardan 500 kadarının endemik olduğu belirlenmiştir.

Daha önce Erzincan çevresinde yapılan floristik çalışmalarda Yıldırımlı (1995) Munzur dağlarının florasını, Kaya (1996) Tercan çevresi, Şengül (Erzincan) ve Bağırbaba (Tunceli) dağlarının florasını, Kandemir ve Türkmen (2008) Üzümlü ilçesi (Erzincan) ile Sakaltutan geçidi (Gümüşhane) arasında kalan dağların florasını, Korkmaz ve Turgut (2014) Ergan dağının florasını ve Korkmaz (2015) Çayırlı ilçesinin florasını belirlemişlerdir. Çayırlı ilçesinin florasının belirlendiği son çalışma kapsamında ilçeden 2011-2013 yılları arasında 1000'den fazla bitki örneği toplanmıştır. Toplanan örneklerin teşhis çalışmaları sonucunda toplam 67 familya ve 255 cins'e bağlı 591 tür ve tür altı takson tespit edilmiştir. Bu taksonlardan 5'i Eğrelti (Pteridophyta), 584'ü Tohumlu bitki (Spermatophyta)'dır. Spermatophyta divizyosunda yer alan taksonlardan 2'si Gymnospermae subdivizyosuna, 582'si Angiospermae altdivizyosuna aittir. Angiospermae altdivizyosu üyesi taksonlardan 514 (% 88)'ü Dicotyledoneae, 70 (% 12)'i Monocotyledoneae sınıflarında yer almıştır.

Erzincan yöresinde ve yakın çevresinde yapıldığı belirlenenen etnobotanik çalışmalarda Korkmaz ve Alpaslan (2014) Ergan Dağı'nda yetişen bitkilerin etnobotanik özelliklerini, Korkmaz ve Karakuş (2014) Üzümlü ilçesinin doğal gıda bitkilerini, Korkmaz vd. (2014) Kemaliye (Erzincan) yöresinde Zetrin adlı baharatın hazırlanmasında kullanılan bitki taksonlarını, Korkmaz ve Karakurt (2014) Kelkit (Gümüşhane) aktarlarında satılan tıbbi bitkileri, Korkmaz ve Karakurt (2015) Kelkit ilçesinde doğal gıda bitkilerinin geleneksel kullanımlarını, Korkmaz ve Karakuş (2015) Üzümlü ilçesinde tıbbi bitkilerin geleneksel kullanımlarını, Korkmaz vd. (2016) Erzincan aktarlarında satılan tıbbi bitkileri, Korkmaz vd. (2016) Üzümlü'de farklı amaçlar için kullanılan bitkilerin etnobotanik özelliklerini belirlemişlerdir.

Bu çalışma ile de daha önce hiç çalışılmamış olan Çayırlı yöresinde halkın tıbbi amaçla faydalandığı bitkilerin belirlenerek kullanım özelliklerinin ortaya konulması hedeflenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bitki numuneleri 2011-2013 arasında uygun vejetasyon dönemlerinde Çayırlı çevresinden, köylerinden ve yaylalarından toplanmıştır. Etnobotanik verileri toplamak için ilçe merkezine ve köylerine gidilerek yöre halkıyla yüz yüze görüşülmüştür. Bitkilerin etnobotanik özelliklerinin tespiti için; köy halkı, köy kahvehaneleri, yaylaya göç etmiş köylüler, bitkisel ürünleri satışa sunan ve satın alan köylüler, arıcılar ve çobanlarla görüşülmüştür. Toplanan bitki örnekleri bilinen herbaryum teknikleri ile preslenerek kurutulmuştur. Bitki örnekleri "Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Davis, 1965-1988); Güner ve ark. (2000)" adlı eserden yararlanılarak teşhis edilmiştir. Teşhis edilen örnekler Biyoloji bölümümüzde henüz kurulma aşamasında olan herbaryumda bulunan örneklerle karşılaştırılarak kesinlik kazandırılmıştır. Çalışma sonucunda araziden toplanan bitki örnekleri teşhis çalışmalarını müteakiben herbaryum kartonlarına yapıştırılmış, etiketlenmiş ve kurulum aşamasında olan Erzincan Üniversitesi Herbaryumu'nda muhafaza altına alınmıştır.

BULGULAR

Araştırma sonucunda belirlenen bitki taksonları ve bu taksonların tıbbi kullanımlarına ait etnobotanik veriler Tablo 1'de verilmiştir. Bu tabloda sırasıyla bitkilerin familyaları, bilimsel adları (tür/ takson adı), Türkçe/Yörsel adları, kullanım amaçları, kullanılan kısımları, tıbbi etkileri/kullanım şekilleri sırasıyla verilmiştir. Tabloda son olarak bitkilerin tıbbi özellikleri ile ilgili bilgilerine başvurulan kaynak kişiler belirtilmiştir.

Tablo 1. Çayırlı ve köylerinde belirlenen doğal bitkilerin kullanılan kısımları ve tıbbi özellikleri

Familya	Takson adı / Kayıt No	Türkçe adı / Yerel adı	Kullan. kısım	Kullan amacı	Tıbbi etkisi/ Kullanım şekli	Kaynak
Equisetaceae	****Equisetum arvense** L. 3049	Atkuyruğu	Tamamı	Tıbbi	*Equisetum arvense* bitkisi ve *Xeranthemum annuum* çiçekleri kurulur, karıştırılır ve çay gibi demlenerek içilir. Nefes darlığına iyi gelir.	22
Amarylladaceae	***Allium cepa** L.	Soğan	Etli kısmı	Tıbbi	Bolca yendiğinde şekeri düşürür.	24
					Soğanı kurutularak idrar yolu iltihabı için aç karnına bir çorba kaşığı 1 hafta boyunca içilir.	25
Amaryllidaceae	*Allium szovitsii* Regel 3144	Kurat, Yabani soğan	Tamamı	Tıbbi	Tansiyona iyi gelir, Otlu peynire katılır.	23
Apiaceae	*Pimpinella cappadocica* var. *cappadocica* Boiss. Et Bal. 2937	Dadırgan	Çiçek	Tıbbi	Çiçeği şekere iyi gelir. Çayı içilir	24
Apiaceae	*Prangos pabularia* Lindl. 2990	Çaşır	Yaprak ve meyve	Tıbbi	Cinsel gücü artırıcı, yaprakları yenir. Yemeği yapılır. Kaynatılır suyu içilir.	24
Asphodelaceae	***Eremurus spectabilis** Bieb.	Çiriş	Kök ve gövde	Tıbbi, Gıda	Kökü ezilip başa sürüldüğünde baş ağrısına iyi gelir. Yemeği yapılır,	28
Asteraceae	*Achillea biebersiteini* Afan. 2858	Sarı civan perçemi /Sarı ot	Çiçek	Tıbbi	Tüm vücut iltihapları için kaynatılır. 2-3 dakika suda bekletilir ve içilir.	22
	3239	Sarı civan perçemi	Çiçek	Tıbbi	Prostat için kullanılır. Çayı içilir	25
	3166	Sarı civan perçemi	Çiçek	Tıbbi	Yanık ve yaraya iyi gelir	5, 6, 7, 8
Asteraceae	*Achillea millefolium* L. subsp. *millefolium* 3265	Civanperçemi	Çiçek	Tıbbi	Sinüzit ve boğaz iltihaplarında çok iyi gelir. Antiseptiktir. Dikkatli kullanılmalıdır. Fazla kullanımı sarsar.	24
Asteraceae	*Achillea schischkinii* Sosn. Dn. Zhurn 2894	Deli civanperçemi	Çiçek	Tıbbi	Çiçekleri kurutulur ufalanır ve şifa için çorbaya katılır.	28
		Ayvadana	Çiçek	Tıbbi	Mide ağrılarına iyi gelir. 3 dal çiçek kaynamış suya atılır. 1-2 dak. bekletilir. Çay olarak içilir.	24
Asteraceae	*Achillea setacea* Waldst. & Kit. 2977	Civan perçemi	Çiçek	Tıbbi	Üşütmeye ve mideye iyi gelir. Bir bardak sıcak suya 3 dal çiçekli dal atılır. Çay ıiçilir.	24
Asteraceae	*Anthemis cretica* L. subsp. *iberica* (Bieb.) Grierson 3157	Papatya	Çiçek	Tıbbi	Çay şeklinde tüketilir. Ağız yarasına ve boğaz iltihabına iyi gelir.	22
		Papatya /Beyaz papatya	Çiçek	Tıbbi	Suda kaynatılıp elde edilen sıvı adet söktürücü, öksürük kesici, göğüs yumuşatıcı ve balgam söktürücü etkisi için içilmektedir.	24
Asteraceae	*Artemisia austriaca* Jacq. 2897	Sancı otu	Çiçek	Tıbbi	Karın ağrısına iyi gelir. Kaynamış suda çok az bekledikten sonra içilir.	22
		Yavşan /Acı biyom	Çiçek	Tıbbi	Kabızlığa, bağırsak rahatsızlıklarına iyi gelir. Çiçeği emilir.	31
		Yavşan /Acı biyom	Çiçek	Tıbbi	Yıkanıp bir miktarı 1 litre suda kaynatılıp dinlenir. Sabahları 1'er fincan içilir. Kanser türlerine, prostata karşı ve cinsel güç arttırıcıdır.	24
Asteraceae	*Centaurea triumfettii* All. 2930	Peygamber çiçeği	Çiçek	Tıbbi	Tohumları balla karıştırılıp yenildiğinde kolestrole iyi gelir. Kaynatılarak da içilir.	24
Asteraceae	*Cichorium intybus* L. 3168	Yabani hindiba	Çiçek, Gövde	Tıbbi, Gıda	Astım için kullanılır, Sütü (gövde) yaralarına iyi gelir.	5, 6, 7, 8

		/Mavi çiçek			Çiğ yenilir, salatası yapılır	
		Yabani karahindiba /Sakız otu	Kök	Tıbbi	Kökündeki beyaz sütü sindirimi kolaylaştırmak için emilir.	31
Asteraceae	*Cousinia eriocephala* Boiss. & Hausskn. 2898-a	Deve dikeni	Çiçek	Tıbbi,	Kolestrol düşürür. Tohumları kaynatılır. Tatlandırılır ve içilir. Aç karnına günde 1 bardak.	24
Asteraceae	*Gundelia tournefortii* L. var. *tournefortii* 2907	Kenger	Kök ve Gövde	Tıbbi, Gıda	Diş etlerini kuvvetlendirir. Kökünden yararlanılır. Kökünden sakız yapılır. Kökleri taze iken toplanıp dışı soyularak sütle haşlanır ve bulgur ilave edilip pilavı yapılarak yenmektedir. Gövdesi soyularak yenilir.	31
Asteraceae	*Helichrysum arenarium* (L.) Moench. subsp. *erzincanicum* Davis & Kupicha 3916	Erzincan altınotu /Altın otu	Çiçekli dallar	Tıbbi	Suda kaynatılır, elde edilen sıvı idrar yolları enfeksiyonuna karşı kullanılır.	31
Asteraceae	*Helicrysum plicatum* DC. subsp. *plicatum* 2922	Altın otu	Çiçek ve tümü	Tıbbi, koku	Çayı şeker hastalığına iyi gelir. Evlere asılır güzel koku verir.	31
Asteraceae	*Tanacetum balsamita* L. subsp. *balsamitoides* (Schultz Bip.) Grierson 2973	Papatya	Çiçek	Tıbbi,	Cildi güzelleştirir. Çiçekleri ezilerek çıkan suyu cilde sürülür,	31
Asteraceae	*Trogopagon dubius* Scop. 3169	Yemlik /Yemlik	Yaprak	Tıbbi, Gıda	Mide iltihabına iyi gelir. Çiğ yenilir, salatası yapılır.	5, 6, 7, 8
Asteraceae	*Trogopagon latifolius* Boıss.var. *angustifolius* Boiss. 3167	Yemlik	Kökü	Tıbbi,	Sütü dişleri beyazlatır.	31
Asteraceae	***Xeranthemum annuum* L. 2910	Kağıtçiçeği	Çiçeği	Tıbbi	*Xeranthemum annuum* çiçekleri ve *Equisetum arvense* bitkisi kurulur, karıştırılır ve çay gibi demlenerek içilir. Nefes darlığına iyi gelir.	22
Berberidaceae	*Berberis crataegina* DC. 3306	Karamık	Meyve ve yaprak	Tıbbi, gıda	Nefes darlığı ve akciğer iltihabına iyi gelir. Yaprağı ağız yaralarına iyi gelir. Yaprakları çiğ olarak yenir. Meyveleri reçel yapılır, yaprakları ekmek arasına katılır yenir.	24
	2904	Karambuk		Tıbbi, gıda	Genç yaprakları kan şekerini düşürmek için yenir.	31
Boraginaceae	*Macrotomia densiflora* (Ledeb.) McBride (Syn.: *Arnebia densiflora* (Nordm.) Ledeb.) 2850	Koca eğnik	Kökü	Tıbbi, Gıda	Kökleri böbrek ağrısı ve tansiyona iyi gelir. Kaynatılır Kökündeki sütten sakız yapılmaktadır.	31
Boraginaceae	*Cerinthe minor* L. subsp. *auriculata* (Ten.) Domac 3665	Cücegözü /Hışhış	Yaprak	Tıbbi	Yaprakları suda kaynatılır elde edilen sıvı vücuttaki ödemin gidermesi için içilmektedir.	31
Chenopodiaceae	*Chenopodium foliosum* (Moench) Aschers. 3308	İt üzümü	Meyva	Tıbbi, Gıda	Koyu ve olgun meyveleri hazım için yenir.	31
Convolvulaceae	*Convolvulus arvensis* L. 2931	Sarmaşık	Yaprak	Tıbbi	Yaprakları yumurtayla yenir.	24
Crassulaceae	*Sedum sempervivoides* Bieb. 3192	Çoban ekmeği	Yaprak	Tıbbi	Yaprakları yenir.	24
Dipsaceae	***Cephalaria procera* Fisch. & Lall. 3181**	**Gevrek,yüksek pelemir. /Gulik, Gulina**	**Gövde**	**Tıbbi.**	**Gövdesi kırılarak sütü yaraya sürülür. Kanamayı durdurur yarayı iz bırakmadan iyileştirir.**	5, 6, 7, 8
Elaeagnaceae	*Elaegnus angustifolia* L. 3349	İğde	Çiçeği ve meyvesi	Tıbbi, Gıda	Çiçeği öksürüğe iyi gelir. Meyvesi taze ve kurutulmuş hali ile kabuğu soyularak ya da kabuklu tüketilmektedir.	21
Euphorbiaceae	*Euphorbia orientalis* L. 3474	Sütleğen	Bitki özsuyu	Tıbbi	Yaraların kapanması için faydalıdır. Birkaç damla sütü yaraya sürülür.	31
Euphorbiaceae	*Euphorbia macroclada* Boiss. 3185	Sütleğen. /Sütleğen.	Gövde	Tıbbi	Zehir etkisi vardır.	5, 6, 7, 8
Euphorbiaceae	*Euphorbia virgata* Waldst. & Kit.ex Willd. 3264	Sütleğen /Yılan sütü	Gövde	Tıbbi	Hazımsızlığa iyi gelir. Çok zehirlidir. Dikkatli kullanılmalıdır.	1, 2, 3, 16

Fabaceae	*Astragalus eriocephalus* Wılld. subsp. *elongatus* Chamb. Et Matthews 2942	Geven	Kökü	Tıbbi	Kökünden yağı çıkarılır. 3 su bardağı suya 3,5 bardak kök konur. 1 su bardağı kalana dek kaynatılır. 1 bardak zeytinyağı ile kaynatılarak yağı elde edilir.	24
Fabaceae	*Securigera varia* (L.) Lassen (Syn.: *Coronilla varia* L.) 3171	Alaca taç otu, renkli burçak /Yabani yonca	Çiçekleri	Tıbbi, Hayvan yemi	Çiçekleri astım ve bronşite iyi gelir. Bronşit için çiğ olarak tüketilir. Hayvan yemidir.	5, 6, 7, 8
Fabaceae	*Trifolium pratense* L.var. *pratense* Boiss. Et Bal. 3176	Yonca /Yabani yonca	Yaprak, çiçek	Tıbbi	Çiçekleri çiğ olarak tüketilir	5, 6, 7, 8
Fabaceae	*Vicia cracca* L.subsp. *cracca* 3183	Bezelye	Meyve	Tıbbi	İştah açıcı ve bulantı gidericidir. Taze bezelye taneleri özellikle hamile kadınlara yedirilir.	24
Hypericaceae	*Hypericum perforatum* L. 3887	Sarı kantaron /Sarı kantaron	Yaprak, dal, çiçek	Tıbbi	Yıkanıp bir şişeye konduktan sonra üzerine zeytinyağı dökülüp birkaç ay güneşte bekletilmektedir. Yağın rengi kıpkırmızı olduğu zaman kantaron yağı elde edilmiş demektir. Bu yağ kanamaları durdurmak, yara izlerini kapatmak, yaraların kabuk bağlamasını önlemek amacıyla yara üzerine pamukla sürülmektedir. Çok derin yaraları bile bir hafta gibi kısa bir sürede kapattığı ve iz bırakmadığı için özellikle geçmişte çokça kullanılan bir bitki olarak bilinmektedir.	28
Juglandaceae	*Juglans regia* L. 3348	Ceviz	Yaprak ve meyva kabuğu	Tıbbi	Ceviz yaprağı ve kabuğu karıştırılır. Kaynatılır ve kırmızı renk aldıktan sonra soğutulur. 3 gün günde yarım saat bu suda bekletilir. Ayak kokusuna ve ayak mantarlarına iyi gelir.	18
Lamiaceae	*Ajuga orientalis* L. 3060	Mayasır otu.	Çiçek	Tıbbi	Hemeroit hastalığına iyi gelir.	20
Lamiaceae	*Melisa officinalis* (L.) Desr. -	Oğul otu	Yaprağı	Tıbbi	Sıkıntıya, çarpıntıya ve strese iyi gelir. Çayı içilir.	24
Lamiaceae	*Mentha longifolia* (L.) Hudson 2888	Uzun yapraklı nane/ Nane, yarpuz	Çiçek	Tıbbi	Çay gibi demlenen çiçekleri kanser tedavisinde kullanılmaktadır.	25
Lamiaceae	*Origanum acutidens* (Hand.-Mazz.) Ietswaart 2885	Kekik /Zetrin Kum anuğu	Yaprak, Çiçek	Tıbbi, Çay, Baharat	Tıbbi amaçla kullanılır. Çiçek açmadan önce yaprak gövdeden sıyrılır, kurutulur, Çayı yapılır, Baharat olarak et yemeklerinde kullanılır,	1, 2, 3, 16
Lamiaceae	*Stachys annua* (L.) L.subsp. *annua* (L.) L. var. *lycaonica* Bhattacharjee 3188	Karabaş otu /Acı ot, kanser otu	Tamamı	Tıbbi	Kanser türlerine, basura, sindirime iyi gelir. Hafifçe kaynatılarak acı suyu içilir.	9- 15
Lamiaceae	*Stachys lavandulifolia* Vahl var. *lavandulifolia* 3530	Tütlü çay /Ada çayı	Çiçek	Tıbbi	Çiçekli dalları suda kaynatılır, çayı nefes darlığı tedavisi için içilir.	26
Lamiaceae	*Teucrium chamaedrys* L. subsp. *syspirense* (C. Koch) Rech. Fil. 2981	Kısamahmut	Çiçek	Tıbbi	Çayı boğaz ağrılarına iyi gelir.	31
Linaceae	***Linum usitatissimum* L.	Keten	Tohum	Tıbbi	Prostata iyi gelir. Hazanbel (Acorus calamus) kökü ile kaynatılır, limon eklenir ve içilir.	31
					Mide yanmalarına iyi gelir.	24
Malvaceae	*Alcea calverti* Boiss. 2901	Hatmi /Hatmi Çiçeği	Çiçek	Tıbbi	Çiçekleri ve taze yaprakları sütle kaynatılıp elde edilen sıvı boğaz ağrısı ve öksürüğün geçmesi için içilmektedir.	25
Malvaceae	*Malva neglecta* Wallr. 3885	Ebemgümeci /Ebegümeci	Dal, yaprak, çiçek	Tıbbi	Bitkinin gövde, yaprak ve çiçek kısmı suda kaynatılıp elde edilen sıvı iltihabı sökmesi, sancıyı	26

					kesmesi, romatizma ve kanser tedavileri için içilmektedir.	
Papaveraceae	*Papaver fugax* Poıret var. *fugax* 3500	Haşhaş	Açmamış çiçek kapsülü	Tıbbi	Psikolojik olarak moral verir. Çiçek açmadan çiğ tomurcuk yenir.	19
Pinaceae	*Pinus nigra* L. 3842	Karaçam /Çam	Dal	Tıbbi	Çıra denilen reçineli ince dallar saç dökülmesini önlemek amacıyla kaynatılır ve saç yıkanacak suyla karıştırılır.	24
Plantaginaceae	*Plantago media* L. 3160	Orta yapraklı sinir otu /Bağ yaprağı	Yaprak	Tıbbi	Yaralanmalarda yaprak ezilerek yaraya sarılır.	4
Poaceae	*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steudel 3826	Saz otu, Kamış	Gövde	Tıbbi, Oyun	Yara iyileştiricidir. Kesik yerin iltihap almaması için kullanılır, Uçurtma yapılır.	24
Polygonaceae	*Polygonum cognatum* Meissn. 2811	Madımak, ebemekmeği	Yaprak	Tıbbi, Gıda	Öksürüğe iyi gelir. Kavrulur, bulgurlu pilav ve pirinçle lapa yapılır	24
Polygonaceae	*Rumex crispus* L. 3352	Evelik	Yaprak	Tıbbi, Gıda	Tohumu nefes darlığı için kullanılır. Kaynamış suya bir miktar tohum atılır, çayı içilir.	22
Polygonaceae	*Rumex gracilescens* 3175	Evelik, /Evelik, tırşıkağa	Yaprak	Tıbbi, Gıda	Mide ve iç yaralara iyi gelir. Taze yapraklarından turşu yapılır, çiğ olarak da tüketilir. Fazla yenilmesi böbrek yetmezliğine yol açabilir. Çorbası da yapılır.	5, 6, 7, 8
Polygonaceae	*Rumex ponticus* Rech. 3163	Evelik, /Evelik, ilabada	Yaprak	Tıbbi, Gıda	Tohumu nefes darlığına iyi gelir. Bala karıştırılarak yenir. Yemeği yapılır.	4
Polygonaceae	**Rheum ribes* L.	Işgın	Kök ve Gövde	Tıbbi	Kaynatılan kökünün suyu içildiğinde, şeker hastalığına ve mide rahatsızlığına iyi geldiğine inanılmaktadır. Ayrıca kaynatılan kök suyu balla karıştırılıp içildiğinde basur hastalığına iyi gelir. Gövdesi soyularak çiğ olarak da tüketilir. Yaprakları zehirlidir.	28
Rosaceae	***Crataegus monogyna* Jacq.	Alıç	Kabuk	Tıbbi	Eklemlerdeki kireçlenmeye iyi gelir. Alıç kabuğu, Meyan kökü, Ihlamur ve Zencefil ile karıştırılarak çayı demlenir içilir.	22
Rosaceae	*Crataegus monogyna* Jacq.subsp. *monogyna* 3184	Alıç Aluç, Alıç	Meyve	Tıbbi	Kan şekerini düşürür, Sindirime iyi gelir.	5, 6, 7, 8
Rosaceae	*Malus sylvestris* Miller subsp. *orientalis* (A. Uglitzkich) Browicz var. *orientalis* 2911	Yabani elma	Meyve	Tıbbi, Gıda	Boğaz rahatsızlıkları, öksürük ve faranjite iyi gelir. Haşlanır ve suyu içilir. Turşusu yapılır.	24
	3356	Yabani elma	Meyve	Tıbbi	Bulantı keser ve iştah açar. Hamileler tarafından ekşi olduğu için tüketir.	31
Rosaceae	*Rosa canina* L. 3180	Kuşburnu /Şilan. İt burnu, İt gülü	Meyve	Tıbbi, Gıda	Kansere ve kalbe iyi gelir. Kurusunun kompostosu, reçeli, çayı yapılır	5,6,7,8
	2809	Gül, kuşburnu	Kök, Meyve	Tıbbi, Gıda	Kökü kaynatılarak içilir, hemoroide iyi gelir. Kurutulan meyvelerinde şerbet yapılır, Şerbeti nefes açıcıdır.	21
	3310	Kuşburnu	Meyve	Tıbbi	Hemoroide iyi gelir.	31
Rosaceae	*Rosa dumalis* Bechst. subsp. *boissieri* (Crepin) Ö. Nilsson var. *boissieri* 2810	Kuşburnu	Meyve	Gıda, Tıbbi	Meyveleri basur tedavisinde kullanılır. Meyveleri komposto yapılır.	24
Rosaceae	*Rosa foetida* J. Herm. 2804	Koyun gözü/ Sarıgül	Meyve, Yaprak	Tıbbi, Gıda	Şeker hastaları yaprakları ve meyvelerini şifa için yer. Meyveleri hemoroid trdavisi için aç karnına yenir. Bir çorba kaşığı meyve olgunlaşınca ezilerek yenir..	24

Rosaceae	*Rubus caesius* L. 3173	Böğürtlen /Dırıke	Meyve	Gıda, Tıbbi	Şekere ve kansere iyi gelir. Kökünden çay yapılır. Meyvesinden komposto, reçel, ve çay yapılır.	5, 6, 7, 8
Solanaceae	*Hyoscyamus niger* L. 2808	Diş otu	Tohum	Tıbbi	Antimikrobiyal etkisi vardır, Burun göz ve diş mikroplarını öldürür. Tohumları bakır tasta ateşe konur kokusu dumanı buruna ve göze temas ettirilir. Çok zehirli bir bitkidir, dikkatli kullanılmalıdır.	24
Urticaceae	*Urtica dioca* L. 3174	Isırgan	Yaprak	Tıbbi, Gıda	Balla macun yapılır kanser hastaları için iyidir. Kaynatılır ve suyu içilir.	22
			Yaprak		Romatizma ve kansere iyi gelir. Tazeyken ıspanak gibi pişirilir. Haşlanarak da tüketilir.	5, 6, 7, 8
	2806	Isırgan /Isırgan otu	Yaprak	Tıbbi, Gıda	Kansere iyi gelir. Çorbası ve lapası yapılır.	24
			Yaprak	Tıbbi	Bal ile karıştırılıp yendiğinde akciğer kanserine iyi gelir.	31
Zingiberaceae	**Alpinia officinarum*	Havlıcan	Kök	Tıbbi, Gıda	Soğuk algınlığına ve gribe iyi gelir.	24
Zygophyllaceae	*Tribulus terrestris* L. 3727	Demir dikeni /Dadaş otu	Meyve	Tıbbi	Meyvesi suda kaynatılıp elde edilen suyu kalp rahatsızlıkları, damar tıkanıklığı ve idrar yolları iltihabı tedavisi için içilmektedir.	24

* : İlçede halkın değişik amaçlarla yararlandığını bildirdiği ancak örnekleri toplanamayan bitkiler.

* * : Karışım olarak kullanılan bitkiler.

Tablo 2. Bitkilerin tıbbi özelliklerinin belirlenmesinde katkısı olan kaynak kişiler

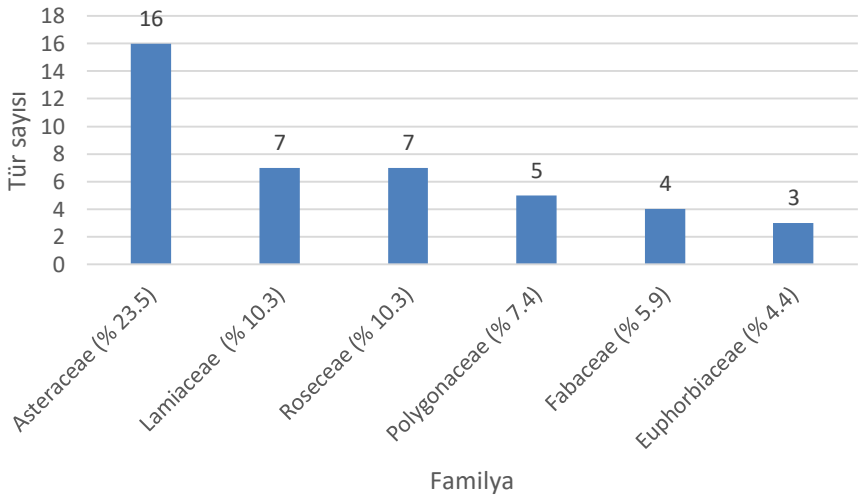
No	Adı ve Soyadı	İkameti	Cinsiyeti	Yaşı
1	Şinasi DOĞAN	Mantarlı köyü	E	70
2	Cebrail DEMİR	Mantarlı köyü	E	37
3	Şaban İNAN (Arıcı)	Mantarlı köyü	E	72
4	İbrahim İNAN (Arıcı)	Mantarlı köyü	E	30
5	Turgut EFE	Harmantepe köyü	E	69
6	Talat EFE	Harmantepe köyü	E	43
7	Seher YILDIZ	Toprakkale köyü	K	75
8	Fevzi ÖZBEK	Toprakkale köyü	E	65
9	Beyaz ÖZBEK	Toprakkale köyü	K	55
10	Ercan ÖZBEK	Toprakkale köyü	E	48
11	Kani KOCA	Saraycık köyü	E	30
12	Yüksel KOCA	Saraycık köyü	E	49
13	Zeynel ELMAS	Yukarı Kartallı köyü	E	80
14	Ahmet MUTLU (Arıcı)	Yukarı Kartallı köyü	E	90
15	Süleyman MUTLU (Arıcı)	Yukarı Kartallı köyü	E	45
16	Mecit ELMAS	Yukarı Kartallı köyü	E	45
17	Hüseyin TÜRKMEN	Büyük Yayla köyü	E	60
18	Hasan ÇELİK	Akyurt köyü	E	65
19	Muhteber ÇELİK	Akyurt köyü	K	69
20	Orhan BAHADIR	Çayırlı merkez	E	47
21	Ahmet SADIK	Çayırlı merkez	E	44
22	Mustafa YILDIRIM	Çayırlı merkez	E	83
23	Kamil BAHADIR	Çayırlı merkez	E	98
24	Tahsin BAHADIR	Çayırlı merkez	E	60
25	Enver ACAR	Çayırlı merkez	E	60
26	Erdal YEDİGÖL	Yaylalar Köyü	E	47
27	Mustafa KARACA	Balıklı köyü	E	51
28	Yaşar İNAN	Balıklı köyü	E	54

29	Ahmet TAHAN	Balıklı köyü	E	47
30	Abdulaziz ERDOĞAN	Balıklı köyü	E	55
31	Binali TEKİN	Başköy	E	60
32	Dilber TEKİN	Başköy	K	60
33	Ulaş TEKİN	Başköy	E	30

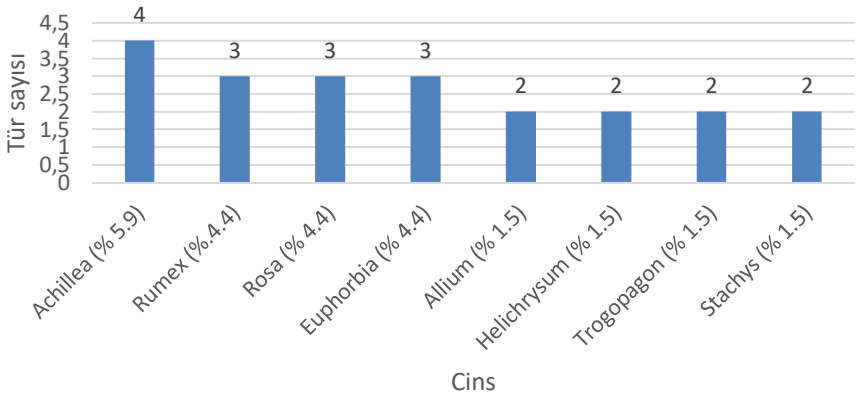
SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma sonucunda Çayırlı ve köylerinde 29 familya ve 40 cinse ait 68 bitki taksonunun tıbbi amaçlar için kullanıldığı belirlenmiştir. Çalışma sonucu elde edilen tüm veriler düzenlenerek Tablo (1) halinde verilmiştir. Belirlenen bitkilerin bilimdel adları, Türkçe ve yöresel adları, kullanılan kısımları, kullanım amaçları, tıbbi etkileri ve kullanım şekilleri ve kaynak kişiler tabloda sırasıyla verilmiştir. Bu bitkilerden canlı örneği toplanamayanlar (*) ve karışım olarak kullanılanlar (**) tabloda belirtilmiştir.

Tıbbi özellikleri belirlenen bitkilerin familyalara dağılımı şu şekilde bulunmuştur.
Equisetaceae (1 takson), Amarylladaceae (2), Apiaceae (2), Asphodelaceae (1), Asteraceae (16) (1. Sırada), Berberidaceae (1), Boraginaceae (2), Chenopodiaceae (1), Convolvulaceae (1), Crassulaceae (1), Dipsacaceae (1), Elaeagnaceae (1), Euphorbiaceae (3) 5.sırada), Fabaceae (4) (4. sırada), Hypericaceae (1), Juglandaceae (1), Lamiaceae (7) (2. sırada), Linaceae (1), Malvaceae (2), Papaveraceae (1), Pinaceae (1), Plantaginaceae (1), Poaceae (1)
Polygonaceae (5) (3. sırada), Roseceae (7) (2. sırada), Solanaceae (1), Urticaceae (1), Zingiberaceae (1) ve Zygophyllaceae (1). En büyük familyalar (takson sayıları ve oranları) sırasıyla Asteraceae (16) (% 23.5), Lamiaceae (7) (% 10.3), Roseceae (7) (% 10.3), Polygonaceae (5) (% 7.4), Fabaceae (4) (% 5.9) ve Euphorbiaceae (3) (% 4.4)'dir (Şekil 3). En büyük cinsler (takson sayıları ve oranları) sırası ile şu şekilde bulunmuştur. Achillea (4, % 5.9), Rumex (3, %.4.4), Rosa (3, % 4.4), Euphorbia (3, % 4.4), Allium (2, % 1.5), Helichrysum (2, % 1.5), Trogopagon (2, % 1.5), Stachys (2, % 1.5) (Şekil 4).

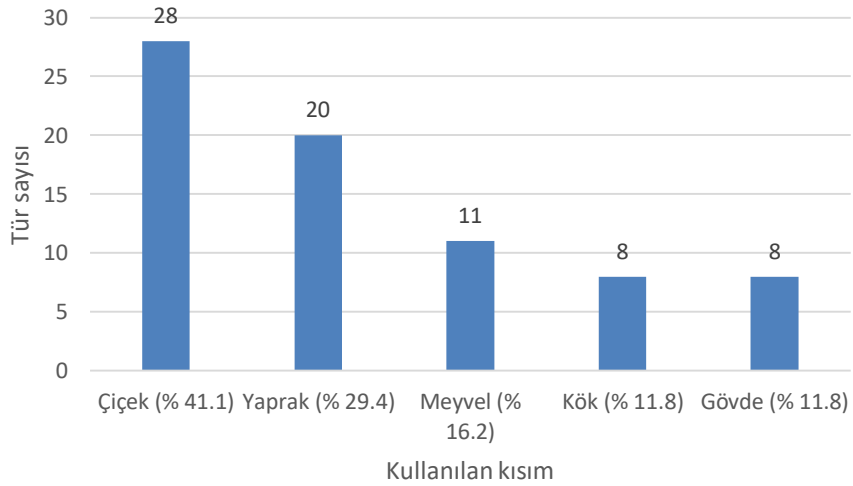


Şekil 3. Bitkilerin büyük familyalara dağılımı



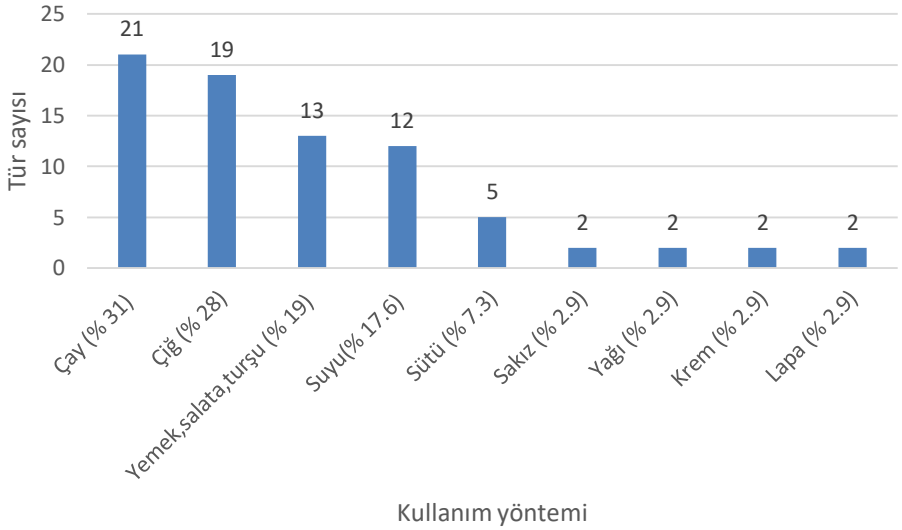
Şekil 4. Bitkilerin büyük cinslere dağılımı

Bitkilerin kullanılan kısımları ve oranları sırayla şu şekildedir; Bitkinin çiçekleri 28 (% 41.1), yaprakları 20 (% 29.4), meyveleri 11 (% 16.2), kökü 8 (% 11.8) ve gövdesi 8 (% 11.8)'dir (Şekil 5).



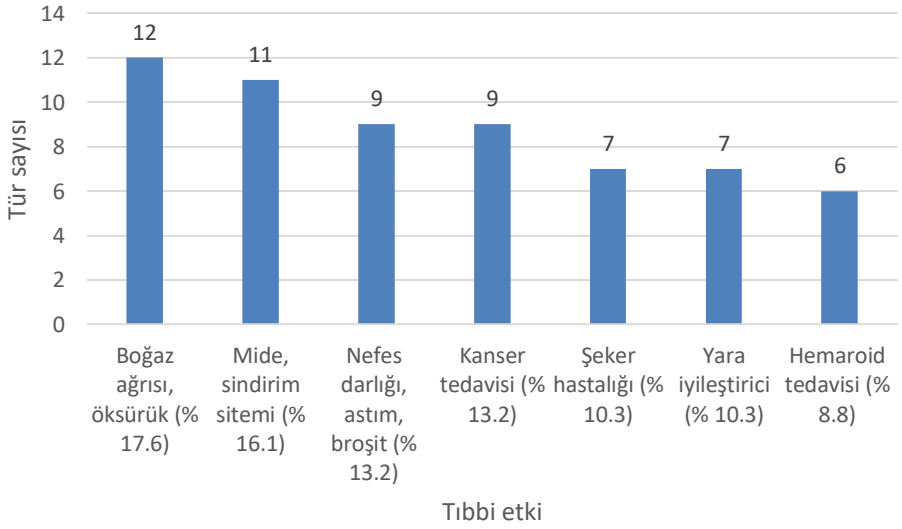
Şekil 5. Bitkilerin kullanılan kısımları

Bitkilerin kullanım yöntemleri sırası ile şu şekildedir; 21 bitki çayı demlenerek (% 31), 19 bitki çiğ tüketilmek suretiyle (% 28), 13 bitki yemeği, salatası veya, turşusu yapılarak (% 19),
12 bitki suyu çıkarılarak (% 17.6), 5 bitki sütü çıkarılarak (% 7.3), 2 bitki sakız olarak (% 2.9), 2 bitki yağı çıkarılarak, 2 bitki krem olarak, 2 bitki lapası yapılarak kullanılmaktadır (Şekil 6).



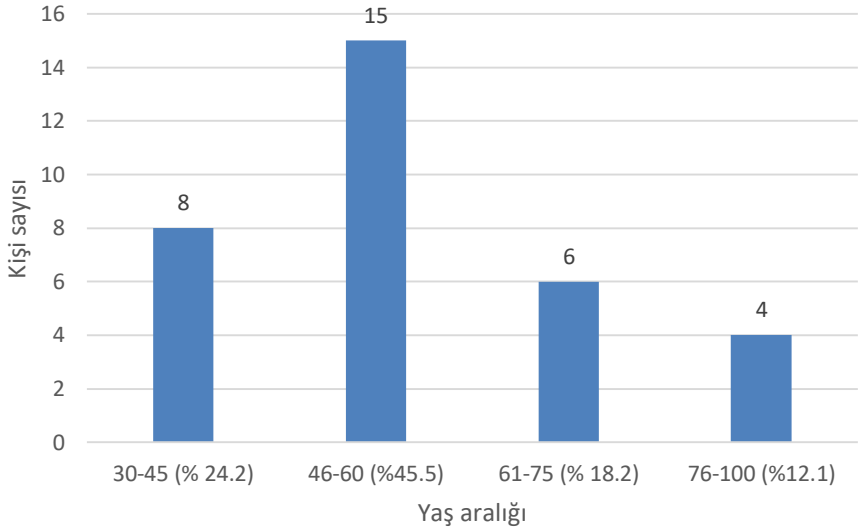
Şekil 6. Bitkilerin kullanım yöntemleri

Bitkilerinin tıbbi etkileri sırası ile şu şekildedir; Boğaz ağrısı ve öksürük 12 (% 17.6), Mide ve sindirim sitemi 11 bitki (% 16.1), Nefes darlığı, astım ve broşit 9 (% 13.2), Kanser 9 (% 13.2), Şeker hastalığı 7 (% 10.3), Yara iyileştirici 7 (% 10.3), Hemaroid tedavisi 6 (% 8.8), Hazımsızlık ve karın ağrısı 5 (% 7.3), Bulantı giderici ve iştah açıcı 4 (% 5.9), İdrar yolu iltihabı 3 (% 4.4), Diş ve diş eti iltihabı 3 (% 4.4) bitkidir (Şekil 7).



Şekil 7. Bitkilerin tıbbi etkileri

Çalışma sırasında bilgilerine başvurulan kaynak kişilerin listesi (Tablo 2) de verilmiştir. Görüşme yaptığımız 33 kişinin yaş aralıkları 30-90 arasında değişmektedir. Bu kişilerin yaş aralıkları ve oranları; 30- 45 yaş arası 8 kişi (% 24,2), 46- 60 yaş arası 15 kişi (% 45,5), 61- 75 yaş arası 6 kişi (% 18,2), 76-100 yaş arası 4 kişi (% 12,1) şeklindedir (Şekil 8).



Şekil 8. Görüşme yapılan kaynak kişilerin yaş aralıkları

Çalışma sonucunda elde edilen verilerle Çayırlı ilçesine ve Erzincan'a yakın alanlarda yapılan diğer çalışmalar karşılaştırılmıştır (Tablo 3). Tıbbi amaçlı kullanılan bitki sayısında Köse Dağları(Kandemir ve Beyazoğlu, 2002) 195 taksonla ilk sıradadır. Kelkit (Gümüşhane) 102 taksonla ikinci sıradadır. Üzümlü (Erzincan) ilçesi (Korkmaz ve Karakuş, 2015) ise 64 taksonla üçüncü sırada yer almaktadır. Bu çalışmalar arasında Erzincan aktarlarında satılan ve yaygın olarak kullanılan tıbbi bitkilerin belirlendiği çalışma 49 takson ile son sıradadır. Çayırlı ilçesi ve köylerinde kullanılan tıbbi bitkileri belirlediğimiz bu çalışmada ise toplam 68 takson belirlenmiştir.

Tablo 3. Çalışma sonuçlarının çalışma alanına yakın bölgelerde yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırılması

Çalışma	**Tıbbi bitki sayısı**
Köse Dağları (Gümüşhane)(Kandemir ve Beyazoğlu, 2002)	195
Ilıca (Erzurum) (Özgen vd., 2004)	52
Ergan Dağı (Erzincan) (Korkmaz ve Alparslan, 2014)	56
Kelkit (Gümüşhane) Aktarları (Korkmaz ve Karakurt, 2014)	102
Üzümlü (Erzincan) (Korkmaz ve Karakuş, 2015)	64
Erzincan Aktarları (Korkmaz vd., 2016)	49
Çayırlı (Erzincan) (Korkmaz, 2019)	**68**

Geçmişten günümüze kadar ulaşan bu değerli bilgilerin kaybolmaması ve gelecek nesillere aktarılması oldukça önemlidir. Artık insanlar hastalıkların tedavisinde doğal bitkilere yönelmekte olduklarından sağlık için destekleyici rolü olan bitkileri daha çok kullanmaya başlamışlardır. Ülkemiz muazzam bir bitki çeşitliliğine sahip olduğundan doğal bitkilerimiz tıbbi bitki ihtiyacımızı fazlasıyla giderebilecek potansiyeldedir. Türkiye'de çok fazla ortaya çıkarılmamış olan etnobotanik veriler daha ziyade hiç çalışılmamış bakir alanlara öncelik verilerek yapılmalı ve yeni veriler kayıt altına alınarak topluma aktarılmalıdır. Bu bilgi aktarımı hem halkın doğal bitki kullanımını artıracak hem de yeni iş imkanları oluşturacaktır. Ayrıca bu bilgileri, yeni nesillere yazılı olarak miras bırakmak bu kültürün korunmasında büyük önem arz etmektedir.

TEŞEKKÜR

EÜBAP-2011-10.01.05'nolu proje ile çalışmayı destekleyen Erzincan Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'ne ve arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen tüm kişi ve kurumlara teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

Akkan, E. 1963. Erzincan Ovasının İklim Özellikleri. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 23: 79-101.

Anonim, 2011a. İl Çevre Durum Raporu. Erzincan Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Erzincan.

Anonim, 2011b. Erzincan İline Ait 2000 - 2010 Yılları Arası Meteorolojik Değerler. Erzincan İl Meteroloji Müdürlüğü, Erzincan.

Atalay, İ. 2006. Türkiye Toprak Coğrafyası. DEÜ Buca Eğitim Fakültesi Coğrafya Eğitimi Anabilim Dalı, İzmir, 448-452.

Davis, PH. 1965-1985. Flora of Turkey and The East Agean Islands. Vol. 1-9, Edinburgh University Press, Edinburgh.

Davis, P.H. (ed.), Mill, R.R., Tan, K. 1988. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 10, Edinburgh University Press, Edinburgh.

Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Baser, K.H.C. 2000. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 11, Edinburgh University Press, Edinburgh.

Kandemir, A., Beyazoğlu, O. 2002. Köse Dağları'nın (Gümüşhane) Tıbbi ve Ekonomik Bitkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(3): 148-157.

Kandemir, A., Türkmen, Z. 2008. The Flora of Üzümlü - Sakaltutan (Erzincan - Gümüşhane). Turk. J. Bot. 32: 265–304.

Kandemir, A. 2012. Erzincan'ın Endemik Bitkileri ve Tehditleri. Biyolojik Çeşitlilik Sempozyumu, Ankara, 108-109.

Kandemir A., Sevindi C., Korkmaz M., Çelikoğlu Ş. 2015. Erzincan (Türkiye)'a özgü endemik bitki taksonlarının IUCN tehdit kategorileri. Bağbahçe Bilim Dergisi, 2(1): 43-65.

Kaya, Y. 1996. Tercan Çevresi ile Şengül (Erzincan) ve Bağırbaba (Tunceli) Dağların Florası. Turkish Journal of Botany, 20: 75-98.

Korkmaz (2015) Floristical diversity and endemic plants of Çayırlı district (Erzincan/Turkey). Biological Diversity and Conservation, 8(3): 223-247.

Korkmaz, M., Alparslan Z. 2014. Ergan Dağı (Erzincan)'nın Etnobotanik Özellikleri. Bağbahçe Bilim Dergisi, 1 (3): 1-31.

Korkmaz, M., Kandemir, A., İlhan, V. 2013. Erzincan ve Çevresinde Yayılış Gösteren Doğal Gül (Rosa L.) Taksonları. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Dergisi, 17(1): 49-59.

Korkmaz, M., Kandemir, A., Karacan, S. 2014. A Survey on Determining the Plant Taxa of Zetrin Spice Used in Kemaliye District (Erzincan, Turkey). Bothalia Journal, 44(3): 101-118.

Korkmaz, M., Kandemir, A., İlhan, V., Doğan Yıldırım, N. 2015. Tanacetum erzincanense (Asteraceae), a new species from Erzincan, Turkey. Turkish Journal of Botany, 39(1): 96-104.

Korkmaz, M., İlhan, V. 2015. Distribution, Traditional Use and Conservation of Geophyte Plants Growing Around Keşiş Mountain, Eastern Anatolia, Turkey. International Journal of Scientific Research in Knowledge, 3(7): 187-197.

Korkmaz, M., Karakurt, E. 2014. Kelkit (Gümüşhane) Aktarlarında Satılan Tıbbi Bitkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(3): 60-80.

Korkmaz, M., Karakurt, E. 2015. Kelkit (Gümüşhane) İlçesinde Doğal Gıda Bitkilerinin Geleneksel Kullanımları. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 8(2): 31-39.

Korkmaz, M., Karakuş, S. 2014. Traditional Uses of Wild Edible Plants in Üzümlü District (Erzincan, Turkey). Mitteilungen Klosteruburg, 64(2): 119-135.

Korkmaz, M., Karakuş , S. 2015. Traditional Uses of Medicinal Plants of Üzümlü District (Erzincan, Turkey). Pakistan Journal of Botany, 47(1): 125-134.

Korkmaz, M., Turgut N. 2014. Flora of Ergan Mountain (Erzincan / Turkey). Biological Diversity and Conservation, 7(3): 195-216.

Korkmaz vd. (2016). An ethnobotanical study on medicinal plants in Erzincan, Turkey. Indian Journal of Traditional Knowledge, 15(2)192-202.

Okaes, H. 1958. Toprakların sınıflandırılması, Türkiye Toprakları. 18. Türk Yüksek Ziraat Mühendisleri Birliği Neşriyatı, İzmir, 84-89.

Özgen, U., Kaya, Y., Coşkun, M., 2004. Ethnobotanical Studies in The Villages of The District of Ilıca (Province Erzurum), Turkey. Economic Botany, 58(4): 691–696.

Saygılı, M.G. 2000. Erzincan İli Arazi Varlığı. T.C. Başkanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 12-18.

Yıldırımlı, Ş. 1995. Flora of Munzur Dağları (Erzincan-Tunceli). OT Sistematik Botanik Dergisi, 2(1):1-78.

ÇAYIRLI (ERZİNCAN) İLÇESİ VE KÖYLERİNDE GIDA VE BAHARAT OLARAK KULLANILAN DOĞAL BİTKİLER

WILD PLANTS USED AS FOOD AND SPICE IN ÇAYIRLI (ERZINCAN) DISTRICT AND THE VILLAGES

Doç. Dr. Mustafa KORKMAZ

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi

ÖZET

Bu çalışmada Çayırlı (Erzincan) İlçesi ve köylerinde yöre halkının tıbbi amaçlar için geleneksel olarak yararlandığı doğal bitkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. İlçe, Erzincan il merkezinin doğusunda ve 113 km uzaklıkta bulunmaktadır. Türkiye'nin önemli endemik bitki merkezlerinden birisi olan Keşiş (Esence) dağları ilçenin güney batısında yer almaktadır. Çayırlı yaklaşık olarak 1500 metre rakıma sahiptir. Doğu Anadolu bölgesinde yer alan ilçe karasal bir iklime sahiptir. Kış mevsimi soğuk ve kar yağışlı, yaz mevsimi ise sıcak ve kurak geçmektedir. Çalışma kapsamında 2011 ve 2012 yaz döneminde ilçeye ve köylerine arazi gezileri düzenlenmiştir. Arazi gezileri sırasında tıbbi amaçlarla kullanımı belirlenen bitkilerin herbaryum örnekleri de toplanmıştır. Bitki örnekleri Biyoloji Bölümü bünyesindeki herbaryumuna getirilerek, preslenmiş ve kurutmuştur. Daha sonra örneklerin tür tayinleri geçekleştirilmiştir. Tüm çalışmalar sonucunda yörede yaklaşık 23 familya ve 52 cinse ait 67 bitki taksonundan gıda ve baharat olarak faydalanıldığı belirlenmiştir. En yaygın kullanılan bitki organları yaprak, çiçek, kök ve gövdedir. Çalışmada bitkilerin bilimsel adları, Türkçe ve yöresel adları, kullanılan kısımları ve kullanım şekilleri verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu, Erzincan, Gıda bitkileri, Baharat bitkileri, Yöresel kullanım.

ABSTRACT

In this study, It was aimed determine the natural plants traditionally used by the local people for medicinal purposes in Çayırlı (Erzincan) disctrict and villages. The district is located 113 km east of the city center of Erzincan. Keşiş (Esence) mountains one of Turkey's most important centers of endemic plants is located in the the south-east direction of the dictrict. Çayırlı has an altitidu of approximately 1500 meters. Located in the Eastern Anatolia region, the disctrict has a continental climate. Winter is cold and snowy, summer is hot and dry, Within the scope of the study, field trips to the districts and villages were organized in the summer of 2011 and 2012. During field trips, herbarium samples of the plants determined to be used for medical purposes were also collected. Plat samples were carried to Biology Department Herbarium and pressed and dried. Then species identification of the samples was performed. As a result of all studies, it was determined that 68 plant taxa belonging to 23 families and 52 genera were used as foods and spices. The most commonly used plant organs are leaves, flowers, roots and stems. In this study, scientific names of the plants, Turkish and local names, used parts and usage forms were given.

Key words: East Anatolia, Erzincan, Food plants, Spice plants, Traditional use.

GİRİŞ

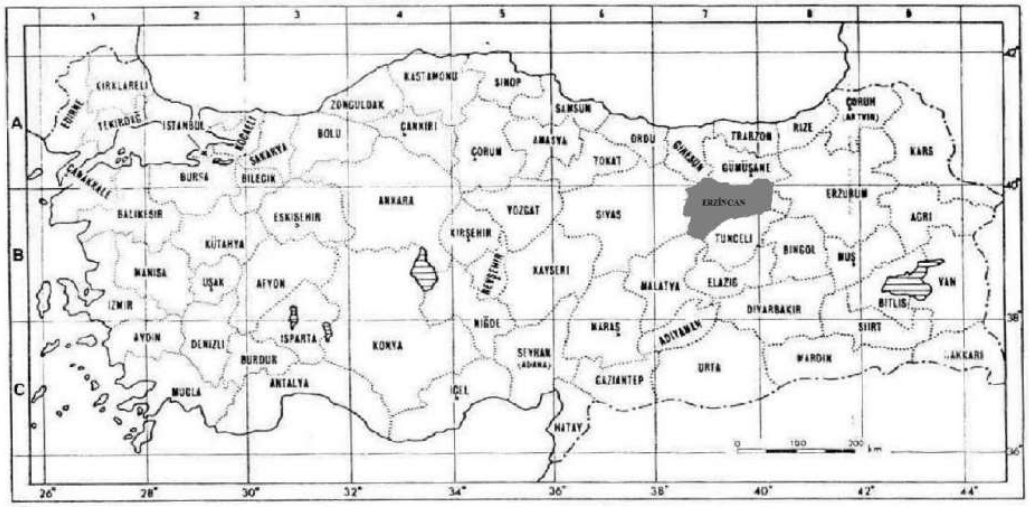
Erzincan, Doğu Anadolu Bölgesi'nin batı bölümünde, Yukarı Fırat havzasında bulunmaktadır. Çayırlı ilçesi, Erzincan il merkezinin doğusunda ve 113 km uzaklıkta bulunmaktadır. Keşiş (Esence) dağlarının kuzeyinde, doğu-batı yönünde uzanan Başköy depresyonu olarak bilinen çukur sahanın doğu kesiminde yer alır. Çayırlı yaklaşık olarak 1500 metre rakıma sahiptir. Önemli bit kısmı ilçe sınırlarında kalan Keşiş (Esence) dağları ilçenin en yüksek noktasını (3.546 m) oluşturmaktadır. (Anonim, 2011a). İlçe büyük oranda Davis (1965)'in Grid sistemine göre B7 karesinde yer almaktadır (Şekil 1). Çayırlı ilçesi yaklaşık 33 km^2'lik bir alanı kaplayan Çayırlı ovası üzerine kurulmuştur. Bu ova batı ve güneybatıdan Esence dağları, kuzeyden de Otlukbeli dağları ile çevrilmiştir. Ovadaki iki önemli akarsuyu oluşturan Çayırlı ve Balıklı çayları kaynaklarını Esence dağlarından alıp doğu-batı yönünde akarak Karasu ırmağına kavuşmaktadır. Bu çaylar özellikle ilkbaharda taşıdıkları fazla miktardaki alüvyonlarla ovayı beslemektedirler. Ovanın yakın çevresinde ise Orta ve Üst Miyosen çökelleri (marn, kil, konglomera, kireçtaşı, yer yer linyit damarları (Turnaçayırı civarında) ve jips) yaygınlık gösterir. Bu kesimde bir takım tepe, sırt ve akarsu vadileri bulunmaktadır. Balıklı çayı ile Çayırlı ilçe merkezi arasında doğu-batı yönünde uzanış gösteren oldukça düz ve geniş saha, Çayırlı Ovasının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Çayırlı depresyonu da denilen bu alan, ilçenin en verimli tarım alanlarını oluşturmaktadır. İlçenin konumu ve coğrafya haritası Şekil 2'de verilmiştir.

Erzincan ili genel olarak karasal iklim özelliğine sahiptir. Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan, Elazığ ve Malatya dışındaki diğer tüm illerden daha ılıman bir iklimi vardır. Doğu Anadolu ve İç Anadolu iklimleri arasında bir geçiş niteliği taşıyan Erzincan iklimi Doğu Anadolu Bölgesi basınç kuşaklarına, ilin yüzey şekilleri ve yükseltilerine göre yer yer farklılıklar göstermektedir (Anonim, 2011a).

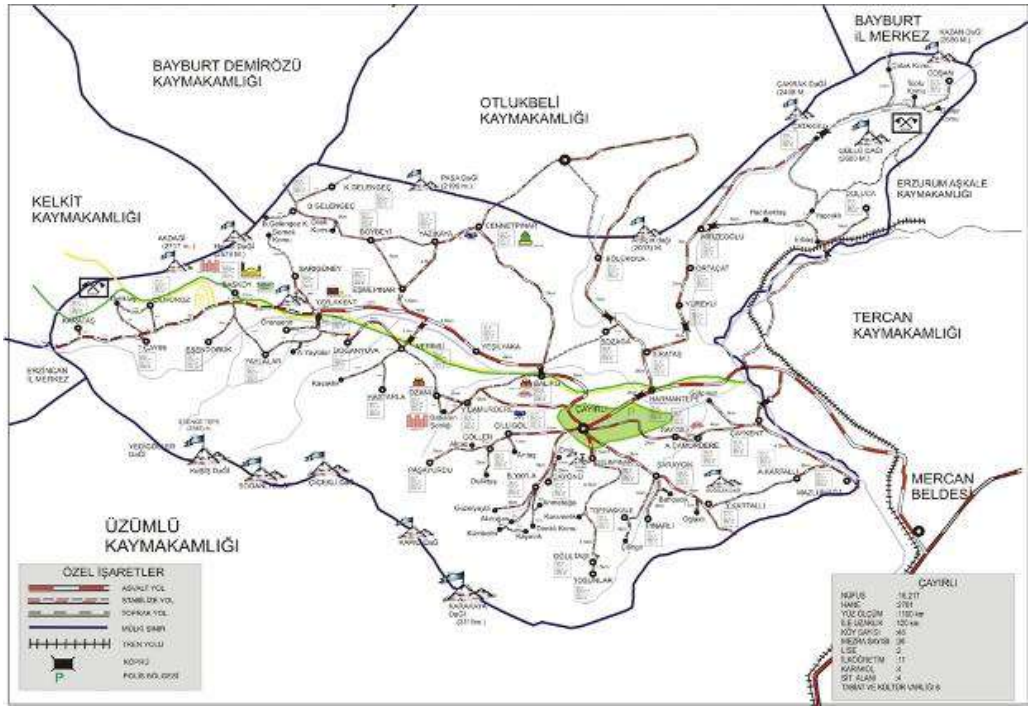
Çayırlı Meteoroloji istasyonu verilerine göre yıllık ortalamasıcaklık 8,3 °C'dir. En sıcak ay Temmuz ayı (34 °C) ve en soğuk ay Ocak ayı (-11,7 °C)'dır. İlçe Aralık-Mart ayları arasını kar örtüsü altında geçirir. İlçede bahar mevsimlerinde de kış özellikleri görülür. Bugüne kadar karşılaşılan en yüksek sıcaklık değeri Temmuz 2000-2010'da 40,6 °C ve en düşük sıcaklık değeri Aralık 2000-2010'da -25,0 °C olmuştur. Erzincan, çevre illere göre yaz mevsimini daha uzun ve sıcak yaşamaktadır. Kış mevsiminde ise, Sibirya kaynaklı hava kütlesinin etkisinde kaldığı zamanlar, oldukça sert kış günleri yaşanmaktadır Erzincan ilinin ortalama kar yağışlı gün sayısı 27,5 toplam karla örtülü gün sayısı 34,9'dır. Kar yağışları Ekim ayı sonlarında başlayıp, Nisan ayına kadar sürebilmektedir. İl yıllık 30,9 mm'lik yağış ortalamasına sahiptir. En yağışlı mevsim ilkbahar olup, alınan yağışın % 40'ı bu mevsimde kaydedilmektedir (Akkan, 1963; Anonim, 2011b).

Çayırlı ilçesinin en önemli ekonomik sektörü tarımdır. İlçede en fazla şeker pancarı, buğday, arpa ve fasulye tarımı yapılmaktadır. Yaklaşık olarak 37.761 hektar merası bulunan ilçede, büyük ve küçükbaş hayvancılık da önemli düzeyde yapılmaktadır. Arıcılık, madencilik ve balıkçılık ilçe ekonomisinin diğer temel öğelerini oluşturmaktadır (Anonim, 2011a).

Çalışma alanında görülen temel toprak grupları şunlardır. Alüviyal Topraklar (Bu toprakların çoğu yukarı kesimlerde bulunur, nemli, yıkanmış kireç ve organik madde bakımından zengindir), Kolüviyal topraklar (Dağların eteklerinden ve yamaçlardan taşınan çakıllı, kumlu malzemelerin yamaçlarda birikmesiyle meydana gelen topraklardır), Kahverengi Orman Toprakları (Bu topraklar yüksek kireç içeriğine sahip ana madde içerirler), Kırmızımsı Kahverengi Topraklar (Oluşumlarında kalsifikasyon rol oynar, organik madde içeriği orta seviyededir, doğal bitki örtüsü uzun boylu otlar ve çalılardır) ve Çıplak Kaya ve Molozlar (Üzerinde toprak örtüsü bulunmayan, sert kaya ve taşlarla kaplı, genellikle bitki örtüsünden yoksun alanlardır) (Saygılı, 2000; Atalay, 2006; Anonim, 2011a; Okaes, 1958).



Şekil 1. Türkiye Grid Kareleme Sistemi (Davis, 1965)



Şekil 2. Çayırlı İlçesinin Coğrafya Haritası (Çayırlı Kaymakamlığı, 2015)

Erzincan florasında, Flora of Turkey and East Aegean Islands (Davis, 1965-1985; Davis vd., 1988; Güner vd., 2000) adlı esere göre 87 familya ve 342 cinse ait 795 tür bulunmaktadır. Bu eserde Erzincan'a kayıtlı endemik takson sayısının 276 olduğu belirtilmektedir. Yapılan son çalışmalardan Erzincan'daki endemik bitkilerin toplam sayısının 437 olduğu anlaşılmaktadır. Bu bitki türlerinden 46'sı Erzincan'a özgüdür. Ayrıca Erzincan, Türkiye'nin 13 endemik bitki merkezinden 2'sine ve 6 önemli bitki alanına sahip olup bitki zenginliği açısından Türkiye'nin en önemli alanları arasında gelmektedir (Kandemir, 2008; 2012; Kandemir vd., 2015; Korkmaz ve Turgut, 2014; Korkmaz vd., 2015; Korkmaz ve İlhan, 2015). Erzincan'ın doğal bitkilerinin tanıtılması amacıyla hazırladığımız ve yayınlama aşamasındaki bir çalışmamıza göre ise ilde 2400 civarında doğal bitki taksonunun yayılış gösterdiği ve bunlardan 500 kadarının endemik olduğu belirlenmiştir.

Daha önce Erzincan çevresinde yapılan floristik çalışmalarda Yıldırımlı (1995) Munzur dağlarının florasını, Kaya (1996) Tercan çevresi, Şengül (Erzincan) ve Bağırbaba (Tunceli) dağlarının florasını, Kandemir ve Türkmen (2008) Üzümlü ilçesi (Erzincan) ile Sakaltutan geçidi (Gümüşhane) arasında kalan dağların florasını, Korkmaz ve Turgut (2014) Ergan dağının florasını ve Korkmaz (2015) Çayırlı ilçesinin florasını belirlemişlerdir. Çayırlı ilçesinin florasının belirlendiği son çalışma kapsamında ilçeden 2011-2013 yılları arasında 1000'den fazla bitki örneği toplanmıştır. Toplanan örneklerin teşhis çalışmaları sonucunda toplam 67 familya ve 255 cins'e bağlı 591 tür ve tür altı takson tespit edilmiştir. Bu taksonlardan 5'i Eğrelti (Pteridophyta), 584'ü Tohumlu bitki (Spermatophyta)'dır. Spermatophyta divizyosunda yer alan taksonlardan 2'si Gymnospermae subdivizyosuna, 582'si Angiospermae altdivizyosuna aittir. Angiospermae altdivizyosu üyesi taksonlardan 514 (% 88)'ü Dicotyledoneae, 70 (% 12)'i Monocotyledoneae sınıflarında yer almıştır.

Erzincan yöresinde ve yakın çevresinde yapıldığı belirlenenen etnobotanik çalışmalarda Kandemir ve Beyazoğlu (2002) Köse Dağları'nın (Gümüşhane) Tıbbi ve Ekonomik Bitkilerini, Korkmaz ve Alpaslan (2014) Ergan Dağı'nda yetişen bitkilerin etnobotanik özelliklerini, Korkmaz ve Karakuş (2014) Üzümlü ilçesinin doğal gıda bitkilerini, Korkmaz vd. (2014) Kemaliye (Erzincan) yöresinde Zetrin baharatının hazırlanmasında kullanılan bitki taksonlarını, Korkmaz ve Karakurt (2014) Kelkit (Gümüşhane) aktarlarında satılan tıbbi bitkileri, Korkmaz ve Karakurt (2015) Kelkit ilçesinde doğal gıda bitkilerinin geleneksel kullanımlarını, Korkmaz ve Karakuş (2015) Üzümlü ilçesinde tıbbi bitkilerin geleneksel kullanımlarını, Korkmaz vd. (2016) Erzincan aktarlarında satılan tıbbi bitkileri, Korkmaz vd. (2016) Üzümlü'de farklı amaçlar için kullanılan bitkilerin etnobotanik özelliklerini belirlemişlerdir.

Bu çalışma ile de daha önce hiç çalışılmamış olan Çayırlı yöresinde halkın gıda ve baharat olarak faydalandığı bitkiler belirlenerek bu bitkilerin kullanılan kısımları ve kullanım şekilleri ortaya konulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bitki numuneleri 2011-2013 arasında uygun vejetasyon dönemlerinde Çayırlı ilçesi çevresinden, köylerinden, dağlarından ve yaylalarından toplanmıştır. Etnobotanik verileri toplamak için ilçe merkezine ve köylerine gidilerek yöre halkıyla yüz yüze görüşülmüştür. Bitkilerin etnobotanik özelliklerinin tespiti için; köy halkı, köy kahvehaneleri, yaylaya göç etmiş köylüler, bitkisel ürünleri satışa sunan ve satın alan köylüler, arıcılar ve çobanlarla görüşülmüştür. Bu görüşmeler sonucunda bitkileri iyi tanıyan ve kullanan kaynak kişilere ulaşılmıştır. Gıda olarak kullanıldığı belirlenen bitkilere ait bitki örnekleri de toplanarak polietilen torbalara konulmuş ve teşhis çalışmaları için herbaryuma getirilmiştir. Örnekler bilinen herbaryum teknikleri ile preslenerek kurutulmuştur. Daha sonra bitki örneklerinin "Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Davis, 1965-1988); Güner ve ark. (2000)" adlı eserden yararlanılarak tür teşhisleri yapılmıştır. Teşhis edilen örnekler Biyoloji bölümümü herbaryumda bulunan örneklerle karşılaştırılarak teşhislere kesinlik kazandırılmıştır. Teşhis çalışmaları tamamlanan bitki örnekleri erbaryum kartonlarına yapıştırılmış, etiketlenmiş ve herbaryumda muhafaza altına alınmıştır.

BULGULAR

Araştırma sonucunda çalışma alanında gıda olarak kullanımları belirlenen bitki taksonlarına ait ayrıntılı veriler Tablo 1'de verilmiştir. Tabloda bu taksonlara ait taksonomik ve etnobotanik veriler yer almaktadır. Tabloda sırasıyla bitkilerin familyaları, bilimsel adları (tür/ takson adı), Türkçe/Yöresel adları, kullanım amaçları, kullanılan kısımları, kullanım şekilleri sırasıyla verilmiştir. Tabloda son olarak bitkilerin kullanım özellikleri ile ilgili bilgilerine başvurulan kaynak kişilerin

kodu belirtilmiştir. Tablo 2'de ise gıda ve baharat bitkilerin etnobotanik özelliklerinin belirlenmesine katkı sağlayan kaynak kişiler listesi verilmiştir. Bu tabloda ise kaynak kişlerin adı ve soyadı, ikameti, cinsiyeti ve yaşları verilmiştir.

Tablo 1. Çayırlı ve köylerinde belirlenen gıda ve baharat bitkilerinin etnobotanik özellikleri

Familya	**Takson/ Kayıt No**	**Türkçe / Yöresel Adı**	**Kullanılan Kısım**	**Kullanım Amacı**	**Kullanım Şekli**	**Kaynak Kişi**
Amaranthaceae	*Amaranthus blitoides* S. Wats. Korkmaz 3179	Horozibiği /Pancar	Yaprak ve kök	Gıda	Ispanak gibi kavrulur, yemeği yapılır	5, 6, 7, 8
Amaranthaceae	*Amaranthus retroflexus* L. Korkmaz 3867	Kırmızı köklü tilkikuyruğu / Kırmızı pancar	Yaprak	Gıda	Soğan yağda kavrulup üzerine doğranmış kırmızı pancar yaprakları, tuz ve kırmızıbiber ilave edilip pişirilmektedir.	24
Amaryllidaceae	*Allium szovitsii* Regel Korkmaz 3144	Kurat, Yabani soğan	Tümü	Gıda, Tıbbi	Peynire katılır. Tansiyon düşürücü	23
Apiaceae	*Prangos ferulacea* (L.) Lindl. Korkmaz 2918	Çaşur		Gıda	Turşusu yapılır.	28
Apiaceae	*Coriandrum sativum* L. Korkmaz 3659	Kişniş	Yaprak	Baharat	Ayranlı çorbalara katılır.	16, 17
Apiaceae	*Echinophora tenuifolia* L. subsp. *sibthorpiana* (Guss.) Tutin Korkmaz 3236	Çortik	Yaprak	Baharat	Ayranlı çorbalarda baharat olarak kullanılır.	31
Apiaceae	*Turgenia latifolia* (L.) Hoffm. Korkmaz 3644	Geniş yapraklı pıtrak / Pıtrak	Yaprak	Baharat	Yaprakları kekik gibi yemeklere tat vermek için kullanılıyor.	24
Asphodelaceae	**Eremurus spectabilis* Bieb.	Çiriş	Kök ve gövde	Gıda, Tıbbi	Yemeği yapılır, kökü ezilip başa sürüldüğünde baş ağrısına iyi gelir.	28
Asteraceae	*Achillea schischkinii* Sosn. Dn. Zhurn Korkmaz 2894	Deli civan perçemi	Çiçek	Baharat	Çiçekleri kurutulur, ufalanır ve çorbaya katılır.	28
Asteraceae	*Arctium minus* (Hıll) Bernh. subsp. *pubens* (Babington) Arenes Korkmaz 3162	Dulavrat otu / Kabalak, Gabalak	Yaprak	Gıda	Dolma yapılır: ıspanak gibi yemeği yapılır	4
Asteraceae	*Artemisia austriaca* Jacq. Korkmaz 2982	Yavşan / Acı biyom	Tümü	Gıda, Tıbbi	Az bir miktarda suda bekletilir ve içilir	
Asteraceae	*Centaurea carduiformis* DC Korkmaz 2900	Çakır dikeni	Çiçek	Gıda	Tohumu yenir	24
Asteraceae	*Cichorium intybus* L. Korkmaz 3168	Yabani hindiba /	Çiçek, gövde	Gıda, Tıbbi	Çiğ yenilir, salatası yapılır Sütü yaraya iyi gelir..	5, 6, 7, 8

		Mavi çiçek				
Asteraceae	*Echinops viscosus* DC. subsp. *bithynicus* (Boiss.) Rech. Fil. Korkmaz 2983	Topbaş diken	Çiçek	Gıda	Meyvleri çiçekten çıkartılır ve yenir.	24
Asteraceae	*Gundelia tournefortii* L. var. *tournefortii* Korkmaz 2907	Kenger	Kök ve gövde	Gıda, Tıbbi	Kökleri taze iken toplanıp dışı soyularak sütle haşlanır ve bulgur ilave edilip pilavı yapılarak yenmektedir. Gövdesi soyularak yenilir. Diş etlerini kuvvetlendirir. Kökü sakız yapılır.	31
Asteraceae	*Onopordum acanthium* L. Korkmaz 2906	Galagan	Çiçek	Gıda	Gövde kabuğu soyularak yenir.	24, 28
Asteraceae	*Trogopagon dubius* Scop. Korkmaz 3169	Yemlik / Yemlik	Yaprak	Gıda	Çiğ yenilir, salatası yapılır. Midedeki iltihaba iyi gelir.	5, 6, 7, 8
	Korkmaz 3167	Teke sakalı / Yemlik	Yaprak	Gıda	Çiğ yenilir, salatası yapılır.	5, 6, 7, 8
Asteraceae	*Xeranthemum annuum* L. Korkmaz 2910	Kağıt otu, Ölmez otu / Süpürge otu, Dağ karanfili	Çiçek	Bal	Arılar bal yapımı için bu çiçekten nektar almaktadırlar.	31
Berberidaceae	*Berberis crataegina* DC. Korkmaz 3306	Karamık	Meyve ve yaprak	Gıda, Tıbbi	Meyveleri reçel yapılır, Yaprakları ekmek arasına katılır yenir. Yaprağı ağız yaralarına, Nefes darlığı ve akciğer iltihabına iyi gelir.	24
Boraginaceae	*Anchusa azurea* Miller var. *azurea* Korkmaz 3170	Büyük tekesakalı / Ballıbaba	Çiçek	Gıda	Çiçekleri çocuklar tarafından emilir. Arılar bal için nektar alır.	5, 6, 7, 8
Boraginaceae	*Anchusa pusilla* Guşul Korkmaz 3170	Kırkbatır an / Ballıbaba	Çiçek	Gıda	Çiçekleri çocuklar tarafından emilir. Arılar bal için nektar alır.	31
Boraginaceae	*Macrotomia densiflora* (Ledeb.) McBride (Syn.: *Arnebia densiflora* (Nordm.) Ledeb.) Korkmaz 2850	Koca eğnik	Kökü	Gıda	Kaynatılır Kökündeki sütten sakız yapılır.	31
Boraginaceae	*Nonea pulla* (L.) DC. subsp.	Kara sormuk	Çiçek	Bal, Gıda	Arılar bal için gelir. Çiçekleri emilir.	23

	scabrisquamata A.Baytop Korkmaz 3069					
Brassicaceae	*Sinapis arvensis* L. Korkmaz 3177	Hardal / Eşek turpu	Yaprak	Gıda	Kavrulup yemeği yapılır, çiğ olarak limon sıkılarak yenir.	5, 6, 7, 8
Brassicaeae	*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik Korkmaz 3491	Kuşkuş otu / Çoban çantası	Taban yaprağı	Gıda	Yapraklar çiğ olarak doğranıp yağ ilave edilerek kullanıldığı gibi yağda kavrulmuş soğan üzerine ilave edilerek de kullanılmaktadır.	31
Caryophyllaceae	*Silene vulgaris* (Moench) Garcke var. *vulgaris* (Moench) Garcke Korkmaz 3172	Gıvışkan, gelin parmağı / Gelin parmağı	Çiçek	Gıda	Çiçek açmadan önce köküyle beraber yemeklik olarak tüketilir, kavrularak yenir.	5, 6, 7, 8
Chenopodiaceae	*Chenepodium album* L.subsp. *album* L. var. *album* L. Korkmaz 3178	Ak kazayağı / Sirken, sırmastık	Yaprak	Gıda	Ispanak gibi yemeği yapılır.	5, 6, 7, 8
Chenopodiaceae	*Chenopodium foliosum* (Moench) Aschers. Korkmaz 2955	Cülek	Meyve	Gıda	Kırmızı meyveleri yenir	24
Convolvulaceae	*Convolvulus arvensis* L. Korkmaz 2931	Sarmaşık	Yaprak	Gıda	Yaprakları yumurtayla yenir.	24
Crassulaceae	*Sedum sempervivoides* Bieb. Korkmaz 3192	Çoban ekmeği	Yaprak	Gıda	Yaprakları yenir.	24
Elaeagnaceae	*Elaegnus angustifolia* L. Korkmaz 3349	İğde	Çiçek ve meyve	Gıda	Meyvesi taze ve kurutulmuş hali ile kabuğu soyularak ya da kabuklu tüketilmektedir.	21
Fabaceae	Securigera varia (L.) Lassen (Syn.: *Coronilla varia* L.) Korkmaz 2915	Yabani korunga	Tümü	Gıda	Çiçekleri lezzetlidir yenilir.	28
Fabaceae	*Onobrcyhis cornuta* (L.) Desv. Korkmaz 3081	Kuşkaçır an	Çiçek	Bal	Arılar polen toplar.	28
Fabaceae	*Ononis spinosa* L. Korkmaz 3255	Kayışkıra n / Kekik	Çiçek	Baharat	Çorbalarda baharat olarak kullanılır.	24
Geraniaceae	*Geranium stepporum stepporum* Korkmaz 3033	Gamut	Kökü	Gıda	Yumruları yenir.	23
İridaceae	*Iris caucasica* Hoffm. subsp. *caucasica* Korkmaz 3510	Sarı nevruz	Çiçek	Gıda	Açmamış çiçeği yenilir.	23
Juglandaceae	*Juglans regia* L. Korkmaz 3348	Ceviz	Meyve	Gıda	Sütlaç ve böreklere katılır. Kırılır yenir.	28

Lamiaceae	*Lallamentia canescens* (L.) Fisch. & Mey. Korkmaz 2860	Kekik	Çiçek	Bal	Arılar bal yapmak için kullanır.	27
Lamiaceae	*Origanum acutidens* (Hand.-Mazz.) Ietswaart Korkmaz 2885	Kekik / Zetrin Kum anuğu	Yaprak	Baharat	Baharat olarak kullanılır, Tıbbi amaçla kullanılır. Çiçek açmadan önce yaprak gövdeden sıyrılır, kurutulur,	1, 2, 3, 16
		Zetrin baharatı, anuk	Yaprak ve çiçek	Baharat	Yaprak ve çiçekleri kurutulur, baharat ve çayı yapılır.	24
		Zetrin, anuk	Yaprak ve çiçek	Baharat	Baharat olarak tüketilir.	31
		Anuk	Yaprak ve çiçek	Baharat	Çorbalara katılır.	28
Lamiaceae	*Salvia sclarea* L. Korkmaz 2795	Adaçayı		Bal	Arılar bal yapar.	24
Lamiaceae	*Salvia verticillata* L. Korkmaz 2994	Dadırak / Adaçayı	Çiçek	Bal	Arılar bal sırını yapımı için bu çiçekten nektar almaktadırlar.	27
Lamiaceae	**Thymus fallax* Fisch. & Mey. Korkmaz -	Kekik, dağ kekiği	Tümü	Baharat	Kurutulur. Çorbalara katılır.	31
Lamiaceae	*Thymus leucotrichus* Hal. var. *leucotrichus* Korkmaz 3186	Kekik / Çay kekiği	Çiçek	Bal	Arılar bal yapımı için nektar alırlar	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
Lamiaceae	*Thymus sipyleus* Boiss. subsp. *sipyleus* var. *sipyleus* L. Korkmaz 2940	Sipil kekiği	Tümü	Baharat	Kurutulur, çayı yapılır. Baharat olarak kullanılır.	24
Lamiaceae	*Ziziphora clinopodioides* Lam. Korkmaz 3876	Dağ reyhanı / Kekik	Dal, yaprak, çiçek	Baharat	Çorbalara baharat olarak konulur.	24
Papaveraceae	*Papaver dubium* L. subsp. *dubium* Korkmaz 2934	Haşhaş	Çiçek ve meyve	Gıda	Çiçekleri ve meyveleri yenir.	31
Papaveraceae	*Papaver lateritium* K. Kochsubsp. *lateritium* Korkmaz 3182	Haşhaş / Hışğışık	Yaprak	Gıda	Çiçek açmadan toplanır, çiğ olarak yenir veya kavrularak yemeği yapılır.	5, 6, 7, 8
Papaveraceae	*Papaver rhoeas* L. Korkmaz 3241	Haşhaş	Açmamış çiçek kapsülü	Gıda	Kapsülü yenir.	24
Papaveraceae	*Glaucium leiocarpum* Boiss. Korkmaz 3367	/ Gelincik	Gövde ve yaprak	Gıda	Sulu yemeği yapılır.	30

Plantaginaceae	*Plantago major* L. subsp. *major* Korkmaz 2802	Evelik	Yaprak	Gıda	Sarma yapılır.	22
Polygonaceae	*Polygonum cognatum* Meissn. Korkmaz 3165	Madımak / Kuş ekmeği, madımalak	Yaprak	Gıda	Yemeği yapılır, gıda amaçlı erken ilkbaharda genç sürgünleri toplanır.	4
	Korkmaz 2811	Madımak, ebemekmeği	Yaprak	Gıda	Kavrularak bulgur veya pirinç pilavına katılır.	24
	Korkmaz 2896	Madımak	Yaprak	Gıda	Çorbaya katılır	28
	Korkmaz 3165	Madımak, ebemekmeği	Yaprak	Gıda	Yemeği yapılır.	31
Polygonaceae	*Rumex crispus* L. Korkmaz 2953	Evelik	Yaprak	Gıda	Sarma yapılır.	28
Polygonaceae	*Rumex gracilescens* Korkmaz 3175	Evelik / Evelik, tırşıkağa	Yaprak	Gıda	Taze yapraklarından turşu yapılır, Çiğ olarak tüketilir, Çorbası yapılır.	5, 6, 7, 8
Polygonaceae	*Rumex ponticus* Rech. Korkmaz 3163	Evelik / Evelik, ilabada	Yaprak	Gıda	Yemeği yapılır. Bala karıştırılır yenir. Tohumu nefes darlığına iyi gelir	4
Polygonaceae	*Rumex tuberosus* L. subsp. *horizontalis* (Koch) Rech. Korkmaz 2836		Yaprak	Gıda, Tıbbi	Salata yapılır. Bol zeytinyağı ile yenince böbrek sancısını keser.	31
Polygonaceae	* *Rheum ribes* L.. Korkmaz -	Işgın	Gövde	Gıda	Gövdesi soyularak tüketilir	28
Rosaceae	*Crataegus monogyna* Jacq.subsp. *monogyna* Korkmaz 3184	Alıç / Aluç, Alıç	Meyve	Gıda	Meyveleri yenlir.	5, 6, 7, 8
Rosaceae	*Cotoneaster nummularia* Fısch. Et Mey. Korkmaz 3509	Kuş elması	Meyve	Gıda	Kırmızı meyveleri yenilir.	23
Rosaceae	*Malus sylvestris* Miller subsp. *orientalis* (A. Uglitzkich) Browicz var. *orientalis* Korkmaz 2911	Yabani elma	Meyve	Gıda	Turşusu yapılır.	24
	Korkmaz 3356	Yabani elma	Meyve	Gıda	Meyvesi yenir.	31
Rosaceae	*Rosa canina* L. Korkmaz 3180	Kuşburnu / Şilan. İt	Meyve	Gıda	Kurusunun kompostosu, reçeli çayı	5,6,7, 8

		burnu, İt gülü			yapılır; Çit bitkisi olarak kullanılır.	
	Korkmaz 3134	Kuşburnu	Meyve	Gıda	Komposto yapılır.	29
	Korkmaz 2809	Gül, kuşburnu	Meyve	Gıda, Tıbbi	Kökü kaynatılarak içilir hemoroite iyi gelir. Kurutulan meyvelerinde şerbet yapılır, nefes açıcıdır.	21
Rosaceae	*Rosa damascena* Miller Korkmaz 3164	Yağ gülü /Çit gülü	Tümü, meyve	Gıda	Meyvelerinden reçel, şurup yapılır	4
Rosaceae	*Rosa dumalis* Bechst. subsp. *boissieri* (Crepin) Ö. Nilsson var. *boissieri* Korkmaz 2810	Kuşburnu	Meyve	Gıda	Meyveleri komposto olur.	24
Rosaceae	*Rosa foetida* J. Herm. Korkmaz 2804	Koyun gözü	Meyve	Gıda, Tıbbi	Yaprakları ve meyveleri yenilir. Meyveleri hemoroit için aç karnına yenir.	24
Rosaceae	*Rubus caesius* L. Korkmaz 3161	Böğürtlen / öğürtlen	Meyve	Gıda	Çiğ yenir, reçel yapılır.	4
	Korkmaz 3173	Böğürtlen / Dırıke ?	Meyve	Gıda, Tıbbi	Komposto reçel, çay yapılır. Şekere ve kansere iyi gelir.	5, 6, 7, 8
Rosaceae	*Rubus suncfus* Schreber Korkmaz 2794	Böğürtlen	Meyve	Gıda	Meyveleri yenir	28
Rosaceae	*Sorbus umbellata* (Desf.) Frıtsch var. *cretica* (Lındl.) Schneıder Korkmaz 3140	Gıreş	Meyve	Gıda	Meyveleri olgunlaşınca yenir.	23
Urticaceae	*Urtica dioca* L. Korkmaz 3174	Isırgan / Dırıke	Yaprak	Gıda, Tıbbi	Börek yapılır. Kaynatılır ve suyu içilir. Balla macun yapılır kansere iyi gelir.	22
	Korkmaz 3174	Isırgan	Yaprak	Gıda, Tıbbi	Tazeyken ıspanak gibi pişirilir. Haşlanarak da tüketilir. Romatizma ve kansere iyi gelir.	5, 6, 7, 8
	Korkmaz 2806	Isırgan	Yaprak	Gıda, Tıbbi	Kansere iyi gelir. Çorbası ve lapası yapılır.	24
	Korkmaz 2806	Isırgan	Yaprak	Gıda, Tıbbi	Bal ile karıştırılıp yendiğinde akciğer kanserine iyi gelir.	31

* İlçede halkın değişik amaçlarla yararlandığını bildirdiği ancak canlı örnekleri toplanamayan bitkilerin kayıt no'ları verlmemiştir

Tablo 2. Bitkilerin tıbbi özelliklerinin belirlenmesinde katkısı olan kaynak kişiler

No	Adı ve Soyadı	İkameti	Cinsiyeti	Yaşı

1	Şinasi DOĞAN	Mantarlı köyü	E	70
2	Cebrail DEMİR	Mantarlı köyü	E	37
3	Şaban İNAN (Arıcı)	Mantarlı köyü	E	72
4	İbrahim İNAN (Arıcı)	Mantarlı köyü	E	30
5	Turgut EFE	Harmantepe köyü	E	69
6	Talat EFE	Harmantepe köyü	E	43
7	Seher YILDIZ	Toprakkale köyü	K	75
8	Fevzi ÖZBEK	Toprakkale köyü	E	65
9	Beyaz ÖZBEK	Toprakkale köyü	K	55
10	Ercan ÖZBEK	Toprakkale köyü	E	48
11	Kani KOCA	Saraycık köyü	E	30
12	Yüksel KOCA	Saraycık köyü	E	49
13	Zeynel ELMAS	Yukarı Kartallı köyü	E	80
14	Ahmet MUTLU (Arıcı)	Yukarı Kartallı köyü	E	90
15	Süleyman MUTLU (Arıcı)	Yukarı Kartallı köyü	E	45
16	Mecit ELMAS	Yukarı Kartallı köyü	E	45
17	Hüseyin TÜRKMEN	Büyük Yayla köyü	E	60
18	Hasan ÇELİK	Akyurt köyü	E	65
19	Muhteber ÇELİK	Akyurt köyü	K	69
20	Orhan BAHADIR	Çayırlı merkez	E	47
21	Ahmet SADIK	Çayırlı merkez	E	44
22	Mustafa YILDIRIM	Çayırlı merkez	E	83
23	Kamil BAHADIR	Çayırlı merkez	E	98
24	Tahsin BAHADIR	Çayırlı merkez	E	60
25	Enver ACAR	Çayırlı merkez	E	60
26	Erdal YEDİGÖL	Yaylalar Köyü	E	47
27	Mustafa KARACA	Balıklı köyü	E	51
28	Yaşar İNAN	Balıklı köyü	E	54
29	Ahmet TAHAN	Balıklı köyü	E	47
30	Abdulaziz ERDOĞAN	Balıklı köyü	E	55
31	Binali TEKİN	Başköy	E	60
32	Dilber TEKİN	Başköy	K	60
33	Ulaş TEKİN	Başköy	E	30

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma sonucunda Çayırlı ve köylerinde 23 familya ve 52 cinse bağlı 67 bitki taksonunun gıda ve baharat olarak kullanıldığı belirlenmiştir. Çalışma sonucu elde edilen tüm veriler düzenli şekilde Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. İlk tabloda belirlenen bitkilerin bilimdel adları, Türkçe ve yöresel adları, kullanılan kısımları, kullanım amaçları, ve kullanım şekilleri yer almaktadır. İkinci tabloda ise kaynak kişilere ait veriler sunulmuştur. Bu bitkilerden canlı örneği toplanamayanlar (*) ve karışım olarak kullanılanlar (**) belirtilmiştir.

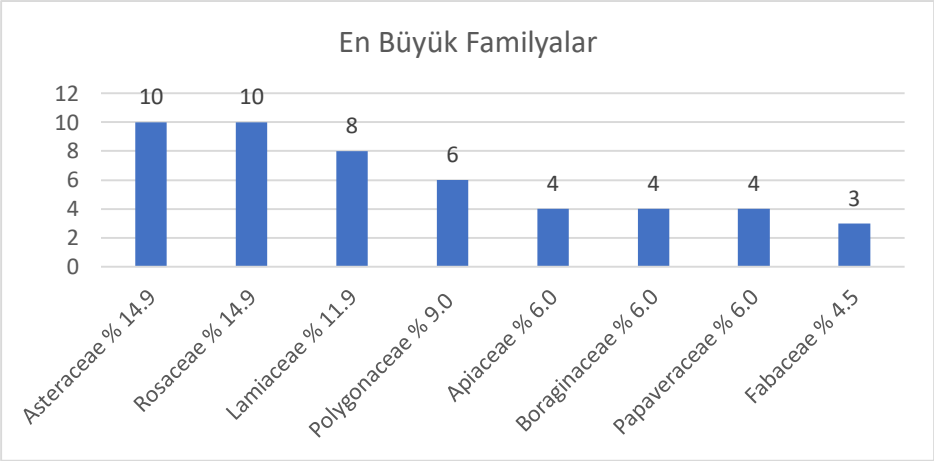
Gıda ve baharat olarak kullanıldığı belirlenen bitkilerin familyalara dağılımı şu şekildedir. Amaranthaceae (2), Amarylladaceae (1), Apiaceae (4) (4. sırada), Asphodelaceae (1), Asteraceae (10), Berberidaceae (1), Boraginaceae (4), Brassicaceae (2), Caryophyllaceae (1), Chenopodiaceae (2), Convolvulaceae (1), Crassulaceae (1), Elaeagnaceae (1), Fabaceae (3), Geraniaceae (1), Iridaceae (1), Juglandaceae (1), Lamiaceae (8), Papaveraceae (4), Plantaginaceae (1), Polygonaceae (6), Roseceae (10) ve Urticaceae (1).

En büyük familyalar (takson sayıları ve oranları) sırasıyla; Asteraceae (10) (% 14.9) ve Rosaceae (10) (% 14.9) birinci, Lamiaceae (8) (% 11.9) ikinci, Polygonaceae (6) (% 9.0) üçüncü, Apiaceae (4) (%

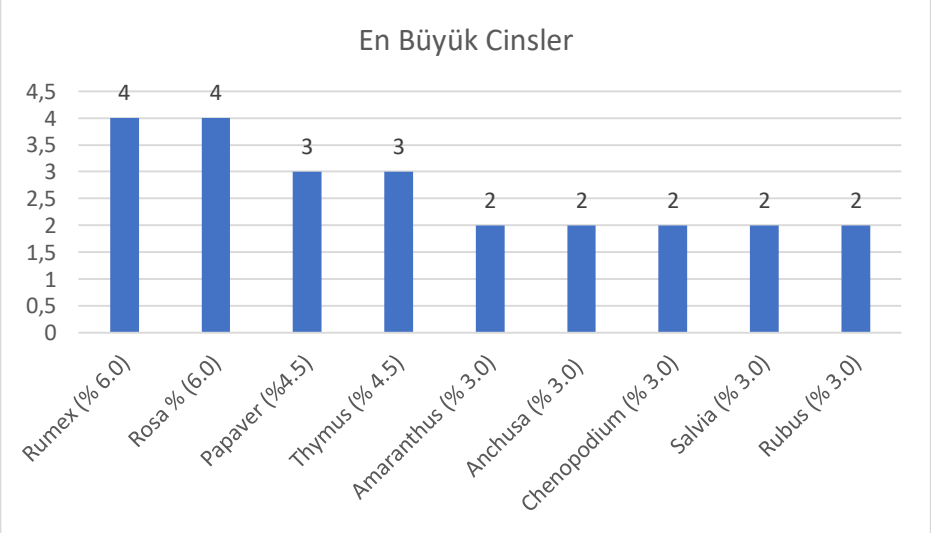
6.0), Boraginaceae (4) (% 6.0) ve Papavearacea (4) (% 6.0) dördüncü, Fabaceae (3) (% 4.5) beşinci sıradadır (Şekil 3).

Gıda ve baharat olarak kullanıldığı belirlenen bitkilerin cinslere dağılımı şu şekildedir. Amaranthus 2, Allium 1, Prangos 1, Coriandrum 1, Echinophora 1, Turgenia 1, Eremurus 1, Achillea 1, Arctium 1, Artemisia 1, Centaurea 1, Cichorium 1, Echinops 1, Gundelia 1, Onopordium 1, Trogopagon 1, Xeranthemum 1, Berberis 1, Anchusa 2, Macrotomia 1, Nonea 1, Sinapis 1, Capsella 1, Silene 1, Chenopodium 2, Convolvulus 1, Sedum 1, Elaegnus 1, Securigera 1, Onobrychis 1, Ononis 1, Geranium 1, Iris 1, Juglans 1, Lallamentia 1, Origanum 1, Salvia 2, Thymus 3, Ziziphora 1, Papaver 3, Glaucium 1 Plantago 1, Polygonum 1, Rumex 4, Rheum 1, Crataegus 1, Cotoneaster 1, Malus 1, Rosa 4, Rubus 2, Sorbus 1 ve Urtica 1.

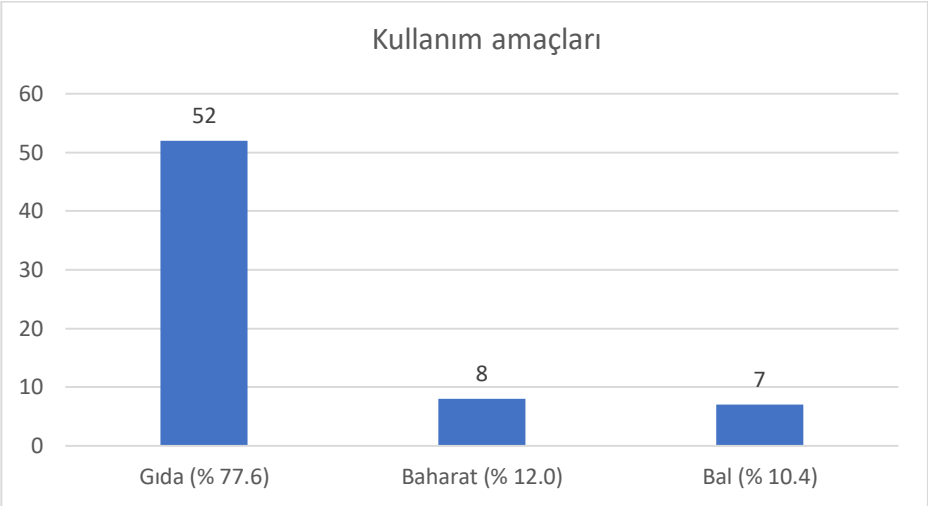
En büyük cinsler (takson sayıları ve oranları) sırası ile şu şekilde bulunmuştur. Rumex (4, %.6.0) ve Rosa (4, % 6.0) ilk sırada, Papaver (3, % 4.5) ve Thymus (3, % 4.5) ikinci sırada,
Amaranthus (2, % 3.0), Anchusa (2, % 3.0), Chenopodium (2, % 3.0), Salvia (2, % 3.0) ve Rubus (2, % 3.0), üçüncü sırada yer almışlardır. Diğer cinlerin toplam takson sayıları ise birer tanedir (Şekil 4). Bitkilerin kullanım amaçlarına göre dağılımı şu şekildedir. Gıda 52 (% 77.6), Baharat 8 (% 12.0) ve Bal 7 (% 10.4) (Şekil 5).



Şekil. 3. Bitkilerin en büyük familyalara dağılımı

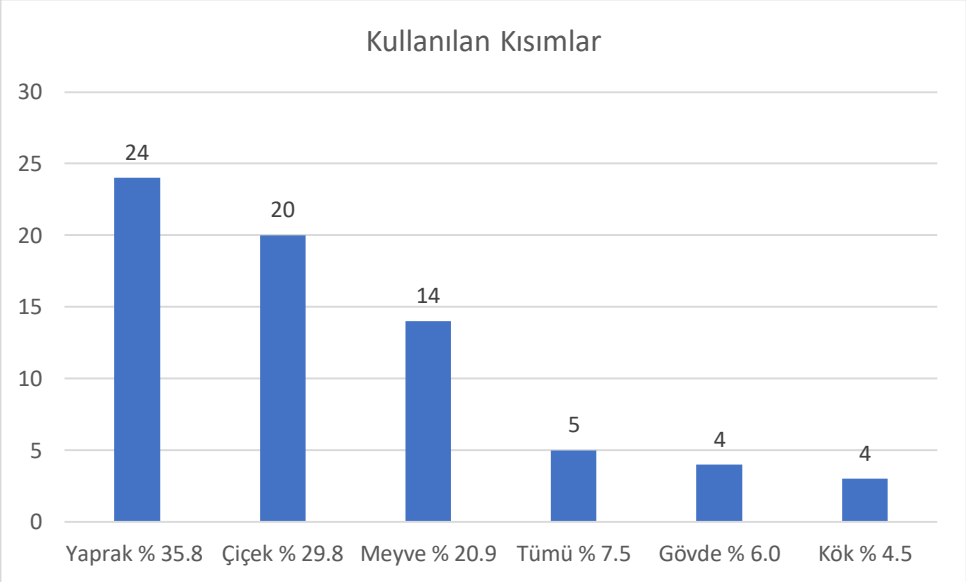


Şekil 4. Bitkilerin en büyük cinslere dağılımı



Şekil 5. Bitkilerin kullanım amaçlarına göre dağılımı

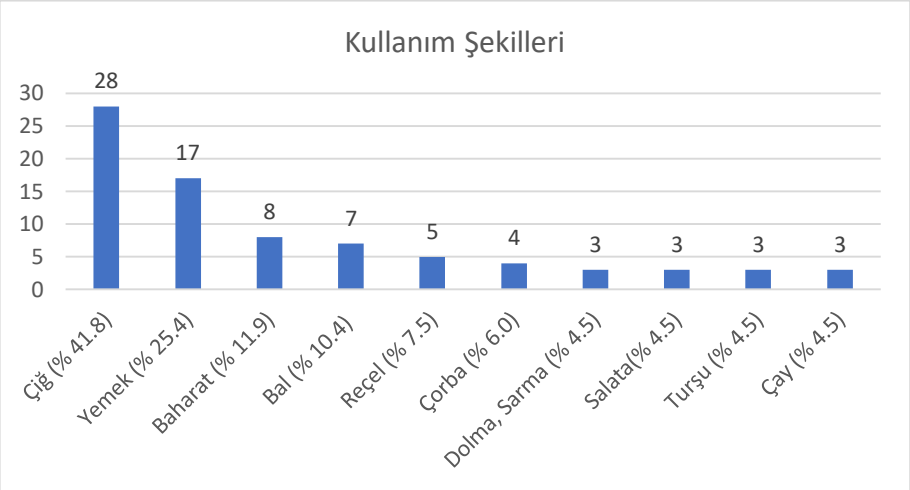
Bitkilerin yaygın olarak kullanılan kısımları ve oranları sırayla şu şekildedir; Yaprakları 24 (% 35.8), Çiçekleri 20 (% 29.8), Meyveleri 14 (% 20.9), Tüm kısımları 5 (% 7.5), Gövdesi 4 (% 6.0) ve Kökü 3 (% 4.5) (Şekil 6).



Şekil 6. Bitkilerin en yaygın olarak kullanılan kısımları

Bitkilerinin kullanım yöntemleri sırası ile şu şekildedir. 28 bitki çiğ olarak tüketilir (% 41.8), 17 bitki yemek yapılarak (% 25.4), 8 bitki baharat olarak (% 11.9), 7 bitki bal bitkisi olarak (% 10.4), 5 bitki reçel, (% 7.5), 4 bitki çorba yapılarak(% 6.0), 3 bitki dolma veya sarma (% 4.5), 3 bitki salata yapılarak (% 4.5), 3 bitki turşusu yapılarak (% 4.5), 3 bitki çay olarak (% 4.5), 2 bitki balla macun yapılarak (% 3.0), 2 bitki tatlı yapılarak (% 3.0), 2 bitki börek yapılarak (% 3.0), 2 bitki suyu çıkarılarak, (% 3.0), 2 bitki şerbet, şurup yapılarak (% 3.0),
1 bitki peynire katılarak, 1 bitki sütü çıkarılarak, 1 bitki sakızı yapılarak, 1 bitki lapası yapılarak yapılarak kullanılmaktadır. Belirlenen toplam 67 bitkinin 19 farklı kullanımı ve toplam 95 kullanımının olduğu belirlenmiştir(Şekil 7). Bitkilerinin en yaygın kullanım yöntemleri sırası ile şu şekildedir; 28 bitki çiğ olarak tüketilir (% 41.8), 17 bitki yemek yapılarak (% 25.4), 8 bitki baharat

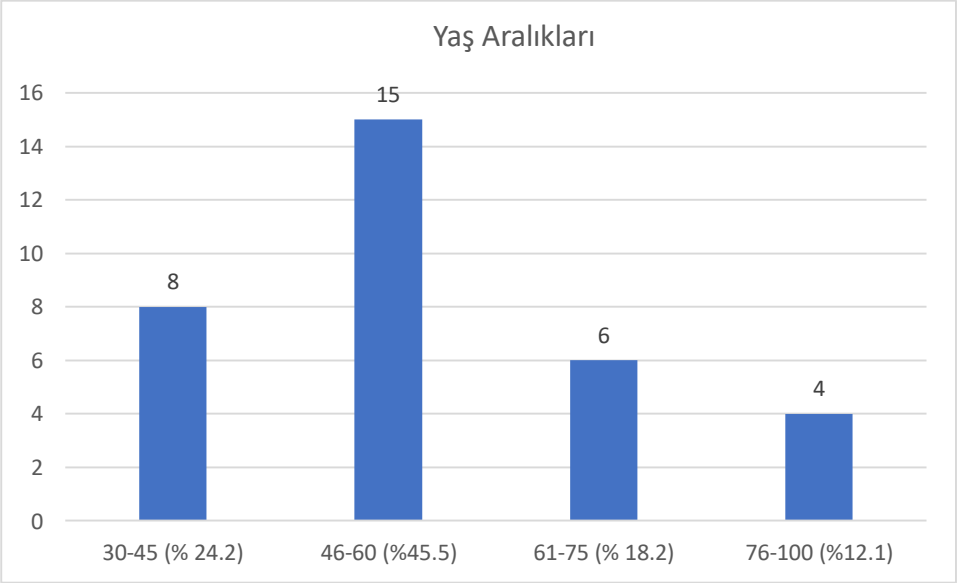
olarak (% 11.9), 7 bitki bal bitkisi olarak (% 10.4) ve 5 bitki reçel (% 7.5) yapılarak kullanılmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Bitkilerin en yaygın kullanım şekilleri

Farklı şekillerde en çok kullanılan bitkiler sırası ile şu şekildedir. *Urtica dioca* 7 kullanım (% 7.4), *Rosa canina* 4 kullanım (% 4.2), *Cichorium intybus* 3 kullanım (% 3.2), *Gundelia tournefortii* var. *tournefortii* 3 kullanım (% 3.2), *Rumex gracilescens* 3 kullanım (% 3.2), *Trogopagon dubius* 2 kullanım (% 2.1), *Berberis crataegina* 2 kullanım (% 2.1), *Anchusa azurea* var. *azurea* 2 kullanım (% 2.1), *Sinapis arvensis* 2 kullanım (% 2.1), *Capsella bursa-pastoris* 2 kullanım (% 2.1), *Thymus sipyleus* subsp. *sipyleus* var. *sipyleus* 2 kullanım (% 2.1) ve *Papaver lateritium* subsp. *lateritium* 2 kullanım (% 2.1).

Çalışma sırasında değerli bilgilerine başvurulan kaynak kişilerin listesi (Tablo 2) de verilmiştir. Görüşme yaptığımız kişilerin yaş aralıkları 30-90 arasında değişmektedir. Kaynak kişilerin yaş aralıkları ve oranları; 30- 45 yaş arası 8 kişi (% 24,2), 46- 60 yaş arası 15 kişi (% 45,5), 61- 75 yaş arası 6 kişi (% 18,2), 76- 100 yaş arası 4 kişi (% 12,1) şeklindedir (Şekil 8).



Şekil 8. Kaynak kişilerin yaş aralıkları

Çalışmamız sonucunda elde edilen verilerle Erzincan 'a yakın alanlarda yapılan diğer çalışmalar karşılaştırılmıştır (Tablo 3). Gıda amaçlı kullanılan bitki sayısında Kemaliye yöresinde Zetrin baharatına katılan bitkiler (Korkmaz vd., 2014) 92 taksonla ilk sırada, Kelkit (Gümüşhane) Gıda bitkileri (Korkmaz ve Karakurt, 2014) 85 taksonla ikinci sırada, Ergan Dağı (Erzincan) (Korkmaz ve Alparslan, 2014) 82 bitki ile üçüncü sıradadır., Narman (Erzurum) ve köyleri (Bulut, 2005) 27 bitki ile son sıradadır. Çalışmamızda ise 67 gıda bitkisi belirlenmiştir.

Tablo 3. Çalışma sonuçlarının çalışma alanımıza yakın bölgelerde yapılan çalışmalarla karşılaştırılması

Çalışma	**Bitki sayısı**
Ilıca (Erzurum) (Özgen vd., 2004)	42
Ergan Dağı (Erzincan) (Korkmaz ve Alparslan, 2014)	82
Kemaliye (Erzincan) Zetrin Baharatı (Korkmaz vd., 2014)	92
Üzümlü (Erzincan) Gıda Bitkileri (Korkmaz ve Karakuş, 2014)	64
Keşiş Dağı Geofitleri (Korkmaz ve İlhan, 2015)	50
Kelkit (Gümüşhane) Doğal Gıda Bitkileri (Korkmaz ve Karakurt, 2015)	85
Narman (Erzurum) ve Köyleri (Bulut, 2005)	27
Çayırlı (Erzincan) (Korkmaz, 2019)	**67**

Ülkemiz muazzam bir bitki çeşitliliğine sahip olduğundan doğal bitkilerimiz tıbbi bitki ihtiyacımızı fazlasıyla giderebilecek potansiyeldedir. Türkiye'de çok fazla ortaya çıkarılmamış olan doğal bitkilerin kullanımına yönelik etnobotanik veriler kayıt altına alınarak yeni nesillere aktarılmalıdır. Böylece geçmişten günümüze ulaşan bu değerli bilgi hazinesinin korunması sağlanmış olacaktır.

TEŞEKKÜR

EÜBAP-2011-10.01.05'nolu proje ile çalışmayı destekleyen Erzincan Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü'ne ve arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen tüm kişi ve kurumlara teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

Akkan, E. 1963. Erzincan Ovasının İklim Özellikleri. Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 23: 79-101.

Anonim, 2011a. İl Çevre Durum Raporu. Erzincan Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Erzincan.

Anonim, 2011b. Erzincan İline Ait 2000 - 2010 Yılları Arası Meteorolojik Değerler. Erzincan İl Meteroloji Müdürlüğü, Erzincan.

Atalay, İ. 2006. Türkiye Toprak Coğrafyası. DEÜ Buca Eğitim Fakültesi Coğrafya Eğitimi Anabilim Dalı, İzmir, 448-452.

Bayrak Özbucak, T., Kutbay, H.G., Ergen Akcın, Ö. 2006. The Contribution of Wild Edible Plants to Human Nutrition in the Black Sea Region of Turkey, Ethnobotanical Leaflets 10: 98-103.

Davis, P.H. 1965-1985. Flora of Turkey and The East Agean Islands. Vol. 1-9, Edinburgh University Press, Edinburgh.

Davis, P.H. (ed.), Mill, R.R., Tan, K. 1988. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 10, Edinburgh University Press, Edinburgh.

Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T., Baser, K.H.C. 2000. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 11, Edinburgh University Press, Edinburgh.

Kandemir, A., Beyazoğlu, O. 2002. Köse Dağları'nın (Gümüşhane) Tıbbi ve Ekonomik Bitkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(3): 148-157.

Kandemir, A., Türkmen, Z. 2008. The Flora of Üzümlü - Sakaltutan (Erzincan - Gümüşhane). Turkish Journal of Botany, 32: 265–304.

Kandemir, A. 2012. Erzincan'ın Endemik Bitkileri ve Tehditleri. Biyolojik Çeşitlilik Sempozyumu, Ankara, 108-109.

Kandemir A., Sevindi C., Korkmaz M., Çelikoğlu Ş. 2015. Erzincan (Türkiye)'a özgü endemik bitki taksonlarının IUCN tehdit kategorileri. Bağbahçe Bilim Dergisi**,** 2(1): 43-65.

Kaya, Y. 1996. Tercan Çevresi ile Şengül (Erzincan) ve Bağırbaba (Tunceli) Dağların Florası. Turkish Journal of Botany, 20: 75-98.

Korkmaz (2015) Floristical diversity and endemic plants of Çayırlı district (Erzincan/Turkey). Biological Diversity and Conservation, 8(3): 223-247.

Korkmaz, M., Alparslan Z. 2014. Ergan Dağı (Erzincan)'nın Etnobotanik Özellikleri. Bağbahçe Bilim Dergi,1(3): 1-31.

Korkmaz, M., Kandemir, A., İlhan, V. 2013. Erzincan ve Çevresinde Yayılış Gösteren Doğal Gül (Rosa L.) Taksonları. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(1): 49-59.

Korkmaz, M., Kandemir, A., Karacan, S. 2014. A Survey on Determining the Plant Taxa of Zetrin Spice Used in Kemaliye District (Erzincan, Turkey). Bothalia Journal, 44(3): 101-118.

Korkmaz, M., Kandemir, A., İlhan, V., Doğan Yıldırım, N. 2015. Tanacetum erzincanense (Asteraceae), a new species from Erzincan, Turkey. Turkish Journal of Botany, 39(1): 96-104.

Korkmaz, M., İlhan, V. 2015. Distribution, Traditional Use and Conservation of Geophyte Plants Growing Around Keşiş Mountain, Eastern Anatolia, Turkey. International Journal of Scientific Research in Knowledge, 3(7): 187-197.

Korkmaz, M., Karakurt, E. 2014. Kelkit (Gümüşhane) Aktarlarında Satılan Tıbbi Bitkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(3): 60-80.

Korkmaz, M., Karakurt, E. 2015. Kelkit (Gümüşhane) İlçesinde Doğal Gıda Bitkilerinin Geleneksel Kullanımları. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 8(2): 31-39.

Korkmaz, M., Karakuş, S. 2014. Traditional Uses of Wild Edible Plants in Üzümlü District (Erzincan, Turkey). Mitteilungen Klosteruburg, 64(2): 119-135.

Korkmaz, M., Karakuş , S. 2015. Traditional Uses of Medicinal Plants of Üzümlü District (Erzincan, Turkey). Pakistan Journal of Botany, 47(1): 125-134.

Korkmaz, M., Turgut N. 2014. Flora of Ergan Mountain (Erzincan/ Turkey). Biological Diversity and Conservation, 7(3): 195-216.

Korkmaz vd. (2016). An ethnobotanical study on medicinal plants in Erzincan, Turkey. Indian Journal of Traditional Knowledge, 15(2): 192-202.

Bulut, G. 2005). Narman (Erzurum) ve Köylerinde Halk İlacı olarak Kullanılan Bitkiler, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

Okaes, H. 1958. Toprakların sınıflandırılması, Türkiye Toprakları, 18. Türk Yüksek Ziraat Mühendisleri Birliği Neşriyatı, İzmir, 84-89.

Özgen, U., Kaya, Y., Coşkun, M., 2004. Ethnobotanical Studies in The Villages of The District of Ilıca (Erzurum) Turkey. Economic Botany, 58(4): 691–696.

Saygılı, M.G. 2000. Erzincan İli Arazi Varlığı. T.C. Başkanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 12-18.

Yıldırımlı, Ş. 1995. Flora of Munzur Dağları (Erzincan-Tunceli). OT Sistematik Botanik Dergisi, 2(1): 1-78.

TÜRKİYE'DE COĞRAFİ İŞARET KAVRAMI

THE CONCEPT OF GEOGRAPHICAL INDICATION IN TURKEY

Dr. Öğr. Üyesi Ayla ARSLANER

Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Türk Patent ve Marka Kurumu'nun (TÜRKPATENT) tanımına göre Coğrafi İşaretler (Cİ); belirgin bir niteliği, ünü veya diğer özellikleri itibariyle kökenin bulunduğu bir yöre, alan, bölge veya ülke ile özdeşleşmiş bir ürünü gösteren işaretlerdir. Bir bölgenin, ekonomik ve kırsal kalkınmasında Cİ tescilinin payı büyük ve oldukça önemlidir. Özgünlük ve kalitesi ile dikkat çeken yöresel ürünler, biyoçeşitliliğin ve kültürel özvarlığın korunması ve bölgelerin sürdürülebilir kalkınması bakımından Türkiye için çok önemli bir fırsat oluşturmaktadır. Bu nedenle yöresel ürünlerden beklenen ekonomik katkının sağlanması ancak Cİ tescillerinin yapılması ile mümkün olacaktır. Bu şekilde, yöresel ürünlerin üretilmesi için gereken tüm coğrafi, mevsimsel, rakıma dayalı, mikrobiyolojik yapı, ısı-nem gibi özellikleri kayıt altına alınarak koruma sağlanabilir. Bu bağlamda son yıllarda ülkemizde Cİ konusunda artan farkındalık ve hassasiyetle birlikte, ilgili bakanlıkların stratejik planları içerisinde Cİ'lere daha geniş yer verilmektedir. Ayrıca tescil mercii ve üreticilerine proje destekleri de gün geçtikçe artmaktadır. Coğrafi işaret potansiyeli taşıyan ürünlerin (tarımsal ürünler, yemek-çorba-tatlı vb gastronomik ürünler, el sanatları, madenler vb) tescil başvuruları gerçekleştirilirken tescil aşaması ve sonrasında problemler yaşanmaması, tescilin kalitesi ve tescilleme sonunda sürdürülebilirliği, denetim mekanizmalarının işlevselliği açısından üniversitelerle ortak çalışmalar yapılması ve birlikte hareket edilmesi oldukça önemlidir. Ürünlerin gerçek üreticileri ve uzmanların koordinasyonu büyük önem arz etmektedir. Zira ürünlerin ayırt edici özelliklerinin ortaya konmasında geleneksel bilgi yanında akademik bilgi ve bilimsel araştırma verilerine ihtiyaç vardır. Denetimler esnasında göz önünde bulundurulacak ölçülebilir kriterlerin belirlenmesi ve tescilde bunlara yer verilmesi, alanda uzman akademisyenlerle çalışılmasıyla mümkün olmaktadır. Bu derlemede, ülkemizde Cİ kavramı üzerinde durulmuş, özellikle bölgelerin sosyo-ekonomik kalkınmasına ivme kazandırabilmesi için bazı önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, Coğrafi İşaretler, Kırsal Kalkınma

ABSTRACT

According to the definition of Turkish Patent and Trademark Organization, a Geographic Indication (Cİ) is a mark indicating a product that is identified with a region, area, region or country of origin in terms of its distinctive quality, reputation or other characteristics. The share of Cİ registration in the economic and rural development development of a region is large and very important. Local products, which attract attention with their originality and quality, in terms of biodiversity, sustainable development and cultural preservation of equity and it constitutes an important opportunity for Turkey. Therefore, it is only possible to obtain the expected economic contribution from the local products by performing Cİ registrations. In this way, all geographical, seasonal, altitude-based, microbiological structure, heat-humidity characteristics required for the production of local products can be recorded and protection can be provided. In this context, with the increasing awareness and sensitivity about Cİ in our country in recent years, Cİs are more widely included in the strategic plans of the relevant ministries. In addition, the project supports to the registration authorities and producers are increasing day by day. It is very important to cooperate with universities in terms of the quality and the sustainability of the registration, the functionality of the inspection mechanisms, in order to avoid any problems during and after the registration applications of the products (agricultural products, food-

soup-dessert etc. gastronomic products, crafts, mines etc) with the potential of geographical indication registration. The coordination of the real producers and experts of the products is of great importance. Because, in order to reveal the distinctive features of the products, academic knowledge and scientific research data are needed besides traditional knowledge. By working with academicians who are experts in the field, measurable criteria to be considered during the audits can be determined and these can be included in the registration. In this review, the concept of Cİ in our country has been emphasized and some suggestions have been made to accelerate the socio-economic development of the regions.

Keywords: Turkey, Geographical Indication, Rural Development

1. GİRİŞ

Coğrafi işaretler (Cİ) belirgin bir niteliği, ünü veya diğer özellikleri yönünden kökenin bulunduğu yöre, alan, bölge ya da ülke ile özdeşleşmiş bir ürünü gösteren işaretlerdir (Anonim, 2017). Bir ürünün Cİ olarak nitelendirilebilmesi için, sınırları belli bir alan ve kökeninin bulunduğu bu alandan kaynaklı karakteristik nitelikleri bulunmalıdır.

Coğrafi İşaretler kavramsal olarak 'menşe' adı ve 'mahreç' işareti olarak ikiye ayrılır. Menşe adı, herhangi bir ürünün belli bir coğrafya parçası içerisinde tüm niteliklerinin bu sahaya ait olduğu, doğal ve beşeri şartların doğrudan izlerini taşıyan ürünler için kullanılmaktadır (Pektaş ve ark., 2018). Erzincan Tulum Peyniri, menşe adı tescilli bir üründür ve tescilde belirtilen coğrafi sınırlar dışında üretilemez. Mahreç işareti ise yine o coğrafyadan kaynaklanmakla birlikte üretim ve işleme aşamalarından en az birinin o bölgeye ait olduğu anlamına gelmektedir (Pektaş ve ark., 2018). Antep Baklavası mahreç işaretli bir üründür, Cİ tescilli Antep Fıstığı kullanılması ve tescilde belirtilen üretim metoduna bağlı kalınması halinde Gaziantep dışındaki illerde de üretilebilmektedir. Cİ türünün doğru anlaşılması ve belirlenmesi; tescil başvurusu ve değerlendirmesi, denetleme ve kökenin geldiği alana sağlayacağı olumlu etkiler açısından oldukça önemlidir. Cİ tescilli ve geleneksel ürün adı tescilli ürünlerde amblem kullanımı ürünün tüketici tarafından tanınması, benzerlerinden ayırt edilmesi ve Coğrafi İşaret olduğunun anlaşılması bakımından oldukça önemlidir ve Şekil 1'de verilen amblemlerin 10 Ocak 2018 itibariyle tescilli coğrafi işaret ile birlikte kullanımı zorunlu hale getirilmiştir (Anonim 2017b).

Şekil 1. Coğragi İşaret ve Geleneksel Ürün Adı amblemleri (TÜRKPATENT, 2019).

Türkiye Nisan 1994'te imzalanan ve Cİ'yi bir fikri mülkiyet hakkı olarak tanımlayan TRIPS Anlaşması'ndan hemen sonra 1995 tarih ve 555 sayılı "Coğrafi İşaretlerin Korunması Hakkında Kanun Hükmünde Kararname"yi (KHK), uygulamaya geçirmiştir. Bu KHK yerini 10 Ocak 2017 tarihinde uygulamaya konan 6769 sayılı "Sınai Mülkiyet Kanunu"na bırakmıştır (Tekelioğlu, 2019).

10.01.2017 tarihinde yürürlüğe giren 22.12.2016 tarihli ve 6769 Sayılı Kanunun 2. Kitabında belirtilen hükümlerle Cİ'ler için yeni bir dönem başlamıştır. Bu kanunla birlikte ülkemizde tescil merci olan Türk Patent ve Marka Kurumu (TÜRKPATENT) bünyesinde Coğrafi İşaretler Daire Başkanlığı kurulmuştur. Ayrıca "geleneksel ürün adı" koruma altına alınmış, tescil başvurusunun üretici birlikleri tarafından yapılması düzenlemesi getirilmiş, tescil itiraz süreci kısaltılmış, başvuru sahibine yüksek

mali külfet getiren ilan masrafları "bültende ilan" kararıyla önemli derecede azaltılmıştır. Kanun ayrıca tescilde revizyon yapılabilmesine imkan sağlamaktadır. Kanun amblem kullanımını zorunlu kılarak, Cİ'leri tüketici gözünde güvenilir ve denetlenebilir hale getirmeyi ve taklitleriyle mücadeleyi amaçlamaktadır. Bu durum Tarım ve Orman Bakanlığı denetçileri açısından da denetim etkinliği ve kolaylığı açısından önem taşımaktadır. Denetim süresi 10 yıldan 1 yıla düşürülerek, yeterliliği TÜRKPATENT tarafından onaylı bir denetim kurumu tarafından yapılması öngörülmüştür (Anonim, 2017).

2. COĞRAFİ İŞARETİN İŞLEVLERİ

Coğrafi İşaret kavramı yerel ekonomilerde özellikle kırsal alanların canlandırılmasında bir araç olarak kullanılabilme özelliğine sahiptir (Kan, 2008). Cİ'ler, sahte kullanım nedeniyle üreticileri hak kaybına uğramaktan korurken, asıl ürünü taklit olandan ayırdığından tüketiciyi aldatılmaktan korur. Coğrafi işaret tescili bir ürünün güvenirliğini artırdığından, bu durum pazardaki imajını olumlu etkilemektedir. Tüketiciye kaliteli ve güvenilir ürünü seçebilme, bu sayede kaliteli ve sağlıklı beslenme fırsatı sağlar (Tekelioğlu, 2019). Elbette bu, endüstriyel ürünler kadar Cİ tescilli ürünlerin de yeterli ve etkin denetimi ile mümkündür.

Tescilli ürünler, hammadde temini, üretim prosesi, olgunlaştırma, ambalajlama gibi işlemlerin en az biri veya tamamının gerçekleştirilmesi açısından kökeninin bulunduğu bölgeye bağlı bulunduğundan yerel işletmelerin sürdürülebilirliği, biyoçeşitliliğin korunması, kültürel mirasın nesiller arasında bozulmadan aktarılması açısından önemli bir araçtır. Bölgenin tanıtımını sağlayarak ve turizme katkıda bulunmak yöreye ve ekonomiye yönelik önemli işlevleri arasındadır. Bu açıdan ait olduğu sektörde (tarım, gıda, maden veya el sanatları) ve turizmde istihdam oluşturma potansiyeli ile kırsaldan göçün engellenmesinde de önemli bir araç olarak kullanılabilir.

3. ETKİN BİR COĞRAFİ İŞARET SİSTEMİ İÇİN TAVSİYELER

Yöresel ürünlerden beklenen ekonomik katkının sağlanması ancak Cİ tescillerinin yapılması ile mümkün olacaktır. Kalkınma Bakanlığı'nın 10. Kalkınma Planında, şehirlerin taşıdıkları potansiyeller, sundukları imkânlar, ürettikleri mal ve hizmetler etrafında markalaşmasını sağlayacak şartlar oluşturulacak ve bu kapsamda coğrafi işaretler desteklenecektir, ifadesi yer almaktadır (Anonim, 2013). 11. Kalkınma Planında, kurumlar ölçeğinde bu konuda hassasiyetlerin arttığının bir göstergesi olarak Cİ'lere daha geniş bir yer ayrılmış ve aşağıdaki ifadelere yer verilmiştir:

414.1. Yöresel ürünler, coğrafi işaretli tarım ürünleri ile tıbbi ve aromatik ürünlerin tanıtım, pazarlama ve markalaşmaya yönelik iyileştirmelerle ürün değeri artırılarak ticarete konu olması sağlanacaktır.

461. Geleneksel, bölgesel ve yerel ürünlerimizin ulusal ve uluslararası ölçekte rekabet gücünün artırılmasına yönelik coğrafi işaret tescil ve kullanımı desteklenecektir.

461.1. Coğrafi işaretler alanında yönetişim süreçleri geliştirilecek, ticaretine yönelik yeni platformlar oluşturulacak, denetim faaliyetleri etkinleştirilecektir.

461.2. İhracat potansiyeli bulunan tescilli coğrafi işaretli ürünler seçilerek, bu coğrafi işaretlerin yurt dışında tescil edilmesi sağlanacak ve tanıtımı yapılacaktır.

461.3. Tescil edilme potansiyeli bulunan coğrafi işaretlerin başvuru öncesi hazırlık süreçlerine ve tescil sonrası satış ve pazarlama ağının geliştirilmesine yönelik ihtiyaçlar belirlenecek; buna dayalı olarak ilgili paydaşlarla birlikte kapasite geliştirme projeleri uygulanacaktır.

462. Genetik kaynaklara dayalı geleneksel bilgi ve folklordan oluşan doğal ve kültürel değerlerimizin fikri haklar sistemi ile bağlantısı güçlendirilecektir.

462.1. Ülkemizin genetik kaynaklara dayalı geleneksel bilgi ve folklor ile ilgili kapasitesinin geliştirilmesi amacıyla envanter çalışması yapılacaktır.

Ancak, ülkemiz tarımı ve dolayısıyla ülke ekonomisi açısından Cİ'lerden beklenen faydanın sağlanabilmesi, başlangıçta toplumsal bilincin oluşmasının yanında, tescil başvuru aşamasından itibaren, üretim ve denetim aşamalarında ciddi bir değişim ve yenilenme gerektirmektedir. Bu bağlamda son yıllarda ülkemizde Coğrafi İşaretler konusunda ciddi bir farkındalık ve hassasiyet oluşmuştur. İlgili bakanlıkların stratejik planları içerisinde yer verilen Cİ tescil mercii ve üreticilerine proje destekleri de gün geçtikçe artmaktadır.

Teknik ve bilimsel açıdan nitelikli tescillerin hazırlanması, tescil belgelerinin değerlendirilmesi ve denetlemeden sorumlu kurum ve kuruluşlarda Cİ konusunda yetkin ve donanımlı eleman ihtiyacının karşılanması için ilgili lisans programlarının müfredatları güncellenmelidir. Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde 2012 yılından itibaren lisans müfredatında Cİ'lere yer verilmesi ve İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Metalürji Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde AB Proje Koordinatörlüğü ile ortak yürütülen faaliyetlerle Cİ eğitimlerinin düzenlenmesi sınırlı sayıda örnekten bazılarıdır. Milli Eğitim Bakanlığı'nın Metro Türkiye ile yaptığı anlaşma ile 2019-2020 eğitim öğretim yılı itibarıyla mesleki ve teknik liselerde Cİ'lerin müfredata alınması bu konunun öneminin anlaşılması bakımından güzel bir örnek olmuştur. Coğrafi İşaret eğitimi, ilköğretimden itibaren, sonrasında ziraat, gıda, ekonomi, el sanatları, madencilik gibi ilgili tüm lisans programlarında müfredata alınarak yaygınlaştırılmalıdır.

6769 sayılı Sınai Mülkiyet Kanunu'nun kabulünden önce yayınlanmış tescillerin, tescil türü, coğrafi alan, alandan kaynaklı nitelikler, ürün proses ve kalite nitelikleri, denetleme ve amblem kullanımı vb. birçok başlıktaki eksik ve hatalar nedeniyle önemli bir kısmının yeniden düzenlenmesine ihtiyaç vardır. Yeni başvurular ilgili disiplinlerden (bitkisel ve tarımsal üretim, gıda teknolojisi, pazarlama vb) uzmanların yer aldığı komisyonlarla hazırlanmalıdır.

Coğrafi işaret potansiyeli taşıyan ürünlerin (tarımsal ürünler, yemek-çorba-tatlı vb gastronomik ürünler, el sanatları, madenler vb) tescil başvuruları gerçekleştirilirken tescil aşaması ve sonrasında problemler yaşanmaması, tescilin kalitesi ve tescilleme sonunda sürdürülebilirliği, denetim mekanizmalarının işlevselliği açısından üniversitelerle ortak çalışmalar yapılması ve birlikte hareket edilmesi oldukça önemlidir. Ürünlerin gerçek üreticileri ve uzmanların koordinasyonu büyük önem arz etmektedir. Zira ürünlerin ayırt edici özelliklerinin ortaya konmasında geleneksel bilgi yanında akademik bilgi ve bilimsel araştırma verilerine ihtiyaç vardır. Denetimler esnasında göz önünde bulundurulacak ölçülebilir kriterlerin belirlenmesi ve tescilde bunlara yer verilmesi, alanda uzman akademisyenlerle çalışılmasıyla mümkün olmaktadır.

Yöresel ve Cİ tescilli ürünler ile ilgili kurum ve kuruluşlar ve üreticiler tarafından gerçekleştirilecek projeler desteklenmeli, kurumların desteklerinin takibini etkin şekilde yapılarak bunlardan faydalanılmalıdır. Üniversitede alt yapı projeleri gerçekleştirilirken yöresel ürün araştırmalarına öncelik verilmesi için üniversite yönetimleri ile irtibatta olunmalıdır. Bu sayede Cİ tescilli ürünleri ekonomik açıdan katma değere dönüştürecek ciddi projeler üretmek mümkün olacaktır. Projeler ihracat potansiyeli taşıyan ürünler üzerine yoğunlaşmalıdır.

Ürünlerle ilgili işlevsel ve güncellenebilir bir veri tabanı oluşturulmalıdır (ürünle ilgili bir kütüphane). Konu ile ilgili tüm paydaşların sürekli koordinasyonunu sağlayacak bir iletişim ağı oluşturulmalı ve bu bireylerin katılımıyla gerçekleştirilecek çalıştay, panel, seminer, sempozyum, kongre ve etkinliklerin sayısı artırılmalıdır. Bu koordinasyon, üreticilerin proje ve desteklerden haberdar olması açısından da gereklidir.

Coğrafi işaretlerin pazarlanmasına yönelik etkinliklerde yerel yönetimlere, oda ve borsalara, kalkınma ajanslarına görev düşmektedir**.** Şehir girişlerinde reklam panolarında tanıtım, yayınevleri ile anlaşılarak

kitaplarda Cİ'ler için reklam sayfası ayrılması, tanıtıma yönelik ikram organizasyonları, yerel ve ulusal televizyonlarda gerçekleştirilecek programlar, kamu spotları, uluslararası davetler, havaalanları, otogarlar ve otellerde yöresel ürün satış alanları, festivallerde tanıtım organizasyonları ve web tanıtımı gibi birçok imkân hem bilgilendirme hem de pazarlama amacıyla kullanılabilir.

Üreticileri birlikte hareket etme ve ürünler için AR-GE, reklam ve pazarlama harcamalarına ödenek ayırmanın gerekliliği konusunda bilinçlendirilmelidir. Üreticilerin, üretim ve pazarlamada birlikte hareketi bilgiye daha hızlı ulaşma ve deneyimlerin paylaşımını sağlayacaktır.

4. SONUÇ

Bir bölgenin, ekonomik ve kırsal kalkınmasında Cİ tescilinin payı büyük ve oldukça önemlidir. Kalite ve özgünlük bakımından benzerlerinden ayrılan yöresel ürünler, biyo-çeşitliliğin ve kültürel özvarlığın korunması ve bölgelerin sürdürülebilir kalkınması bakımından Türkiye için çok önemli bir fırsat oluşturmaktadır. Geçtiğimiz 4-5 yıllık süreçte önemli mesafe kat edilmesine rağmen, toplumumuzun her kesiminde halen Cİ konusunda ciddi bilgi eksikliği olduğu görülmektedir. Ayrıca, yurt içi ve yurt dışında tescillenen ürün sayısındaki artışlar ve ülke ekonomisi açısından Cİ'in öneminin anlaşılması ile birlikte; sürdürülebilir, güvenilir ve etkin bir denetim sistemi, fiziki ve akademik yeterlilikte denetleme kurumları ve denetçilere olan ihtiyacı artıracaktır. Teknik ve bilimsel açıdan nitelikli tescillerin hazırlanması, tescil belgelerinin değerlendirilmesi ve denetlemeden sorumlu kurum ve kuruluşlarda Cİ konusunda yetkin ve donanımlı eleman ihtiyacının karşılanması için ilgili lisans programlarının müfredatları güncellenmelidir.

KAYNAKÇA

Anonim 2014. TC. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. 10. Kalkınma planı (2014-2018). http://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/ Erişim Tarihi: 10.12.2019.

Anonim 2017. Sınai Mülkiyet Kanunu, 2. Kitap Coğrafi İşaretler ve Geleneksel Ürün Adı, 10 Ocak 2017 tarih ve 29944 sayılı Resmi Gazete, https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6769.pdf Erişim Tarihi: 10.12.2019.

Anonim 2017b. Coğrafi İşaretler ve Geleneksel Ürün Adı Amblem Yönetmeliği, 10 Aralık 2017 tarih ve 30285 sayılı Resmi Gazete, http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/12/20171229-8.htm Erişim Tarihi:10.12.2019.

Anonim 2019. TC. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2019-2023). http://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/ Erişim Tarihi: 10.12.2019.

Kan M, Gülçubuk B, 2008. Kırsal Ekonominin Canlanmasında ve Yerel Sahiplenmede Coğrafi İşaretler. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (2), 57-66.

Pektaş Eroğlu GÖ, Kahraman C, Alkan G. 2018. Türkiye'de Coğrafi İşaretler ve İhracat Pazarlaması Açısından Değerlendirilmesi. Doğu Coğrafya Dergisi. 23 (39), 65-82.

Tekelioğlu Y. 2019. Coğrafi İşaretler ve Türkiye Uygulamaları. Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 8 (15), 47-75.

TÜRKPATENT 2019. Türk Patent ve Marka Kurumu,

https://www.turkpatent.gov.tr/TURKPATENT/, (Erişim Tarihi:15.04.2019).

ERZURUM İLİNDEKİ TÜKETİCİLERİN TÜTSÜLENMİŞ BALIĞA BAKIŞ AÇISI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

A RESEARCH ON THE PERSPECTIVES OF SMOKING FISH THE CONSUMERS IN ERZURUM

Dr. Öğr. Üyesi Pınar OĞUZHAN YILDIZ
Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan ARSLAN
Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi

ÖZET

Bu çalışma Erzurum ilinde düzenlenen 16-20 Ekim 2019 Gıda ve Yöresel Lezzetler fuarındaki tüketicilerin tütsülenmiş balığa bakış açılarının incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırmanın materyalini fuara katılan 184 kişi ile yapılan anketten elde edilen veriler oluşturmaktadır. Ankete katılan bireylerin 98'si erkek 86'i kadındır. Tüketicilerin bazı sosyo-demografik özellikleri ile tütsülenmiş balık tüketimleri arasındaki ilişkiler Ki-kare testi ile analiz edilmiştir. Ankete katılan bireylerin ilk tercihlerinin %73,4 ile kırmızı et, ikinci tercihlerinin %20,6 ile tavuk eti olduğu ve son tercihlerinin ise %6 ile balık eti olduğu tespit edilmiştir. Katılımcıların % 81'i tütsülenmiş balığı beğenirken, %19'u beğenmediğini belirtmişlerdir. Tütsülenmiş balıkta en çok beğenilen özellik ise aroma (%26,6) olarak belirlenmiştir. Katılımcıların %74,5'i ilk defa tütsülenmiş balık yediklerini belirtmişlerdir. Bununla beraber anket sonucunda sorulan eğitim durumlarına göre beğeni düzeylerinin 4 ve 5 numaralı (İyi- Çok İyi) seçimlerde %75 gibi büyük bir oranın toplanması tütsülenmiş balığın beğenildiği anlamını taşımaktadır. Buradan hareketle Erzurum'da tütsülenmiş balık imalatı ve satışı olmamasının bir eksiklik olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tütsülenmiş balık, Su ürünleri tüketimi, Erzurum

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the perspectives of consumers on smoked fish at the Food and Local Flavors Fairs held on 16-20 October 2019 in Erzurum. The material of the research is the data obtained from the survey conducted with 184 people who participated in the fair. 98 of the participants were male and 86 were female. The relationship between some socio-demographic characteristics of consumers and smoked fish consumption was analyzed by Chi-square test. It was found that the first preferences of the participants were red meat with 73.4%, the second choice was chicken meat with 20.6% and the last choice was fish meat with 6%. While 81% of the respondents liked the smoked fish, 19% did not. The most favored feature of smoked fish was found to be aroma (26.6%). 74.5% of the participants stated that they ate smoked fish for the first time. However, according to the educational status of the questionnaire, 75% of the level of appreciation in elections 4 and 5 (Good-Very Good) means that the smoked fish is liked. Therefore, it is thought that the lack of smoked fish production and sale in Erzurum is a deficiency.

Keywords: Smoking fish, Consumption of seafood, Erzurum

1. GİRİŞ

Su ürünleri protein, vitamin ve mineral açısından en değerli besin maddelerinden birisi olması nedeniyle, insan beslenmesinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Ancak su ürünleri besin maddeleri içerisinde en hızlı bozulan ve kokuşan besin maddesidir (Erdoğan Sağlam ve Samsun 1999; Oğuzhan vd. 2006). Su ürünleri, kolay bozulan bir gıda olması nedeniyle tarih boyunca raf ömrünün uzatılması ve korunması amacı ile pek çok işleme tekniği uygulanmıştır (tuzlama, kurutma, tütsüleme, marinasyon, konserve vb.). Su ürünlerine uygulanan işleme tekniklerinden birisi de dumanlama olarak da bilinen tütsülemedir (Alçiçek 2010; Oğuzhan ve Yangılar 2013).

Kışın yaprağını döken ağaçların odun talaşı ile elde edilen duman içerisinde belirli tekniklerle tuzlanmış balıkların bekletilmesiyle elde edilen ürünlere tütsüleme (dumanlama) denir. Tütsüleme işleminde amaç, ürünün duyusal özelliklerini geliştirmek, oksidasyona engel olmak, tuzlama ve kurutma ile su ürünleri etinde bulunan suyun bir kısmını uzaklaştırılmak ve tütsü bileşiminde yer alan maddeler sayesinde mikroorganizmaların faaliyetini engellemektir (Oğuzhan ve Yangılar 2013; Bucak ve Taşpınar 2014).

Su ürünleri tüketiminin günümüzde insan sağlığı açısından pek çok yararı bulunmaktadır. Ne yazık ki, ülkemizde hızla artan nüfus ve dengeli beslenmede gözlenen sıkıntılar dikkate alındığında; su ürünlerinden halen yeterince faydalanılmadığı görülmektedir. Türkiye'deki kişi başına düşen balık tüketimi gelişmiş ülkelerdeki balık tüketimine göre oldukça düşüktür (Saygı vd. 2015).

Bu çalışmada, fuara katılan tüketicilere tütsülenmiş balık ikram edilerek, birebir soru-cevap biçiminde anket yapılıp Erzurum ilindeki tüketicilerin su ürünleri tüketim davranışlarının belirlenmesi ve tütsülenmiş balığa bakış açılarının incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma gerek il gerekse ülke düzeyinde sektörel anlamda olumlu katkılar sağlaması bakımından önem taşımaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma; Erzurum ilinde düzenlenen 16-20 Ekim 2019 Gıda ve Yöresel Lezzetler fuarındaki tüketicilerin tütsülenmiş balığa bakış açılarının incelenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın materyalini fuara katılan 98'si erkek ve 86'i kadın olmak üzere toplam 185 kişi ile yapılan anketten elde edilen veriler oluşturmaktadır. Ankette yer alan 9 soru su ürünleri ve tütsülenmiş balık tüketim alışkanlıklarını, 3 soru ise sosyo-demografik özellikleri ölçmektedir. Anketlerden elde edilen veriler excel ortamına aktarılmış ve istatistiki analiz programları kullanılarak Ki-Kare testi yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. ANKETE KATILAN TÜKETİCİLERİN SOSYO-DEMOGRAFİK ÖZELLİKLERİ

Erzurum ilindeki Gıda ve Yöresel Lezzetler fuarda yapılan ankete katılan tüketicilerin %53.26'sının erkek, %46,74'ünün kadın olduğu, %10.33'ünün 51-60 yaş arası, %27,17'sinin 41-50 yaş arası, %18,48'inin 31-40 yaş arası, %26,63'ünün 21-30 yaş arası ve %17,39'unun ise 21'den küçük yaş grubu olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

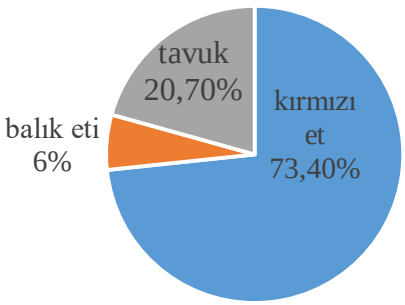
Çizelge 1. Katılımcıların Sosyo-Demografik Özellikleri

		Sayı	(%)
Cinsiyet	**Kadın**	**86**	**46,74**
	Erkek	**98**	**53,26**
Yaş	**21'den küçük**	**32**	**17,39**
	21-30	**49**	**26,63**
	31-40	**34**	**18,48**
	41-50	**50**	**27,17**
	51-60	**19**	**10,33**
Eğitim Durumu	**İlköğretim**	**6**	**3,26**
	Ortaöğretim	**27**	**14,67**
	Üniversite	**112**	**60,87**
	Lisansüstü	**38**	**20,65**
	Hiçbiri	**1**	**0,54**

Çizelge 1' de görüldüğü gibi ankete katılan katılımcıların % 3,26'sı'i ilköğretim, %14,67'si ortaöğretim, %60,87'si üniversite, %20,65'i lisansüstü mezunu olarak belirlenmiştir.

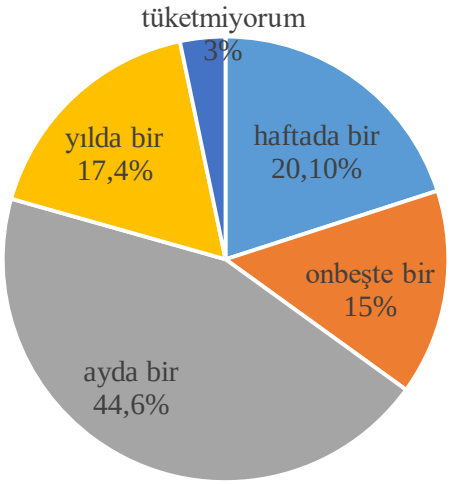
3.2. ANKETE KATILAN TÜKETİCİLERİN BALIK VE TÜTSÜLENMİŞ BALIK TÜKETİM ALIŞKANLIKLARI

Ankete katılanların en çok tükettikleri et türleri sırasıyla kırmızı et (%73,84), tavuk eti (%20,7) ve balık eti (%6) olarak tespit edilmiştir (Şekil 1). Tüketicilerin balık etini, tavuk ve kırmızı etten sonra tercih ettikleri görülmüştür. Oğuzhan Yıldız ve Yıldız (2017) tarafından Ardahan ilinde, Karaton Kuzgun ve Demirbağ (2018)'ın Elazığ ili Palu ilçesinde yapmış oldukları çalışma bulguları mevcut çalışmamızla uyumludur.



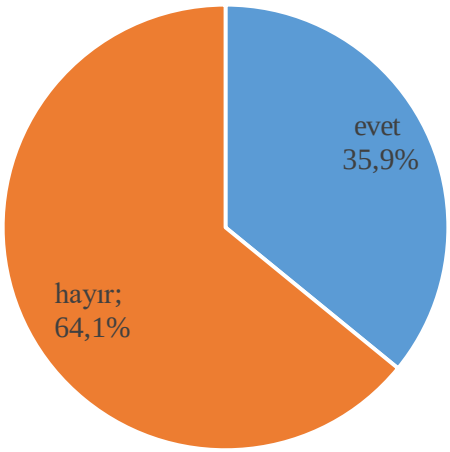
Şekil 1. Daha çok hangi eti tüketiyorsunuz?

Ankete katılan bireylerin su ürünleri tüketim sıklığının belirlenmesine yönelik soru yöneltildiğinde %44,6'sının ayda bir gün su ürünleri tükettikleri belirlenmiştir (Şekil 2. Ardahan ilinde yapılan çalışmada kişilerin balık tüketim sıklığı %28,48 ile ayda bir, % 26,16 ile haftada bir olarak belirlenmiştir (Kılıç vd. 2019). Antalya ilinde yapılan başka bir çalışmada, ankete katılan bireylerin %43,67'si iki haftada bir gün ve %26,81'i ise haftada bir gün su ürünlerini tükettikleri belirlenmiştir (Arslan ve İzci 2016).



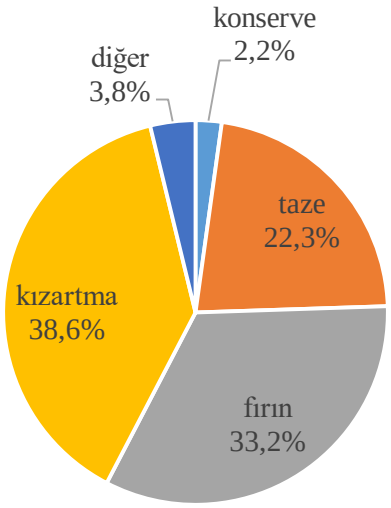
Şekil 2. Ne sıklıkla balık tüketiyorsunuz?

Tütsülenmiş balık hakkında bilgiye sahip misiniz sorusuna %64,1'i hayır, %35,9'u evet cevabını vermiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Tütsülenmiş balık hakkında bilgiye sahip misiniz?

Katılımcıların balık tüketim şekli kızartma (%38,6), fırında (%33,2), taze (%22,3), diğer (%3,8) ve konserve (%2,2) olarak saptanmıştır (Şekil 4). Abdikoğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada; Tekirdağ ilinde tüketicilerin %33,23'ünün kızartma, %22,89'nin fırın, %15,25'inin mangal, %10,46'sının buğulama, %9,09'unun elektrikli ızgara ve %9,08'ının yağsız tava da tükettikleri tespit edilmiştir.



Şekil 4. Balığı hangi şekilde tüketirsiniz?

.

Yaşa bağlı olarak "Daha çok hangi eti tüketiyorsunuz" sorusuna katılımcıların vermiş oldukları cevaplara yönelik yapılan Ki-Kare bağımsızlık testi sonucunda yaşa bağlı olarak verilen cevaplar arasında bir farklılık tespit edilmiştir. 51-60 yaş aralığındaki katılımcıların %5,3'ü daha çok beyaz et tükettiklerini söylerken, 21-30 yaş aralığındaki katılımcılarda bu durum %40,8'dir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Yaşa bağlı olarak "Daha çok hangi eti tüketiyorsunuz" sorusuna katılımcıların vermiş oldukları cevapların Ki-Kare testi ile analizi

			Daha çok hangi eti tüketiyorsunuz?			Toplam
			Balık	Kırmızı et	Beyaz et	
Yaş	<21	Kişi	0	23	9	32
		%	0,0	71,9	28,1	100,0
	21-30	Kişi	3	26	20	49
		%	6,1	53,1	40,8	100,0
	31-40	Kişi	1	29	4	34
		%	2,9	85,3	11,8	100,0
	41-50	Kişi	5	41	4	50
		%	10,0	82,0	8,0	100,0
	51-60	Kişi	2	16	1	19
		%	10,5	84,2	5,3	100,0
Toplam		Kişi	11	135	38	184
		%	6,0	73,4	20,7	100,0

Pearson Chi-Square= 0,001

Eğitim durumuna bağlı olarak "Daha çok hangi eti tüketiyorsunuz" sorusuna katılımcıların vermiş oldukları cevaplara yönelik yapılan Ki-Kare bağımsızlık testi sonucunda yaşa bağlı olarak verilen cevaplar arasında bir farklılık tespit edilmiştir. Hiçbir eğitim kurumundan mezun olmayan katılımcıların %100'ü kırmızı et tükettiklerini belirtirken aynı durum İlköğretim mezunlarında

%50'dir. Eğitim durumları üniversite olan katılımcıların %3,6'sı Balık tükettiklerini belirtirken, İlköğretim mezunu olan katılımcılarda aynı durum %33,3'tür (Çizelge 3).

Çizelge 3. Eğitim durumuna bağlı olarak "Daha çok hangi eti tüketiyorsunuz" sorusuna katılımcıların vermiş oldukları cevapların Ki-Kare testi ile analizi

			Daha çok hangi eti tüketiyorsunuz?			Toplam
			Balık	Kırmızı et	Beyaz et	
Öğrenim	İlköğretim	Kişi	2	3	1	6
		%	33,3	50,0	16,7	100,0
	Lise	Kişi	0	20	7	27
		%	0,0	74,1	25,9	100,0
	Üniversite	Kişi	4	82	26	112
		%	3,6	73,2	23,2	100,0
	Lisansüstü	Kişi	5	29	4	38
		%	13,2	76,3	10,5	100,0
	Hiçbiri	Kişi	0	1	0	1
		%	0,0	100,0	0,0	100,0
Toplam		Kişi	11	135	38	184
		%	6,0	73,4	20,7	100,0

Pearson Chi-Square= 0,030

Eğitim durumuna bağlı olarak "Tütsülenmiş balıkta en çok hangi özelliği beğendiniz" sorusuna katılımcıların vermiş oldukları cevaplara yönelik yapılan Ki-Kare bağımsızlık testi sonucunda yaşa bağlı olarak verilen cevaplar arasında bir farklılık tespit edilmiştir. Hiçbir eğitim kurumundan mezun olmayan katılımcıların %100'ü lezzet derken, eğitim durumu lise olan katılımcılarda aynı özellik %14,8'dir. Eğitim durumları Lisansüstü olan katılımcıların %7,9'u tütsülenmiş balıkta en çok kokuyu beğendiklerini söylerken, aynı özellik eğitim durumları ilköğretim olan katılımcılarda %66,7'dir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Eğitim durumuna bağlı olarak "Tütsülenmiş balıkta en çok hangi özelliği beğendiniz" sorusuna katılımcıların vermiş oldukları cevapların Ki-Kare testi ile analizi

			Tütsülenmiş balıkta en çok hangi özelliği beğendiniz?						Toplam
			Lezzet	Koku	Renk	Aroma	Görünüm	Hepsi	
Öğrenim	İlköğretim	Kişi	2	4	0	0	0	0	6
		%	33,3	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
	Lise	Kişi	4	9	1	4	2	7	27
		%	14,8	33,3	3,7	14,8	7,4	25,9	100,0
	Üniversite	Kişi	27	10	4	30	20	21	112
		%	24,1	8,9	3,6	26,8	17,9	18,8	100,0
	Lisansüstü	Kişi	6	3	2	15	1	11	38
		%	15,8	7,9	5,3	39,5	2,6	28,9	100,0
	Hiçbiri	Kişi	1	0	0	0	0	0	1
		%	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0
Toplam		Kişi	40	26	7	49	23	39	184
		%	21,7	14,1	3,8	26,6	12,5	21,2	100,0

Pearson Chi-Square= 0,002

Eğitim durumuna bağlı olarak "Tütsülenmiş balığa puan verseniz puanınız kaç olurdu" sorusuna katılımcıların vermiş oldukları cevaplara yönelik yapılan Ki-Kare bağımsızlık testi sonucunda yaşa bağlı olarak verilen cevaplar arasında bir farklılık tespit edilmemiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Eğitim durumuna bağlı olarak "Tütsülenmiş balığa puan verseniz puanınız kaç olurdu" sorusuna katılımcıların vermiş oldukları cevapların Ki-Kare testi ile analizi

			Tütsülenmiş balığa puan verseniz puanınız kaç olurdu?					Toplam
			1	2	3	4	5	
Öğrenim	İlköğretim	Kişi	1	0	1	0	4	6
		%	16,7	0,0	16,7	0,0	66,7	100,0
	Lise	Kişi	1	2	2	10	12	27
		%	3,7	7,4	7,4	37,0	44,4	100,0
	Üniversite	Kişi	7	6	20	39	40	112
		%	6,3	5,4	17,9	34,8	35,7	100,0
	Lisansüstü	Kişi	1	2	3	22	10	38
		%	2,6	5,3	7,9	57,9	26,3	100,0
	Hiçbiri	Kişi	0	0	0	1	0	1
		%	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	100,0
Toplam		Kişi	10	10	26	72	66	184
		%	5,4	5,4	14,1	39,1	35,9	100,0

Pearson Chi-Square= 0,400

Yukarıda ki çizelgeler önemli çıkan soru ve cevapları göstermektedir. Haricinde verilen cevaplar istatistiki açıdan önemli görülmemiştir. Bütün katılımcıların %74,5'i ilk defa tütsülenmiş balık yediklerini belirtmişlerdir. Katılımcılara son olarak tatmış oldukları tütsülenmiş balığa 1'den 5'e kadar puan vermeleri istenmiş ve alınan cevaplardan yukarıdaki tablo oluşturulmuştur. Anket sonucunda sorulan eğitim durumlarına göre beğeni düzeylerinin 4 ve 5 numaralı (İyi- Çok İyi) seçimlerde %75 gibi büyük bir oranın toplanması tütsülenmiş balığın beğenildiği anlamı taşımaktadır. Buradan hareketle Erzurum'da tütsülenmiş balık imalatı ve satışı olmamasının bir eksiklik olduğu düşünülmüştür.

KAYNAKÇA

Abdikoğlu, D.İ., Azabağaoğlu, M.Ö., Unakıtan, G., 2015. Tekirdağ İlinde Balık Tüketim Eğilimlerinin Belirlenmesi. Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi, 1: 69-75

Alçiçek, Z., 2010. Farklı Oranlarda Tuzlanarak Sıcak Tütsüleme ve Sıvı Tütsüleme Teknikleri Uygulanmış Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) Filetolarının Vakum Paketli ve Buzdolabı Koşullarında Depolanmalarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Arslan, M., İzci, L., 2016.Antalya İli Su Ürünleri Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 12(1): 75-85.

Bucak, T., Taşpınar, O., 2014. Türk mutfağı tarihinde deniz kültürünün yeri ve önemi. International Journal of Human Sciences, 11(1):551-568.

Erdoğan Sağlam, N., Samsun, S., 2018. Yozgat İli Su Ürünleri Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 14(1): 9-16.

Karaton Kuzgun, N., Demirbağ, A., 2018. Palu İlçesi Balık Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. Uluslararası Palu Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 11-13 Ekim, Elazığ.

Kılıç, E., Soylu, M., Uzmanoğlu, M.S., 2019. Ardahan İli Su Ürünleri Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 7(7): 1028-1039

Oğuzhan, P., Angiş, S., Haliloğlu, H.İ., Atamanalp, M., 2006. Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss)* Filetolarında Sıcak Tütsüleme Sonrası Kimyasal Kompozisyon Değişimleri. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 23(1/3): 465-466.

Oğuzhan Yıldız, P., Yıldız. S., 2017. Ardahan İli Balık Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. II. International Iğdır Symposium, 09-11 October, Iğdır.

Saygı, H., Bayhan, B., Hekimoğlu, M.A., 2015. Türkiye'nin İzmir ve Ankara İllerinde Su Ürünleri Tüketimi Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(5): 248-254.

DENEYSEL ALZHEİMER MODELİ OLUŞTURULMUŞ SIÇANLARDA GLUTAMAT GERİ ALINIM PARAMETRE DEĞİŞİMİ VE YENİ TEDAVİ ÖNERİLERİ

GLUTAMATE REUPTAKE PARAMETER CHANGES AND NEW TREATMENT RECOMMENDATİONS İN EXPERİMENTAL ALZHEİMER MODEL FORMED RATS

Dr. Öğr. Üyesi Ufuk OKKAY

Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı

Prof. Dr. Ahmet Hacımüftüoğlu

Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı

Dr. Öğr. Üyesi Irmak FERAH OKKAY

Atatürk Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Alzheimer hastalığı (AH), demansın sebep olduğu, bellek, yargı ve işlevselliğin kademeli olarak kaybedilmesine neden olan dejeneratif bir beyin hastalığıdır. Bu bozukluk genellikle 65 yaş üstü kişilerde görülür.

Glutamat beynin başlıca uyarıcı nörotransmitteridir ve muhtemelen tüm sinapslarının yarısından çoğunda bulunur. Glutamat reseptör aktivitesi motor hareketlerin uygulanması, hafıza edinimi ve algılama gibi çeşitli fizyolojik nöronal işlemler için gereklidir. AH'da beyin glutamat taşıyıcı fonksiyonlarında azalma olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir.

Sıçan beynine Streptozosin (STZ) uygulaması sonucu, nörodejeneratif hastalığın erken patofizyolojik değişikliklerinin geçerli bir deneysel modeli olduğu düşünülen, nöroinflamasyon, oksidatif stres ve biyokimyasal değişiklikler ortaya çıktığı gösterilmiştir.

Biz de bu çalışmada STZ ile indüklenen deneysel AH modelinde seftriakson gibi bir glutamat taşıyıcı aktivatörü ilacın etkilerini prefrontal kortekste voltametrik olarak glutamat geri alınım parametreleri aracılığıyla incelemeyi hedefledik. Henüz tedavi imkanı olmayan AH'nın altında yatan sebepleri daha iyi anlayabilmek ve yeni tedavi önerileri sunabilmek için bu deneysel çalışmayı planladık.

Anahtar Kelimeler: Alzheimer Hastalığı, glutamat, rat, seftriakson, streptozosin.

ABSTRACT

Alzheimer's disease (AD) is a degenerative brain disease caused by dementia that leads to a gradual loss of memory, judgment, and functionality. This disorder is usually seen in people over 65 years of age.

Glutamate is the main stimulating neurotransmitter of the brain and is probably found in more than half of all synapses. Glutamate receptor activity is required for various physiological neuronal processes such as the application of motor movements, memory acquisition and detection. Decrease in brain glutamate transporter functions in AD has been shown in studies.

It has been demonstrated that streptozocin (STZ) application in rat brain results in neuroinflammation, oxidative stress and biochemical changes which are considered to be a valid experimental model of early pathophysiological changes of neurodegenerative disease.

In this study, we aimed to investigate the effects of a glutamate transporter drug, such as ceftriaxone, in the STZ-induced experimental AH model voltametrically in the prefrontal cortex via glutamate uptake parameters. We planned this experimental study to better understand the underlying causes of AD and to offer new treatment recommendations.

Keywords: Alzheimer's Disease, glutamate, rat, ceftriaxone, streptozocin.

GİRİŞ

Alzheimer hastalığı (AH), demansın sebep olduğu, bellek, yargı ve işlevselliğin kademeli olarak kaybedilmesine neden olan dejeneratif bir beyin hastalığıdır.[1] Bu bozukluk genellikle 65 yaş üstü kişilerde görülür. Hafıza kaybı, AH'nın en yaygın belirtisidir.[2] Unutkanlık başlangıçta zayıf olabilir, ancak belleğin kaybı, günlük yaşamın birçok yönünü etkileyene kadar zamanla kötüleşir.[3] Belirtilerin ortaya çıkmasından sonra, etkilenen kişiler genellikle 8 ile 10 yıl hayatta kalır. [3] Ölüm genellikle pnömoni, yetersiz beslenme veya organ yetmezliklerinden kaynaklanır.

Glutamat beynin başlıca uyarıcı nörotransmitteridir ve muhtemelen tüm sinapslarının yarısından çoğunda bulunur. Glutamat reseptör aktivitesi motor hareketlerin uygulanması, hafıza edinimi ve algılama gibi çeşitli fizyolojik nöronal işlemler için gereklidir.[4-6]

AH'da beyin glutamat taşıyıcı fonksiyonlarında azalma olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir. Glutamat taşıyıcılarının yetersiz işleyişi, sinaptik aralıkta aşırı glutamat birikimi ve eksitotoksik nöronal hasar ile sonuçlanabilir.[7] Daha sonraki çalışmalar ise astroglial glutamat taşıyıcı alt tiplerinden eksitatör amino asit taşıyıcı 2 (EAAT2)'nin AH'da işlevsiz olduğunu ve bunun amiloid prekürsör proteinin anormal işleyişi ve/veya işlenmesiyle ilişkili olduğunu göstermiştir. [8]

Sıçan beynine STZ uygulaması sonucu, nörodejeneratif hastalığın erken patofizyolojik değişikliklerinin geçerli bir deneysel modeli olduğu düşünülen, nöroinflamasyon, oksidatif stres ve biyokimyasal değişiklikler ortaya çıktığı gösterilmiştir. STZ'in neden olduğu mekansal öğrenme kaybı, Morris'in su tankı testi ve AH'da olduğu gibi sıçan beyninde tau fosforilasyonundaki patoloji ile gösterilmiştir.[9]

Biz de bu çalışmada STZ ile indüklenen deneysel AH modelinde seftriakson gibi bir glutamat taşıyıcı aktivatörü ilacın etkilerini prefrontal kortekste voltametrik olarak glutamat geri alınım parametreleri aracılığıyla incelemeyi hedefledik. Henüz tedavi imkanı olmayan AH'nın altında yatan sebepleri daha iyi anlayabilmek ve yeni tedavi önerileri sunabilmek için bu deneysel çalışmayı planladık.

MATERYAL VE METOT

Yaptığımız çalışmada Atatürk Üniversitesi'ne ait Deneysel Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne (ATADEM) ait laboratuarlardan alınan 24 adet ve ağırlık olarak 270-310 gram arasında değişen Sprague Dawley türü dişi rat kullanıldı. Çalışma boyunca, ratlara yeterli miktarda su ve pellet yem temin edildi. Deneye alınacak tüm hayvanlar için gruplar oluşturulup beslenmeleri sağlandı ve laboratuvarlara oda sıcaklığı 22±2°C olacak şekilde yerleştirildi. Çalışmamızın bütün aşamalarının etik kurallara uygun olduğu "Atatürk Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (AÜHADYEK)" tarafından verilen 16.04.2015 tarihli ve 36643897-93 sayılı yazı ve 77 nolu karar ile onaylanmıştır.

Kullanılan Kimyasal Maddeler:

Tiopental Sodium (Pental Sodium iv flakon) İbrahim Ethem Ulagay İlaç Sanayi Türk A.Ş. İstanbul, Türkiye: Çalışmamızda sıçanlara intraperitoneal (i.p.) olarak anestesi için 25 mg/kg ve ötenazi için 50 mg/kg dozunda verildi.

Seftriakson (İesef iv flakon) İbrahim Ethem Ulagay İlaç Sanayi Türk A.Ş. İstanbul, Türkiye: Çalışmamızda streptozosin + seftriakson (STZ+SEFT) tedavi grubuna 200 mg/kg dozunda 14 gün boyunca intraperitoneal (i.p.) olarak uygulandı.

Streptozosin Sigma-Aldrich Co. LLC, Almanya: Çalışmamızda streptozosin (STZ), STZ+MEM ve STZ+SEFT gruplarında her bir sıçanın lateral ventriküllerine bilateral olacak şekilde 10µl'lik hacimde Hamilton şırıngaları içinde 3 mg/kg dozunda verildi.

%10 Povidon İodine Antiseptik Solüsyon: Cerrahi insizyon alanlarının dezenfeksiyonu ve operasyon sonrası pansuman için kullanıldı.

Deney Planı

Çalışmamız 4 deney grubu şeklinde planlandı. Her bir grupta 6 adet sıçan olacak şekilde 4 grup olarak çalışma planı oluşturuldu.

Deney grupları ise aşağıdaki gibi planlandı.

Grup 1: Kontrol grubu

Grup 2 (STZ): Sadece streptozosin verilmiş grup.

Grup 3 (STZ+SEFT): Streptozosine ilave olarak 14 gün boyunca seftriakson tedavisi verilen grup.

Sıçan beyin stereotaksi atlasına bakılarak bilateral lateral ventriküllerin yerleri belirlendi. Buna göre bregmadan 0.8 mm posteriora; 1.5 mm laterale ve derinlik olarak da 3.6 mm derinlikte olmak üzere her iki ventrikülün yeri bilateral tespit edildi. Deney grupları tiyopental ile anestezi edildikten sonra tüm grupların stereotaksi cihazı altında kafaları sabitlendi. STZ ve STZ+SEFT gruplarındaki hayvanların lateral ventriküllerine 10µl'lik hacimde Hamilton şırıngaları içinde 3 mg/kg dozunda streptozosin verildi. Aynı anda kontrol grubundaki hayanların lateral ventriküllerine de 10µl'lik hacimde Hamilton şırıngaları ile steril serum fizyolojik solüsyonu verildi. Daha sonra kafatası derileri sütüre edildi. Kontrol ve STZ grubundaki hayvanlara 14 gün boyunca i.p. steril salin verilirken, STZ+SEFT grubuna da 14 gün boyunca i.p. seftriakson tedavisi uygulandı. 14 gün sonunda tüm gruplara in vivo voltametrik glutamat ölçümü yapıldı ve sonrasında deney grupları sonlandırıldı.

İn Vivo Voltametri

Voltametri testleri için gerekli olan mikroelektrotlar Quanteon LLC, Nicholasville KY USA 'dan satın alındı. Her bir elektrot deney öncesi kalibre edilerek çalışma yapmak için uygunluğu test edildi. Kalibrasyon testini başarıyla geçen elektrotlar deneye alındı.

Kalibrasyon:

Kalibrasyon deneyi öncesinde hazırlık aşaması olarak satın alınmış olan elektrotlar 37ºC'de sıcaklığı sabit hale getirilmiş 40 mililitre hacminde 0.05 M konsantrasyonda PBS solüsyonu içerisinde yarısı solüsyonun içinde olacak biçimde en az 1 saat bekletildikten sonra kalibrasyon deneyi başladı. Deneyin ilk aşamasında Ag/AgCl referans elektrodu hazırlamış olduğumuz solüsyonun içine yerleştirildi. Bilgisayarlı sensör teknoloji (Fast Analitical Sensor Technology, Quanteon L.L.C, FAST-16) sistemine deneye ait başlangıç verileri girildikten sonra, mikroelektrotun kayıt bölgesine sistem aracılığıyla +0.7 V voltaj uygulandı. 4 kanallı elektrotun her bir kanalından gelen elektrokimyasal bilgiler bize FAST sistemi aracılığıyla data olarak sunulur. Bu 4 kanalın ikisi glutamat oksidaz ile kaplı olup diğer ikisi referans olarak kullanılmak üzere sadece nafyon kaplıdırlar. Kalibrasyon işlemine başlanmasını takiben akımın sabit bir baseline değerine ulaşması için beklendi. (en az 10,15 dakika olmak kaydıyla). Baseline değeri sabit bir değere ulaştıktan sonra bilgisayar ekranında yer alan baseline tuşu aracılığıyla baseline değeri sisteme girildi. Bu işlemi takiben 500 µl hacimde, 20 mM konsntrasyonda AA (interferent), beherde son konsantrasyon 250 µM olmak üzere eklendi. Bu işlemi takiben baseline tekrar sabitleşince interferent'i gösteren tuşa basılarak interferent için gerekli değer sisteme verilmiş oldu. Sonrasında en az üç kez 40 µl hacimde, 20 mM L-glutamat, beherde son konsantrasyon sırasıyla 20, 40 ve 60 mM glutamat olmak üzere eklendi. Analitimizi bütün ilavelerden sonra kaydettik. Daha sonra kalibrasyon deneyi sonlandırıldı. Bilgisayarda kalibrasyon verileri kaydedildi.

Cam pipet hazırlanması ve mikroelektrota eklenmesi:

Kalibrasyonlar tamamlandıktan sonra sonuçları kontrol edildi. İstenilen selektivite ve sensitivite değerlerine sahip mikroelektrotlara glutamat mikroenjeksiyonu yapabilmek amacıyla cam bir mikropipet eklendi. Vertikal pipet çekici vasıtasıyla dış çapı 1 mm, iç çapı 0.6 mm olan mikropipetler hazırlandı. Mikroskopun yardımıyla mikropipetlerin ucu 12–15 mikrometre çapında olacak şekilde ve sıçanların beyninde kontrolümüz dışında ilaç akıntısı olmasını engellemek ve yerçekimine karşı ilacın boşalmasını engellemek için yeterli yüzey gerilimine sahip olabilmesi için düz bir şekilde kırılarak hazırlandı. Cam mikropipet mikroelektrot kayıt bölgelerinin tam ortasına gelecek biçimde pozisyonlandırıldı ve mum ve macun aracılığıyla sabitlendi. Camın ucu mikroelektrot yüzeyine dokundurulmadan platin kayıt bölgesine 30-40 mikrometre mesafede bırakıldı. Önceden hazırlanmış 200 mM konsantrasyondaki glutamat solüsyonu 1 ml lik tüberkülin iğnesine çekildi. Ucuna 30 nolu hipodermik iğne takıldı. Bu iğne cam pipetin içine sokuldu ve doldurularak mikroelektrot beyine implante edilmeden basınç injeksiyonu ile test edildi.

Ag/AgCl Referans elektrodu hazırlanması:

Hayvan beynine girerken normal Ag/AgCl referans elektrodu büyük olacağı için bunun yerine minyatür bir Ag/AgCl referans elektrodu hazırlandı. Bunun için gümüş kablo her iki ucundan soyuldu. Sonrasonda bir tarafı NaCl ile yoğun şekilde muamele edilmiş 1 M konsantrastyonda HCl içerisine yerleştirildi. 9 volt DC adaptör kullanılarak diğer ucuna potansiyel uygulandı. Bu akım kloru kablo ile birleştirdi ve AgCl oluştu. Elektrik potansiyeli yaklaşık 5-10 dakika süreyle uygulandı. Sonrasında kullanıma hazır hale gelen Ag/AgCl referans elektrodu deneye alınana kadar yoğun tuz solüsyonu içerisinde bekletildi.

Mikroelektrotun Deney Hayvanına Yerleştirilmesi

Sıçanlar 25 mg/kg dozunda i.p. Tiyopental enjeksiyonunu takiben stereotaksi cihazına yerleştirildi ve kafaları sabitlendi. Deney süresince sıçanların vücut ısısını sabit tutmak amacıyla altlarına ısıtıcı petler yerleştirildi. Kafasının üstündeki tüyleri tıraşlandıktan sonra cilt cerrahi insizyonla kesilip sağa ve sola açılarak bregma ortaya çıkarıldı. Beyin atlasından elde edilen koordinatlar aracılığı ile mikroelektrotun yerleştirilmesi gereken noktadaki kafa kemiği, beyine zarar vermeden elektrikli matkapla (Foredom 1/6 HP Series SR flexible shaft power tools) 107 nolu delici ile delindi. Ag/AgCl referans elektrodu için açılan küçük çukura diş sementiyle sabitleştirildi. Paxinos ve Watson'un stereotaksik sıçan beyin atlasına göre elektrodun konulması gereken bölge tespit edildi. Pikospritzer, cam mikropipetlere iliştirildi. Yüksek basınca sahip injeksiyon ile implantasyon öncesinde kontrol yapıldı. Kontrol sonrası mikroelektrotu istenen beyin bölgesine indirmek için stereotaksik cihaza birleştirilmiş mikromanipülatör kullanıldı ve uygun koordinata elektrot yerleştirildi. Hipokampus için koordinat olarak (2,5/2,5-4/2,2-3,8), serebral korteks için (2,5/-1,9/0,6-6,9) kullanıldı. Her bir mikroelektrota ait kalibrasyon verileri FAST sistemi üzerinden tekrar çağrılıp, mikroelektrot sabit baseline'e ulaştığı zaman glutamat geri alım süresi ile ilgili ölçüm işlemlerine başlandı.

Sinyal analizi:

Glutamatın µmol basınçla injeksiyonu, sinaptik aralıktaki glutamat seviyesinde yükselmeye yol açtı. Glutamatın ortamdan uzaklaştırılması ile ilgili t80 süreleri bu aşamada kayıt edildi. t80 süresi sinaptik aralıktaki glutamatın ortamdan uzaklaştırılma süresinin %80'ini ifade etmektedir.

İstenen ölçümler yapılıp gerekli kayıtlar alındıktan sonra bütün gruplardaki hayvanlar yüksek doz 50mg/kg dozunda tiopental sodium ile sakrifiye edilmiştir.

İstatistiksel Analiz

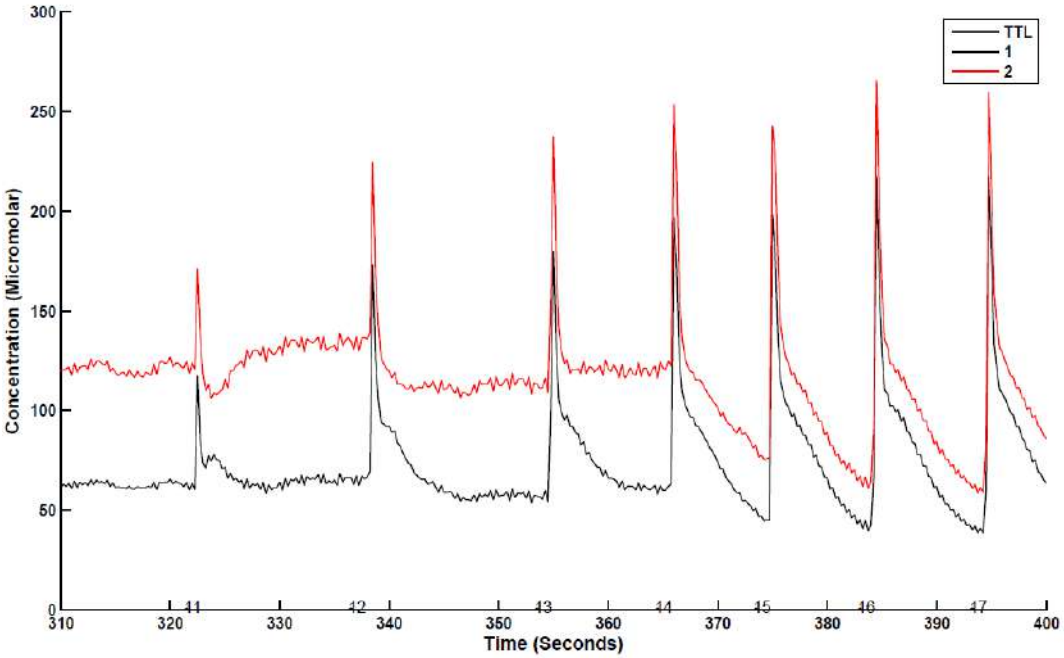
İstatistiki analizlerde SPSS versiyon 20.0 programıyla gerçekleştirildi. Deneysel çalışmaların sonuçları ortalama ± standart sapma olacak şekilde ifade edildi. 0.05 değerinin altında olan P değerleri,

istatistiki bakımdan anlamlı olarak kabul edilmiştir. Gruplar arasındaki farkların önemlilik derecesiyse tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve post hoc LSD testi aracılığıyla saptandı.

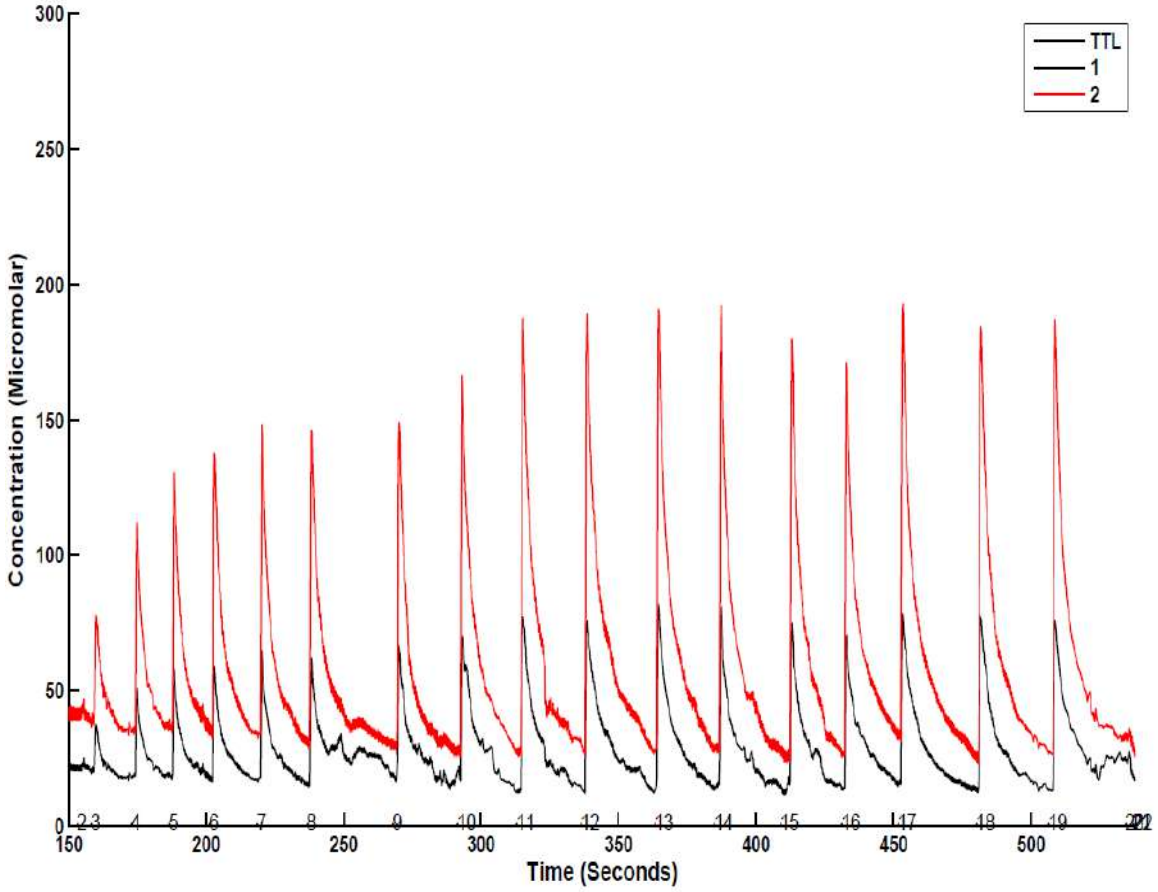
BULGULAR

Tablo 1. Prefrontal korteks glutamat geri alım (t80) süreleri (sn.)

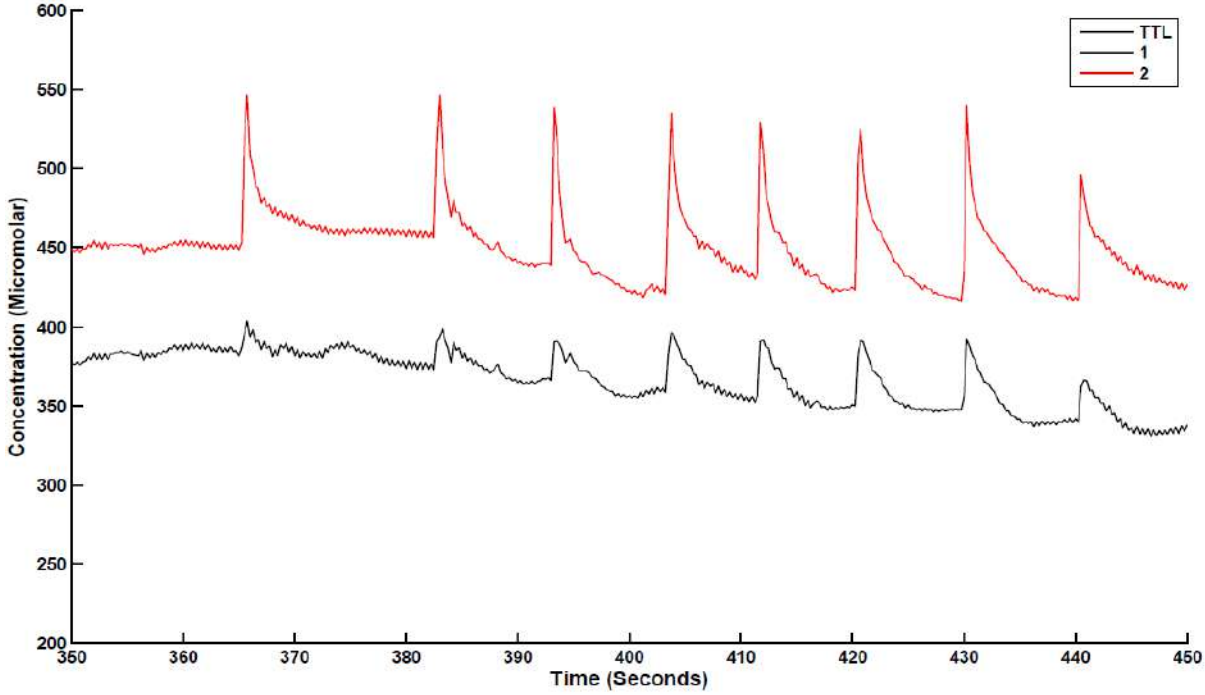
Gruplar	Ortalama ± Standart Sapma	İstatistiksel Farklılık
Kontrol	2,95±0,40	
STZ	7,69±0,68	P<0,001 (kontrol grubuna göre)
STZ+SEFT	2,09±0,31	P<0,001 (STZ grubuna göre)



Şekil 1. Kontrol grubu prefrontal korteks bölgesine ait örnek voltametri kayıtları.



Şekil 2. STZ grubu prefrontal korteks bölgesine ait örnek voltametri kayıtları.



Şekil 3. STZ+SEFT grubu prefrontal korteks bölgesine ait örnek voltametri kayıtları.

TARTIŞMA

Alzheimer hastalığının ilk tanımlanmasından itibaren yaklaşık 100 yıl geçmiş olmasına rağmen, hastalık hakkında bilmediğimiz hala çok şey bulunmaktadır. Dünyada yaşlanan nüfus arttığı için, Alzheimer hastalığı teşhisi konan insanların sayısı artmaktadır. Yani, hastalığı daha iyi anlamak ve daha iyi tedavi seçenekleri geliştirmek için bir aciliyet söz konusudur. Hastalığı daha erken tespit etmek için yenilikçi tanı teknikleri geliştirmeye yönelik çalışmalar devam etmektedir. Araştırmacılar için, Alzheimer hastalığının en zorlayıcı yönlerinden biri, hastalığı durdurmak veya hasarı tersine çevirmek için mevcut tedavi seçeneğinin olmamasıdır. Mevcut ilaçlara benzer şekilde, kötüye gidişatı klinik olarak yavaşlatan, ancak altta yatan hastalık sürecini değiştirmeyen ilaçlar da vardır. Belki de potansiyel olarak dejeneratif süreci durdurabilecek olan ilaçlar daha heyecan verici olacaktır. AH ile ilgili yapılan tüm çalışmalar halihazırda bize bu hastalıkla ilgili bir çözüm sunamamıştır. Biz de bu çalışmamızla AH için yenilikçi bir bakış açısıyla henüz AH 'da ölçülmemiş glutamat geri alınım sürelerini STZ ile AH indüklenmiş sıçanlarda ilk kez ölçmüş bulunuyoruz. Ayrıca glutamat geri alınımını hızlandırdığını bildiğimiz seftriakson ilacını STZ ile indüklenen deneysel AH hayvan modelinde kullanarak faydalı etkilerini gözlemlemiş bulunuyoruz.

Alzheimer hastalığı sadece hastayı değil çevresindeki insanları da etkilemektedir. Aile üyelerinin, özellikle de hastanın bakımında doğrudan yer alanların yaşamları birçok açıdan önemli ölçüde etkilenmektedir. Hastayla birebir ilgilenen kişi için hastalık duygusal, fiziksel, mental ve finansal olarak önemli yükler getirmektedir. Hasta yakınları, yalnızca sevdiği kişide ilerleyici bozulmaya tanık olmaz, aynı zamanda ortaya çıkabilecek çeşitli belirtiler ve komplikasyonlar ile de baş etmek zorundadır.

Biz bu çalışmada deneysel olarak AH modeli oluşturmak için STZ kullandık. İntraserebroventiküler STZ modeli sadece nöroinflamasyonu göstermekle kalmaz, aynı zamanda Tau [10] ve amiloid [11] patolojilerinin yanı sıra AH benzeri kognitif defisitleri [12] AH'nın inflamasyon hipoteziyle uyumlu bir kronoloji ile gösterir.[13]

Sıçanlarda 1 veya 3 mg/kg STZ'nin tek bir intraserebroventiküler enjeksiyonunun, kronik nöroinflamasyon, ventriküllerin genişlemesi ve septumun atrofisine, nöronal hücre sayılarının azalmasına neden olduğu gösterilmiştir. Her iki STZ yoğunluğu da bu etkilere neden olur; ancak bu etkiler 3 mg/kg'de daha belirgindir.[11] Biz de çalışmamızda STZ ile indüklenen AH modelinde STZ'yi 3 mg/kg dozunda kullandık. Yaptığımız voltametrik ölçümler ile glutamat geri alınım süresinin STZ grubunda kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı biçimde uzamış olduğunu tespit ettik. STZ ile indüklenen AH modelinde glutamat geri alınım süresinin uzadığı bu çalışmayla gösterilmiş oldu.

Beyinde in vivo glutamat seviyelerini ölçmek için kullanılabilecek iki yöntem bulunmaktadır. Birisi mikrodiyaliz, diğeri ise voltametridir. Biz bu çalışmada glutamat geri alınım sürelerini tespit etmek amacıyla voltametri yöntemini kullandık.

AH sürecinin başlangıcında, kortikal ve hipokampal sinaps yoğunluğu önemli ölçüde azalır. Bu sinaps kaybı, hafıza zayıflıklarıyla güçlü bir korelasyona sahiptir. Yapılan birkaç çalışma, AH beyinlerinde glutamat taşınım fonksiyonunun önemli ölçüde azaldığını göstermiştir. Bu düşüş, sinaps kaybı ve nöronal ölüm ile korelasyon gösterir.[7, 8] Azalmış glutamat taşıma fonksiyonunun, AH beyinlerinde azalmış EAAT2 protein ekspresyonu ile ilişkili olduğu bulunmuştur.[8] AH'da EAAT2 kaybının altında yatan mekanizma belirsizdir. Bu kaybın EAAT2 mRNA'sı azalmadığı için transkripsiyon sonrası seviyedeki bozulmalardan kaynaklandığı görülmektedir.[8] EAAT2'nin AH beyinlerinde lipid peroksidasyon ürünü olan 4-hidroksi-2-nonenal ile oksidatif olarak modifiye edildiği gösterilmiştir. EAAT2 proteinlerinin oksidatif hasarı bozulmasına ve işlev kaybına neden olabilir. Buna ek olarak, AH'da ortaya çıktığı bilinen bir kolestrol metabolizması rahatsızlığının, membran kolesterol seviyelerinin azalmasına neden olabileceğini gösterdi. Bu azalma, EAAT2'nin plazma

membranındaki lipid yığın mikrodomanlarından ayrılmasına ve sonuç olarak EAAT2 ve glutamat taşıma fonksiyonunun kaybolmasına neden olur.

Bu sonuçlar, EAAT2'nin kaybının bir AH'da patogeneze katkıda bulunduğunu ve artan EAAT2 ekspresyonu ile arttırılmış glutamat alımının AH için potansiyel bir terapötik strateji olabileceğini düşündürmektedir.

Tüm sonuçlar ışığında yaptığımız bu deneyle glutamat ve Alzheimer arasında bir ilişki olduğunu saniye bazlı ölçümler yaparak ilk kez göstermiş olduk. Ayrıca glutamat taşıyıcılarını hızlandırdığı gösterilmiş olan seftriaksonun hayvanlarda oluşturulmuş Alzheimer hastalığı modelinde faydalı olduğunu gösterdik.

Destek: Bu çalışma 113S083 proje numarası ile Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

1. Burns A, Iliffe S. Alzheimer's disease. BMJ, 2009, 338: 158.
2. Ballard C, Gauthier S, Corbett A, Brayne C, Aarsland D, Jones E. Alzheimer's disease. Lancet, 2011, 377: 1019-1031.
3. Querfurth HW, LaFerla FM. Alzheimer's disease. N Engl J Med, 2010, 362: 329-344.
4. Bliss TV, Collingridge GL. A synaptic model of memory: long-term potentiation in the hippocampus. Nature, 1993, 361: 31-39.
5. Danysz W, Archer T. Glutamate, learning and dementia-selection of evidence. Amino Acids, 1994, 7: 147-163.
6. Choi DW. Excitoxicity. In: BS Meldrum (eds). Excitatory amino acid antagonists., 1st ed. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1994: 216-236.
7. Masliah E, Alford M, DeTeresa R, Mallory M, Hansen L. Deficient glutamate transport is associated with neurodegeneration in Alzheimer's disease. Ann Neurol, 1996, 40: 759-766.
8. Li S, Mallory M, Alford M, Tanaka S, Masliah E. Glutamate transporter alterations in Alzheimer disease are possibly associated with abnormal APP expression. J Neuropathol Exp Neurol, 1997, 56: 901-911.
9. Gao C, Liu Y, Jiang Y, Ding J, Li L. Geniposide ameliorates learning memory deficits, reduces tau phosphorylation and decreases apoptosis via GSK3beta pathway in streptozotocin-induced alzheimer rat model. Brain Pathol, 2014, 24: 261-269.
10. Chen Y, Liang Z, Blanchard J, Dai CL, Sun S, Lee MH, Grundke-Iqbal I, Iqbal K, Liu F, Gong CX. A non-transgenic mouse model (icv-STZ mouse) of Alzheimer's disease: similarities to and differences from the transgenic model (3xTg-AD mouse). Mol Neurobiol, 2013, 47: 711-725.
11. Kraska A, Santin MD, Dorieux O, Joseph-Mathurin N, Bourrin E, Petit F, Jan C, Chaigneau M, Hantraye P, Lestage P, Dhenain M. In vivo cross-sectional characterization of cerebral alterations induced by intracerebroventricular administration of streptozotocin. PLoS One, 2012, 7: e46196.

12. Salkovic-Petrisic M, Osmanovic-Barilar J, Bruckner MK, Hoyer S, Arendt T, Riederer P. Cerebral amyloid angiopathy in streptozotocin rat model of sporadic Alzheimer's disease: a long-term follow up study. J Neural Transm (Vienna), 2011, 118: 765-772.
13. Krstic D, Knuesel I. Deciphering the mechanism underlying late-onset Alzheimer disease. Nat Rev Neurol, 2013, 9: 25-34.

RATLARDA DENEYSEL OLARAK AÇIK FEMUR KIRIĞI ZEMİNİNDE OLUŞTURULAN OSTEOMİYELİT MODELİNDE FARKLI ORANLARDAKİ HİDROKSİAPATİT VE/VEYA BOR NİTRÜR'ÜN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

THE EFFECTS OF BORON NITRIDE AND/OR HYDROXYAPATITE COMPOUNDS ON EXPERIMENTALLY INDUCED OSTEOMYELITIS FOLLOWING OPEN FEMORAL FRACTURE IN RATS

Dr. Öğr. Üyesi Irmak FERAH OKKAY

Atatürk Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakoloji Anabilim Dalı

Prof. Dr. Zekai HALICI

Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı

Doç. Dr. Ali AYDIN

Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

Prof. Dr. Abdulmecit ALBAYRAK

Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı

Prof. Dr. Nuran AY

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı

Dr. Öğr. Üyesi Feray BAKAN

Sabancı Üniversitesi, Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi

Doç. Dr. Adem KARAMAN

Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı

Prof. Dr. Muhammet Hamidullah UYANIK

Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı

Dr. Öğr. Üyesi Ufuk OKKAY

Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Ratlarda deneysel olarak osteomiyelit oluşturulmasını takiben BN ile kaplanmış K teli implantıyla, BN'nin farklı dozlarının etkilerinin tek başına ya da antibiyotikle birlikte histopatolojik olarak araştırılması amaçlanmıştır.

Çalışmamızda 11 deney grubunun her birinde 10 adet rat kullanıldı. Ratların femurlarında açık kırık oluşturuldu. Kemiğin medüller kanalı içine 10^7 CFU/ml S.aureus içeren 10 µl hacminde bakteri enjeksiyonu yapıldı ve her grup için farklı dozlarda borla kaplı K telleri yerleştirildi. Antibiyotik alan gruplara günde iki kez 40 mg/kg dozunda sefazolin verildi. Deney grupları; 1.Sağlıklı, 2.Kırık+OM, 3. Kırık+OM+ANT, 4.Kırık+OM+0BN, 5.Kırık+OM+0BN+ANT, 6.Kırık+OM+2BN, 7.Kırık+OM+2BN+ANT, 8.Kırık+OM+ 10BN, 9.Kırık+OM+10BN+ANT, 10.Kırık+OM+25BN, 11.Kırık+OM+25BN+ANT olmak üzere belirlendi.

Bulgularımız incelendiğinde histopatolojik olarak mononükleer hücre infiltrasyonunun Kırık+OM grubunda sağlıklı gruba kıyasla anlamlı bir artış gösterdiği ve Kırık+OM+10BN, Kırık+OM+25BN ve bu grupların sistemik antibiyotik tedavi eklenen gruplarında bu artışın anlamlı olarak azaldığı gözlenmiştir.

Deneysel olarak açık kırık zemininde osteomiyelit oluşturduğumuz ratlara BN ile kaplanmış K teli implante ederek BN'nin tek başına ya da antibiyotik tedavisi eklenerek osteomiyelit tedavisindeki etkinliğinin histopatolojik olarak incelenmesi sonucu BN kaplı implantların osteomiyelit tedavisinde iyi bir seçenek olabileceği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bor nitrür, osteomiyelit, rat, stafilokokus aureus.

ABSTRACT

To investigate the role of BN with or without antibiotic supplementation on experimentally induced osteomyelitis after open fracture in rats by implanting K wires coated with different ratios of BN.

110 female rats were divided into eleven treatment groups, each containing 10 rats. After designing groups, open fracture was created in the rat femur and 10µl S.aureus (10^7 CFU/ml) was injected into the medullary cavity then BN coated K-wires were implanted. Antibiotic groups were given 40 mg/kg cefazolin two times in a day during the experiment.

Experimental groups were; 1.Healthy, 2.Fracture+OM, 3.Fracture+OM+ANT, 4.Fracture+OM+0BN, 5.Fracture+OM+0BN+ANT, 6.Fracture+OM+2BN, 7.Fracture+ OM+2BN+ANT, 8.Fracture+OM+10BN, 9.Fracture+OM+10BN+ANT, 10.Fracture+ OM+25BN, 11.Fracture+OM+25BN+ANT.

According to our histopathological results, mononuclear cell infiltration results were all in line with each other and showing a significant increase in Fracture+OM group whereas Fracture+OM+10BN, Fracture+OM+10BN+ANT, Fracture+OM+25BN and Fracture +OM+25BN+ANT groups showed significant decrease when compared to Fracture+OM group.

This study shows that with or without systemic antibotic BN application would be a good alternative in prevention and treatment of open fracture related osteomyelitis.

Keywords: Boron nitride, osteomyelitis, rat, staphylococcus aureus

1. GİRİŞ

Günümüzde enfeksiyonlara karşı yeni tedavi modaliteleri geliştirilmiş olmasına rağmen eklem yenileme cerrahisi ve kırıkların fiksasyonunu takiben gelişebilen kronik osteomiyelitlerin tedavisi, çözüm bekleyen çok önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ortopedik bir implantın operasyon sonrası enfeksiyonu ve implant yüzeyinde oluşan biyofilm tabakası çok yıkıcı sonuçlar ortaya çıkarabilir.[1] Tüm profilaktik yöntemlere karşın protez operasyonlarından sonra %1-2 oranında enfeksiyon saptanmaktadır.[2] Yapılan çeşitli çalışmalarda gram pozitif salgı oluşturan bakterilerin özellikle Stafilokokus Aureus'un (S. aureus) bu tarz enfeksiyonların %71-84'ünde etken patojen olduğunu ortaya koymaktadır.[3]

Osteomiyelitin yaygın tedavisi; etkilenmiş kemik ve yumuşak dokunun eksizyonu, kemiğin stabilize edilmesi, uygun antibiyotik kullanımı ve neden olan problemin ortadan kaldırılmasıdır.[4] Bugüne kadar kesin ve kabul gören bir protokol yoktur ve osteomiyelit tedavisinde hala %100 başarı sağlanabilmiş değildir. Tüm bu faktörler yeni tedavi arayışlarına sebep olmaktadır.[5]

Cerrahi tedavilerde alışılmış çelik implantların yanı sıra metalürjideki gelişmeler paralelinde farklı tasarımların ve alaşımların da giderek artan kullanım alanları bulduğu gözlenmektedir.[6]

Bor nitrür (BN) kendine has fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip oluşu nedeni ile biyomalzeme uygulamalarında tercih edilen bir malzemedir. Borik asit bileşiklerinin antibakteriyel ve antienflamatuvar etkisi daha önce bildirilmiştir.[7] Çeşitli bor türleri gram pozitif ve gram negatif antibakteriyel etki göstermektedir.[8-15]

Tüm bu bilgiler ışığında biz bu çalışmada deneysel olarak açık kırık zemininde osteomiyelit oluşturduğumuz ratlara BN ile kaplanmış K teli implante ederek BN'nin tek başına ya da antibiyotik tedavisi eklenerek osteomiyelit tedavisindeki etkinliğini histopatolojik olarak incelemeyi amaçladık.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı Moleküler Farmakoloji Araştırma Laboratuvarı, Tıbbi Patoloji Anabilim Dalı İmmünohistokimya Laboratuvarında, Radyoloji Anabilim Dalı ve Sabancı Üniversitesi (SUNUM)'da ve de Anadolu Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji Mühendisliği Anabilim Dalında gerçekleştirildi.

2.2.Deney Hayvanları

Bu çalışmamızda Atatürk Üniversitesi Deneysel Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATADEM) bünyesindeki deneysel hayvan laboratuvarından temin edilen toplam 110 adet ve ağırlıkları 300-350 gram arasında değişen Sprague Dawley cinsi dişi rat kullanıldı. Deney süresince, ratlara yeteri kadar (ad libitum) su ve pellet yem verildi. Hayvanlar deney öncesi gruplar halinde laboratuvarda normal oda sıcaklığında (22°C) barındırıldı ve beslendi. Çalışmamızın bütün aşamalarının etik kurallara uygun olduğu "Atatürk Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (AÜHADYEK)" tarafından verilen 25 Temmuz 2014 tarihli ve 36643897-126 sayılı yazı ile onaylanmıştır.

2.3. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Tiyopental Sodyum (Pental Sodyum IV flakon) İ.E. Ulagay İlaç Sanayi Türk A.Ş. İstanbul, Türkiye: Çalışmada intraperitoneal (i.p.) olarak anestesi için 25 mg/kg ve ötenazi için 50 mg/kg dozunda verildi.

Metamizol Sodyum (Novalgin 1 g/2 ml IM/IV ampul) Sanofi Aventis İlaçları Ltd. Şti. İstanbul, Türkiye: Cerrahi girişim sonrası ağrı kesici olarak 25 mg/kg dozunda intramüsküler olarak verildi.

Sefazolin Sodyum (İESPOR 1 g IM Flakon) İ.E. Ulagay İlaç Sanayi Türk A.Ş. İstanbul, Türkiye: Operasyon sonrası 40 gün boyunca günde 2 kez 40 mg/kg dozunda intramüsküler olarak verildi.

%10 Povidon İyodin Antiseptik Solüsyon: Cerrahi insizyon alanlarının dezenfeksiyonu ve operasyon sonrası pansuman için kullanıldı.

Hidroksiapatit (HA) Nanotech İleri Teknoloji San. ve Tic. Ltd. Eskişehir, Türkiye: Yüksek biyouyumluluğu sayesinde HA yapay kemik uygulamalarında vücudun farklı bölgelerinde meydana gelen hasarların giderilmesi, tamamen işlevini yitiren kemiğin yerine kullanılan protez uygulamaları ve mekanik yük altında dayanım gerektiren durumlarda kullanılan metalik implantların kaplanması için kullanılmaktadır.

Bor Nitrür (BN) Bor Teknolojileri ve Mekatronik AŞ. Eskişehir, Türkiye: Bor nitrür uygulamalarının temel görevlerinden biri de mekanik özellikleri iyileştirmesi olup HA ve BN kompozit bileşiği kemik iyileşmesi alanında kullanılmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan nano hidroksiapatit toz (nano HA) Nanotech İleri Teknoloji San. Tic. Ltd. Şti., Türkiye ve nano hekzagonal bor nitrür (nano BN) BORTEK Bor Teknolojiler ve Mekatronik A.Ş, Türkiye'den temin edilmiştir. Süspansiyonlar %1 nano HA içerisine farklı oranlarda nano BN tozlarının ethanol içerisinde dağıtılmasıyla hazırlanmıştır. Süspansiyon içerisinde nano BN %0, %2, %10 ve %25 olacak şekilde kullanılmıştır. Elektroforetik biriktirme (EPD) yöntemi ile kaplama işlemi öncesinde süspansiyona N,N –dimethylformamide ilave edilmiştir. Süspansiyonların pH'ı HNO_3 ile 4'e ayarlanmıştır. DC güç kaynağı kullanılarak 100V'da 4 saniye süre ile çelik çubuklar üzerine kaplama işlemi yapılmıştır. Kaplama işlemi sonrasında numuneler kurutulmuş ve 800 ^{o}C'de Ar atmosferinde 2 saat ısıl işlem yapılmıştır.

2.4. Deney Planı

Çalışmamız, 10 deney grubu ve 1 kontrol grubu olmak üzere 11 gruptan oluşturuldu. Her bir grupta 10 adet rat olmak üzere toplamda 110 adet dişi rat kullanıldı.

Deney grupları aşağıdaki gibi planlandı.
Grup I: Sağlıklı
Grup II: Kırık + Osteomiyelit
Grup III: Kırık + Osteomiyelit + Sistemik Antibiyotik
Grup IV: Kırık + Osteomiyelit + %0 BN (%100 HA)
Grup V: Kırık + Osteomiyelit + %0 BN + Sistemik Antibiyotik
Grup VI: Kırık + Osteomiyelit + %2 BN (%98 HA)
Grup VII: Kırık + Osteomiyelit + %2 BN + Sistemik Antibiyotik
Grup VIII: Kırık + Osteomiyelit + %10 BN (%90 HA)
Grup IX: Kırık + Osteomiyelit + %10 BN + Sistemik Antibiyotik
Grup X: Kırık + Osteomiyelit + %25 BN (%75 HA)
Grup XI: Kırık + Osteomiyelit + %25 BN + Sistemik Antibiyotik

Deney grupları yukarıdaki biçimde oluşturulduktan sonra deney hayvanları anestezi altındayken sağ femur bölgesi tıraşlanarak povidon iyot sürüldü. Daha sonra femur hattı üstünde 2 cm uzunluğunda longitudinal cilt insizyonu yapıldı. Femur etrafındaki kaslar disseke edildi. Femur şaftı ortaya çıkarıldı. Femur yüksek hızlı ortopedik kemik kesme testeresi ile kesildi. Kemiğin medüller

kanalının içine 1 ml sinde 10^7 CFU S.aureus (ATCC-MSSA 29213) bulunan önceden hazırladığımız 10 µl bakteri enjeksiyonu yapıldı. Daha sonra kemik içine medüller kanala her grup için belirtilen dozlarda borla kaplı K telleri yerleştirilerek femur tekrar bir bütün haline getirildi. Kanama kontrolü ve defekt hattında stabilitenin kontrolü yapıldıktan sonra 4/0 Wicril ile kas fasyası, 4/0 keskin ipek sütür ile de cilt kapaması yapıldı. Ratlar operasyon sonrası uygun ortamda barındırıldı. İlk 2 gün 25 mg/kg dozunda metamizol sodyum günde 2 kez verilerek analjezi sağlandı. Bir hafta boyunca her gün cerrahi bölge povidon iyot çözeltisi ile pansuman edildi.

Sistemik antibiyotik gruplarına günde iki kez 40 mg/kg dozunda sefazolin sodyum intramüsküler olarak verildi. Daha sonra 40. günün sonunda tüm hayvanlar intraperitoneal 50 mg/kg tiyopental sodyum ile ötenazi uygulanarak sakrifiye edildi. Her bir grupta bulunan 10 rattan çıkarılan femurların 5 tanesi histopatolojik çalışmalar için %10'luk nötral formaldehit çözeltisine konuldu.

2.5. Histopatolojik Analizler

Rutin Histolojik Analiz

Fiksatif içinde bulunan sert doku örnekleri %10'luk nitrik asit içerisine atıldı. Her gün solüsyon değiştirilerek, iğne yardımıyla doku yumuşaması takip edildi. 2-10 günlük süre boyunca dokularda dekalsifikasyon işlemi gerçekleştirildi. Daha sonra bir gece boyunca yıkamaya alınan dokulara devamında artan alkol serilerinde dehidratasyon, ksilende şeffaflaştırma ve parafinde infiltrasyon işlemleri yapılarak bloklar haline getirildi.

Leica TP 1050 Cihazı Takip Basamakları

%10' luk tamponlanmış formalin (1 saat 15 dakika), %70' lik alkol (1 saat), %80'lik alkol (1 saat), %90'lık alkol (1 saat), saf alkol (1 saat), saf alkol (1 saat), saf alkol (1 saat 15 dakika), ksilol (1 saat), ksilol (1 saat), ksilol (1 saat 15 dakika), parafin (1 saat), parafin (1 saat), parafin (1 saat 15 dakika) şeklindedir.

Cihaz, formalin, alkol, ksilen basamaklarında 40 ^{0}C'de, parafin basamağında 65 ^{0}C'de çalışmaktadır. Takip sonrası elde edilen dokular, Leica EG1160 bloklama cihazında 67 ^{0}C sıcaklıkta eriyik parafin ile bloklandı. Bloklanan dokular -4 ^{0}C'de soğutuldu. Leica RM 2145 mikrotom cihazı ile her bir bloktan 5'er mikron kalınlığında 2'şer kesit su banyosuna alındı. Bu 2 kesitin bir tanesi HE için normal lama alındı. Rutin histopatolojik inceleme için lam üzerine alınan kesitler, 30 dakika, 70 ^{0}C sıcaklıkta, EN 055 standardındaki etüvde deparafinize edildikten sonra; 10 dakika ksilolde bekletildi.

Leica Autostainer XL otomatik boyama ve kapama cihazında H&E boyaması otomatik prosedür ile yapıldı. Prosedür; ksilol (2 basamak) - absolü etil alkol (3 basamak) basamakları ardından yıkama safhasını takip ederek hematoksilen ile 5 dakika yıkama ve ardından asit alkole daldırıp çıkarma, tekrar yıkama, amonyak yıkama basamakları ardından eozin ve yıkama solüsyonuna daldırılıp çıkarma işlemi ve absolü etil alkol (3 basamak), ksilol (2 basamak) şeklindedir.

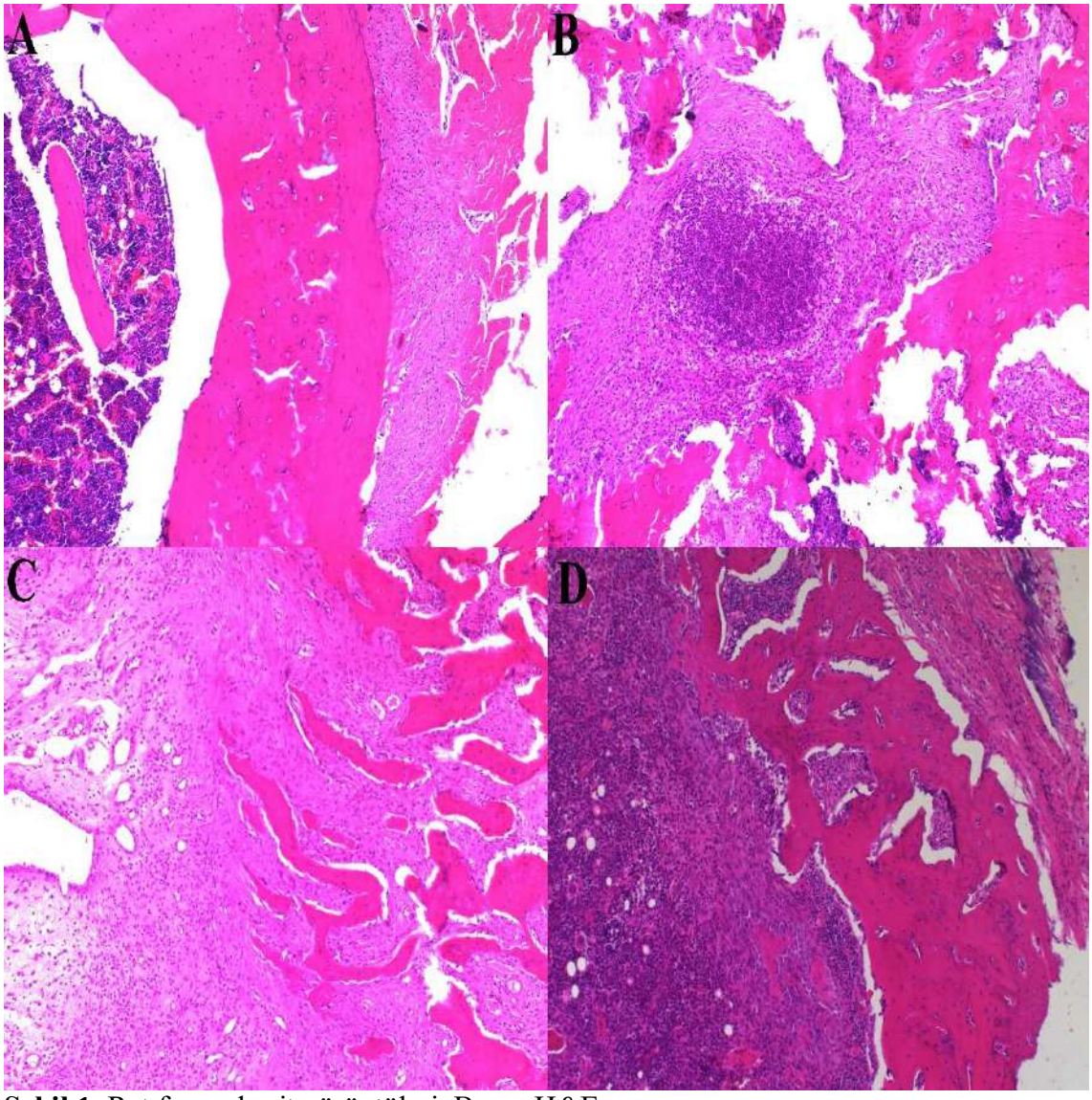
Otomatik boyama ve kapama cihazında son basamak entellan damlatılarak kapatılması olup preparatların incelemeye hazır hale getirildi.

2.6. İstatistiksel Analiz

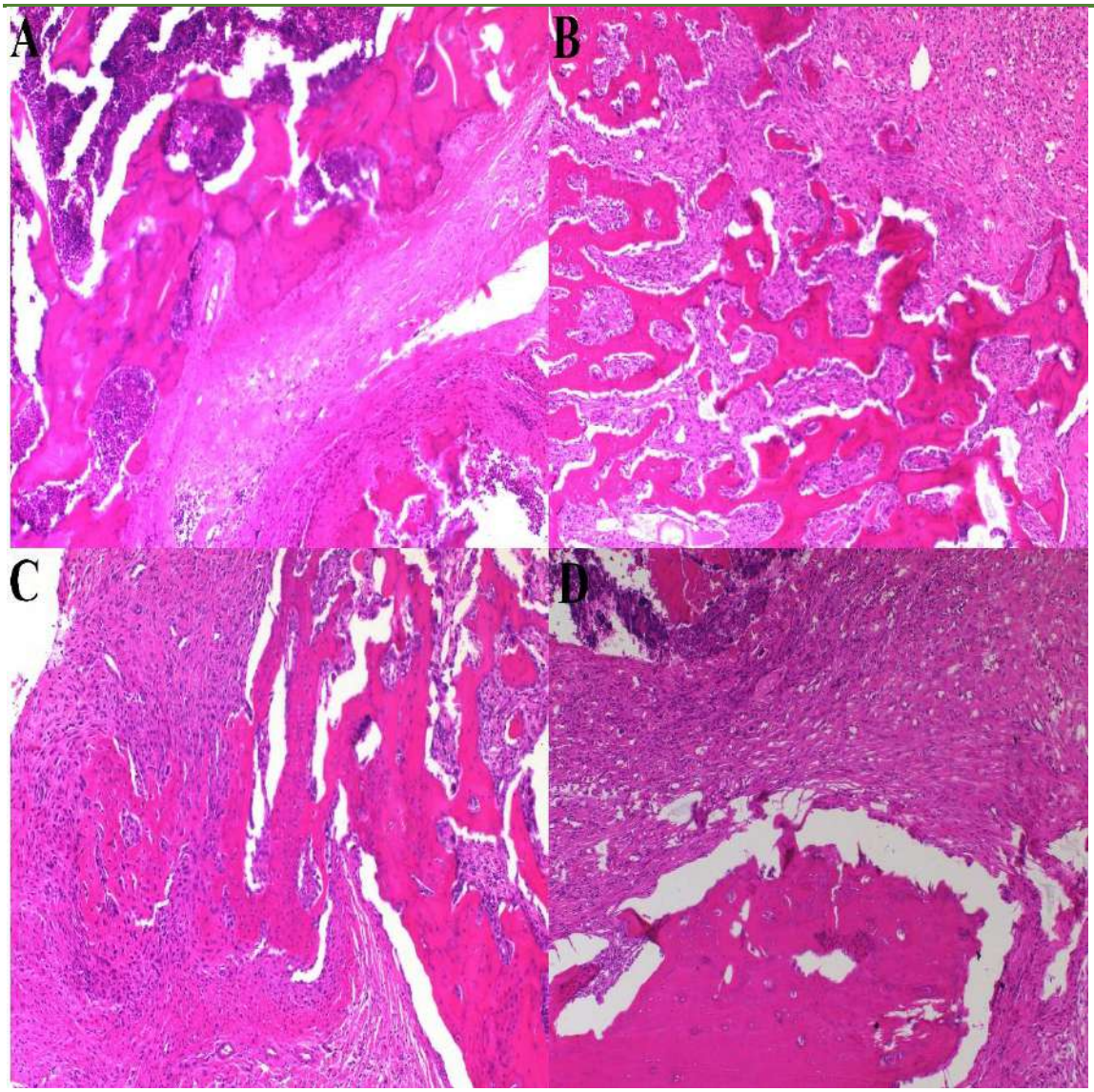
Deneylerden elde edilen sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verildi ve 0.05'in altındaki P değerleri, istatistiksel açıdan anlamlı olarak kabul edildi. Elde edilen veriler *"SPSS Statistics 20"* programı kullanılarak analiz edildi. Gruplar arası farkın önemlilik derecesi tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi ile ve post-hoc testlerinden "Duncan" tekniği kullanılarak belirlendi. Her bir farklı harf diğer gruptan istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermektedir.

3. BULGULAR

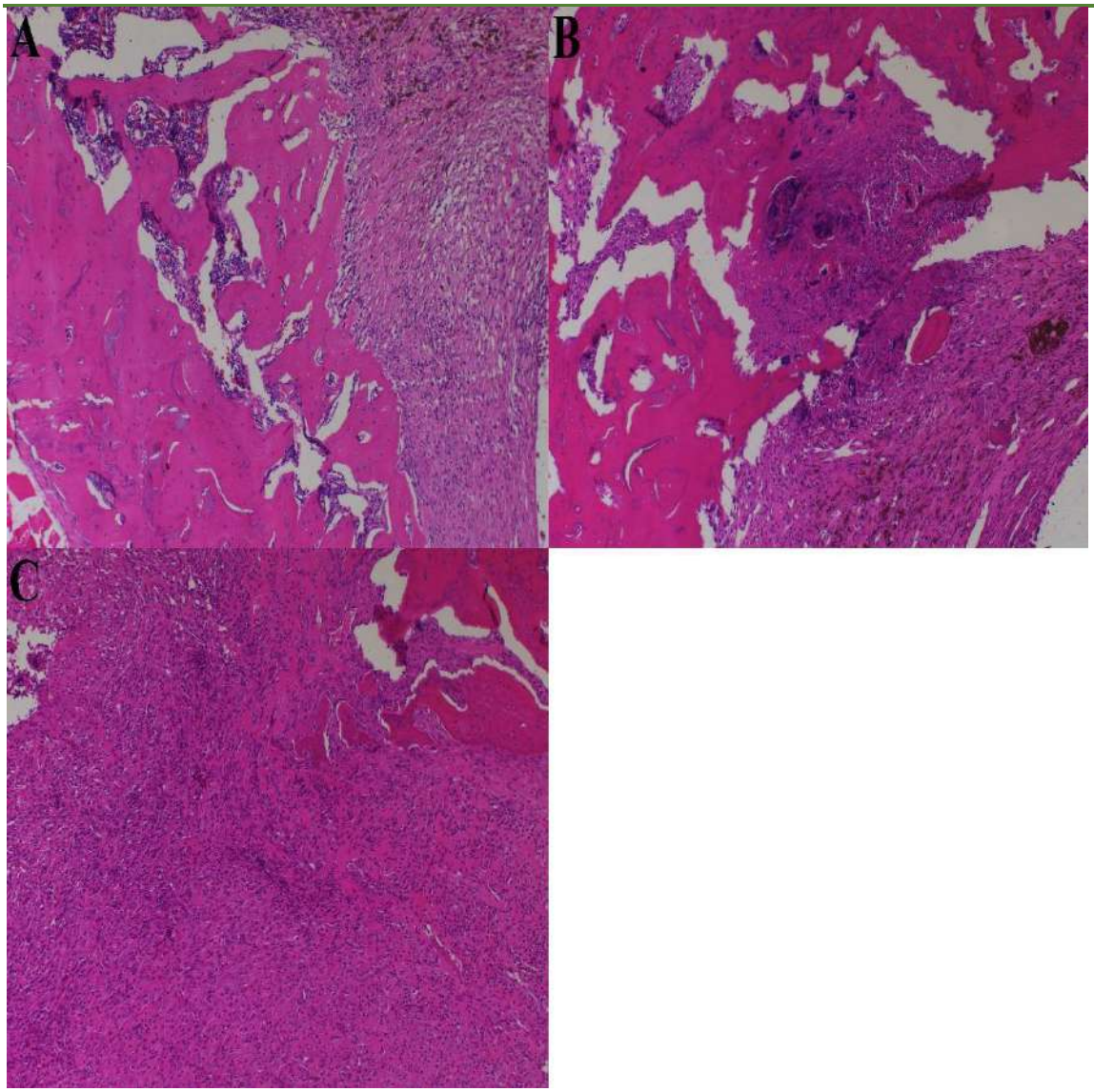
Hematoksilen ve Eosin (H&E), boyama yapılan gruplar arasında inflamasyon (mononükleer hücre infiltrasyonu) değerlendirilmiştir.



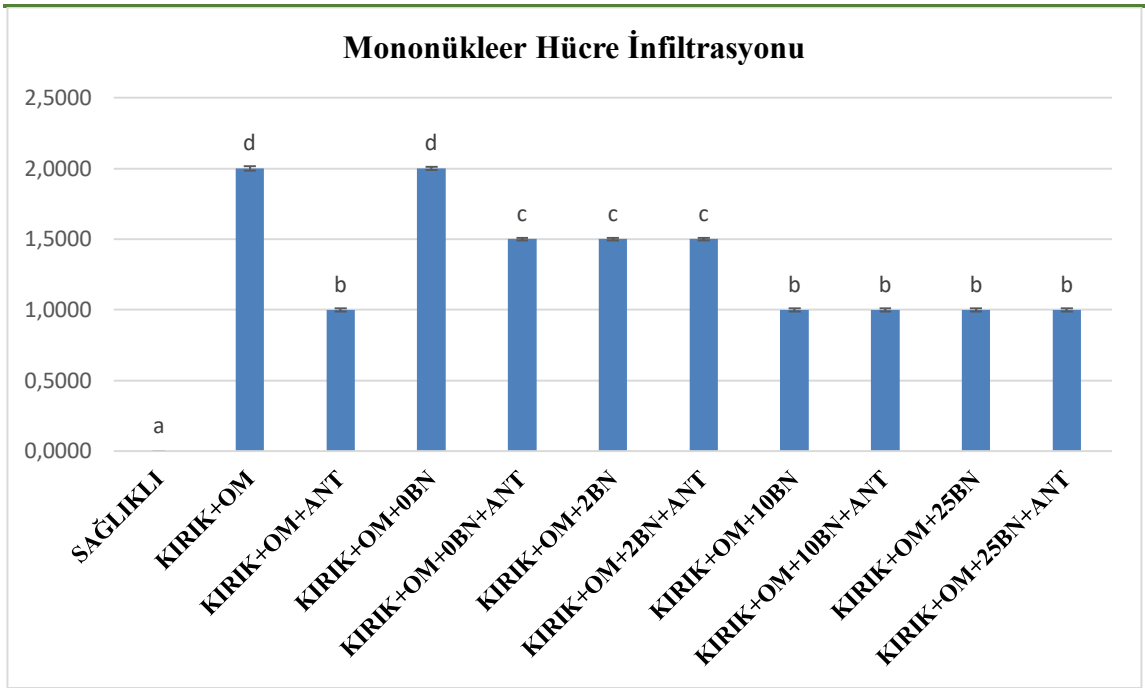
Şekil 1. Rat femur kesit görüntüleri. Boya: H&E
A: Sağlıklı B: Kırık+OM C: Kırık+OM+ANT D: Kırık+OM+0BN



Şekil 2 Rat femur kesit görüntüleri. Boya: H&E
A: Kırık+OM+0BN+ANT B: Kırık+OM+2BN C: Kırık+OM+2BN+ANT
D: Kırık+OM+10BN



Şekil 3. Rat femur kesit görüntüleri. Boya: H&E
A: Kırık+OM+10BN+ANT B: Kırık+OM+25BN C: Kırık+OM+25BN+ANT



Şekil 4. Tüm grupların mononükleer hücre infiltrasyon skorlama bulguları

Mononükleer hücre infiltrasyonuna baktığımız zaman en fazla artış Kırık+OM ve Kırık+OM+0BN gruplarında gözlenmiş olmakla diğer gruplarla kıyaslandığında bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Kırık+OM+0BN+ANT, Kırık+OM+2BN ve Kırık+OM+2BN+ANT gruplarına baktığımızda bu artışın anlamlı bir şekilde azaldığı gözlenmiştir. Kırık+OM+10BN ve Kırık+OM+25BN gruplarında ve bu grupların sistemik antibiyotik tedavisi eklenmiş gruplarında Kırık+OM grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş gözlenmiştir. (Şekil 4.) ($p<0.05$)

4. TARTIŞMA

Osteomiyelit çözümü zor, masraflı, morbiditesi yüksek, işgücü kaybı yaratan ve hastada psikososyal problemleri de beraberinde getiren bir sorundur. Yüksek morbidite oranıyla hastanın hayat kalitesini önemli oranda etkileyen osteomiyelit, gerek cerrahi, gerek medikal tedavinin kombinasyonuyla dahi tedavisi zor olan ve halen enfeksiyon hastalıkları ve ortopedistleri uğraştıran, klinik seyri nedeniyle hayatın bir veya birden fazla döneminde tekrarlayabilen bir hastalık olarak karşılaşılmaya devam etmektedir.[5] Osteomiyelit tedavisi, 1940'larda penisilinin klinik kullanım amacıyla üretilmesinden bu yana önemli gelişme göstermiştir.[5] Enfeksiyon tedavisindeki bu devrimden sonra osteomiyelit, yüksek mortalitesi olan bir hastalık olmaktan çıkıp, daha çok yüksek morbiditeli bir hastalık grubuna girmiştir.[16] Ortopedik bir implantın operasyon sonrası enfeksiyonu çok yıkıcı sonuçlar ortaya çıkarır. İmplant yüzeyinde oluşan biyofilm tabakası bakterinin, antibiyotiklere ve hastanın immün sistemine karşı direncini kuvvetlendirir.[1] Medikal teknolojideki ilerlemeler sayesinde, son derece düşük profilli ancak biyomekanik olarak stabil ve güvenilir, implantlar kullanılarak hastalar çok erken ve güvenle mobilize edilebilmektedir.[1] Bu sık kullanımla beraber, görülme sıklığı son yıllarda ciddi olarak azalsa da erken ya da geç cerrahi komplikasyonlarla da karşılaşılmaktadır.[1] Osteomiyelit komplikasyonları arasında septisemi, septik artrit, kısalık, açısal deformiteler, patolojik fraktür, eklem kontraktürü, kronik osteomiyelit ve bunun komplikasyonu olarak amiloidoz, yassı epitel hücreli kanser, kırık ve psödoartroz sayılabilmektedir.[6] Bu komplikasyonlar arasında, gelişen enfeksiyonlar hem ciddi morbiditeye neden olmakta hem de tedavi maliyetlerini arttırarak sağlık

ekonomisi açısından önemli bir yük oluşturmaktadır. Elektif cerrahiler sonrası gelişen enfeksiyon oranları düşük iken özellikle implant kullanılan operasyonlar sonrası bu oran yükselmektedir. Osteomiyelite neden olan süreç medüller aralığın, Havers sistemlerinin akut enflamasyonuyla tetiklenir ve etkilenen alanın periosteumunu da kapsayacak şekilde genişler ve vasküler kollaps, stasis, venöz tromboz ve iskemi ile sonuçlanır.[17] Kemik, üzerindeki ısrarcı irin, görünen fistüller ya da deri ve mukozal apselerle mikroorganizma birikimini kolaylaştırıcı bir yapı halini alır. Genel itibariyle ortopedik cerrahinin diğer cerrahi branşlardan, cerrahi işlem sırasında kemiğin vasküler desteğinde rol alan periostun sıyrılması, medüller kanalın oyulması gibi sebeplerle beslenmesinin bozulabilmesi, mikroorganizmaların kemik dokuya tutunmalarına yardımcı olan bir ortamın oluşması ve bir implantın kullanılması sonucu bir biyofilm tabakası oluşması gibi farklı yönleri vardır.[6,18] Önceleri ölüm nedenleri arasında üst sıralarda yer alan osteomiyelit, günümüzde gelişen bakım şartları, sterilite uygulamaları, cerrahi tedavi modaliteleri ve antibiyoterapilerle tedavi edilmeye çalışılmakta olup osteomiyelite bağlı ölümler artık nadiren gözlenmektedir.[6] Ayrıca günümüzde antibiyotiklerle birçok bakteriye karşı elde edilen yüksek başarı oranları kemik ve eklem enfeksiyonlarında geçerli değildir.

İnsan sağlığı, doğrudan sağlık hizmetiyle ve üzerindeki etkisiyle ilişkili olduğundan dolayı biyomalzeme alanındaki gelişmeler hızlı bir şekilde artmakta ve önem arz etmektedir. 21. yüzyılda başta bilişim teknolojileri ve ilaç sanayi olmak üzere yeni malzeme teknolojileri, biyoteknoloji ve nanoteknoloji gibi çağın ileri teknolojileri konusunda önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Dünya üzerinde nano malzemelerle ilgili gelişmelere bakıldığında insan sağlığıyla ilgili olanlar çok daha büyük önem taşımaktadır. BN de kendine has fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip oluşu nedeni ile biyomalzeme uygulamalarında tercih edilen bir malzemedir. Bor bileşikleri günümüzde yaygın olarak yeni kullanım alanları bulmaktadır. Bu bileşikler yüzyıla damgasını vuracak değerdedir ve en büyük hammadde kaynağına sahip olan Türkiye için çok büyük önem arz etmektedir. Türkiye dünya bor rezervinde birinci sırada olmasına rağmen bor kimyasalları ve uç ürünlerinin üretimi ve pazarında ön sıralarda yer almamaktadır. Türkiye'nin refahı ve bu konuda dünya pazarlarında söz sahibi olabilmek için bu kaynakların rasyonel olarak değerlendirilmesi geleceğimiz için çok önemlidir. Türkiye'nin zenginliği olan borun uç ürünlerinden olan BN'nin sanayide yaygın şekilde kullanılmasını sağlamak üzere BN kaplamalar ön plana çıkmaktadır. Borik asit bileşiklerinin antibakteriyel ve antienflamatuvar etkisi daha önce bildirilmiştir.[7,19] Bor içeren birçok bileşik hem in vivo hem de in vitro çalışmalarda güçlü antibakteriyel aktivite göstermişlerdir.[7,20] Yapılan çalışmalarda bazı bor türlerinin gram pozitif ve gram negatif antibakteriyel etki gösterdiği belirtilmiştir.[8-15] Ayrıca yapılan bir çalışmada heterosiklik borik asidin kinolon veya makrolidlere hassas veya dirençli bazı Stafilokus suşlarına (strain) karşı antibakteriyal mekanizması gösterilmiştir ve bu bor bileşikleri siprofloksasinin Stafilokkus 119B'ye karşı antibakteriyel aktivitesini yeniden kazandırabilecek yeni nesil NorA effluks inhibitör olabilecekleri bulunmuştur.[21] Yine başka bir çalışmada borun S. aureus da dahil olmak üzere birçok bakteri üzerindeki minimum inhibitör konsantrasyonu ve minimum bakterisid konsantrasyonu tespit edilmiştir.[22] Yine başka bir çalışmada borun S. aureus da dahil olmak üzere birçok bakteri üzerindeki minimum inhibitör konsantrasyonu ve minimum bakterisid konsantrasyonu tespit edilmiştir.[22]

Biz de bu çalışmada deneysel olarak osteomiyelit oluşturduğumuz ratlara BN ile kaplanmış K teli implante ederek osteomiyelit tedavisindeki etkinliğini araştırmayı planladık.

Bu çalışma ile BN'nin kemik enfeksiyonlarında etkinliği gösterilebilirse, bu yöntem klinik olarak kemik enfeksiyonlarında, cerrahi ve antibiyoterapiye yardımcı bir tedavi olarak kullanılabilecek bir yöntem olacaktır. Böylece osteomiyelit tedavisine ciddi katkı sağlayacağı ve ortopedinin önemli bir probleminin çözümüne ışık tutacağı düşüncesindeyiz. Lokal bor kaplanmış implant kullanımının mevcut yöntemlere kıyasla tedavi süresini kısaltması, ikinci bir cerrahiye gerek duyulması aşamasını ortadan kaldırması, tedavi maliyetini düşürmesi, morbiditeyi azaltması osteomiyelit tedavisindeki çok önemli avantajları olacaktır.

Osteomiyelitte histopatolojik olarak hastalığın erken dönemlerinde nötrofil hakimiyetinin olduğu polimorf nüveli lökositlerin infiltrasyonu gözlenirken daha sonraki geç dönemlerde mononükleer hücre infiltrasyonu hakimdir.[23] Bizim çalışmamızda açık kırık oluşturulmuş ve osteomiyelit geliştirilmiş gruplardaki ratlar 40 günün sonunda sakrifiye edilip patoloji örnekleri alınmış ve patolojik olarak mononükleer hücre infiltrasyonu skorlaması yapılmıştır. Osteomiyelit oluşturup herhangi bir tedavi uygulamadığımız kontrol grubumuzda ve Kırık+OM+0BN grubunda en yüksek düzeyde mononükleer hücre infiltrasyonu gözlenirken gerek sistemik antibiyotik gerek değişik oranlarda BN içeren K telleri ile tedavi edilen gruplarda mononükleer hücre infiltrasyonunun azalarak sağlıklı gruba yaklaştığı gözlendi. Mononükleer hücre infiltrasyonu kronik dönemde tanıya yardımcı olabileceği gibi aynı zamanda tedavi etkinliğini de göstermek için kullanılabilecek parametrelerden biridir ve BN içeren veya sistemik antibiyotik tedavisi alan veya bunların kombinasyonunu alan tüm gruplarda istatistiksel olarak tedavi almayan gruba göre düşme gözlenmiş ve mononükleer hücre infiltrasyonu sağlıklı gruba yaklaşmıştır. Gruplara baktığımızda BN ve antibiyotik tedavisi almış gruplar ile sadece BN kaplaması kullanılmış gruplar arasında mononükleer infiltrasyon açısından herhangi bir fark görülmemiştir. Bu da bize sadece BN uygulamasının bile osteomiyelitte koruyucu olabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızın sonuçları bize BN ve sistemik antibiyotik uygulamasının tek başlarına veya beraber kullanıldıklarında açık kırık zemininde gelişen osteomiyelitin önlenmesi veya tedavisinde iyi bir alternatif olabileceklerini göstermektedir.

Bizim çalışmamızın sonuçlarını özetlersek; öncelikle BN'nin özellikle %10 ve %25 oranında kullanıldığında antibiyotikle kombine edilsin ya da edilmesin açık kırık zemininde oluşturulan osteomiyelit tedavisi veya önlenmesi bakımından önemli etkileri vardır.

Destek: Bu çalışma 112M495 proje numarası ile Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

1. Değirmenci E. Ratlarda Deneysel, İmplant İlişkili, Metisilin Dirençli Stafilokokus Aureus Osteomiyelit Modelinde Tigesiklin ve Teikoplanin Antibiyotiklerinin Etkinliklerinin Karşılaştırılması. Ortopedi Ve Travmatoloji Anabilim Dalı. Doktora Tezi, Düzce: Düzce Üniversitesi, 2008.
2. Leblebicioglu H, Sanic A, Gunaydin M, Sencan I, Dabak N, Nas Y. In-vitro release of vancomycin and netilmicin from bone cement. *Clinical microbiology and infection : the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 1996, 1: 211-212.
3. Veyries ML, Faurisson F, Joly-Guillou ML, Rouveix B. Control of staphylococcal adhesion to polymethylmethacrylate and enhancement of susceptibility to antibiotics by poloxamer 407. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 2000, 44: 1093-1096.
4. Beals RK, Bryant RE. The treatment of chronic open osteomyelitis of the tibia in adults. *Clinical orthopaedics and related research*, 2005: 212-217.
5. Karaçor A. Deneysel Osteomiyelit Modelinde Ses Dalgası (Ultrason) Uygulamasının Osteomiyelit Tedavisi Üzerine Etkileri. Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı. Uzmanlık Tezi, Mersin Mersin Üniversitesi, 2008.
6. Uymur EY. Gümüş Kaplı İmplantların Tavşanlarda Deneysel Osteomiyelit ve Kırık Modelinde Tedavideki Etkinlliği. Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı. Uzmanlık Tezi, Erzurum: Atatürk Üniversitesi, 2013.
7. Bailey PJ, Cousins G, Snow GA, White AJ. Boron-containing antibacterial agents: effects on growth and morphology of bacteria under various culture conditions. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 1980, 17: 549-553.

8. Benkovic SJ, Baker SJ, Alley MR, Woo YH, Zhang YK, Akama T, Mao W, Baboval J, Rajagopalan PT, Wall M, Kahng LS, Tavassoli A, Shapiro L. Identification of borinic esters as inhibitors of bacterial cell growth and bacterial methyltransferases, CcrM and MenH. *Journal of medicinal chemistry*, 2005, 48: 7468-7476.
9. Smoum R, Rubinstein A, Dembitsky VM, Srebnik M. Boron containing compounds as protease inhibitors. *Chemical reviews*, 2012, 112: 4156-4220.
10. Grassberger MA, Turnowsky F, Hildebrandt J. Preparation and antibacterial activities of new 1,2,3-diazaborine derivatives and analogues. *Journal of medicinal chemistry*, 1984, 27: 947-953.
11. Hernandez V, Crepin T, Palencia A, Cusack S, Akama T, Baker SJ, Bu W, Feng L, Freund YR, Liu L, Meewan M, Mohan M, Mao W, Rock FL, Sexton H, Sheoran A, Zhang Y, Zhang YK, Zhou Y, Nieman JA, Anugula MR, Keramane el M, Savariraj K, Reddy DS, Sharma R, Subedi R, Singh R, O'Leary A, Simon NL, De Marsh PL, Mushtaq S, Warner M, Livermore DM, Alley MR, Plattner JJ. Discovery of a novel class of boron-based antibacterials with activity against gram-negative bacteria. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 2013, 57: 1394-1403.
12. Jabbour A, Steinberg D, Dembitsky VM, Moussaieff A, Zaks B, Srebnik M. Synthesis and evaluation of oxazaborolidines for antibacterial activity against Streptococcus mutans. *Journal of medicinal chemistry*, 2004, 47: 2409-2410.
13. Morandi F, Caselli E, Morandi S, Focia PJ, Blazquez J, Shoichet BK, Prati F. Nanomolar inhibitors of AmpC beta-lactamase. *Journal of the American Chemical Society*, 2003, 125: 685-695.
14. Xia Y, Cao K, Zhou Y, Alley MR, Rock F, Mohan M, Meewan M, Baker SJ, Lux S, Ding CZ, Jia G, Kully M, Plattner JJ. Synthesis and SAR of novel benzoxaboroles as a new class of beta-lactamase inhibitors. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 2011, 21: 2533-2536.
15. Livermore DM, Mushtaq S. Activity of biapenem (RPX2003) combined with the boronate beta-lactamase inhibitor RPX7009 against carbapenem-resistant Enterobacteriaceae. *The Journal of antimicrobial chemotherapy*, 2013, 68: 1825-1831.
16. Kharbanda Y, Dhir RS. Natural course of hematogenous pyogenic osteomyelitis (a retrospective study of 110 cases). *Journal of postgraduate medicine*, 1991, 37: 69-75.
17. dos Reis JA, Jr., de Carvalho FB, Trindade RF, de Assis PN, de Almeida PF, Pinheiro AL. A new preclinical approach for treating chronic osteomyelitis induced by Staphylococcus aureus: in vitro and in vivo study on photodynamic antimicrobial therapy (PAmT). *Lasers in medical science*, 2014, 29: 789-795.
18. Lazzarini L, Mader JT, Calhoun JH. Osteomyelitis in long bones. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 2004, 86-A: 2305-2318.
19. Nielsen FH. Biochemical and physiologic consequences of boron deprivation in humans. *Environmental health perspectives*, 1994, 102 Suppl 7: 59-63.
20. Gronowitz S, Dahlgren T, Namtvedt J, Roos C, Rosen G, Sjoberg B, Forsgren U. Antibacterial borazaro derivatives. II. Effect of substituents on the antibacterial activity of 5-arylsulphonyl-4-hydroxy-4,5-borazarothieno(2,3-c)pyridines and 6-arylsulphonyl-7-hydroxy-7,6-borazarothieno(3,2-c)pyridines. *Acta pharmaceutica Suecica*, 1971, 8: 623-638.
21. Fontaine F, Hequet A, Voisin-Chiret AS, Bouillon A, Lesnard A, Cresteil T, Jolivalt C, Rault S. First identification of boronic species as novel potential inhibitors of the Staphylococcus aureus NorA efflux pump. *Journal of medicinal chemistry*, 2014, 57: 2536-2548.
22. Yılmaz MT. Minimum inhibitory and minimum bactericidal concentrations of boron compounds against several bacterial strains. *Turk J Med Sci*, 2012, 42 1423-1429.
23. Bjorksten B, Boquist L. Histopathological aspects of chronic recurrent multifocal osteomyelitis. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 1980, 62: 376-380.

YUMURTA TAVUĞU RASYONLARINA ANTİOKSİDAN İLAVESİNİN SERUMDA BAZI BİYOKİMYASAL PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİSİ

EFFECTS OF DIETARY ANTIOXIDANT SUPPLEMENTATION ON SOME BIOCHEMICAL PARAMETERS IN SERUM OF LAYING HENS

Prof. Dr. Necati UTLU
Atatürk Üniversitesi, Sağlık Hiz.
Dr. Öğr. Üyesi Şaban ÇELEBİ
Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü

ÖZET

Bu çalışma yumurta tavuğu rasyonlarına vitamin E (α-tekoferol asetat) ve organik selenyumun (selenometyonin) tek başına ve kombine olarak ilavesinin serumdaki bazı parametreler; aspartat aminotransferaz (AST), alkali fosfataz (ALP), laktat dehidrogenaz (LDH), alanin aminotransferaz (ALT) ve gama glutamil transpeptidaz (GGT) aktiviteleri ile glikoz, total protein (TP), albümin, kreatinin ve ürik asit düzeyleri üzerine etkilerini incelemek amacıyla yapılmıştır.

Bu amaçla 96 adet beyaz Lohman yumurta tavuğu her biri 6 alt gruptan ve alt grupta 4 hayvan bulunacak şekilde eşit sayıda 4 gruba ayrılmıştır. Gruplar sırasıyla bazal yem (T-I), bazal yeme + 125 mg/kg Vit-E (T-II), bazal yem + 0,5 mg/kg selenyum (T-III) ve bazal yem +125 mg/kg Vit E+ 0,5 mg/kg selenyum (T-IV) içeren karma yemlerle 12 hafta beslenmişlerdir. Yem ve su ad-libitum olarak sağlanmıştır.

Deneme sonunda, her gruptan alınan kan numunelerinin serumları ayrılarak AST, ALP, LDH, ALT ve GGT aktiviteleri ile glikoz, total protein (TP), albümin, kreatinin ve ürik asit düzeyleri ticari kitler kullanılarak spektrofotometre cihazı ile analizleri yapılmıştır.

Elde edilen bulgular, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında rasyona vit-E ve Se ilavesi serum AST, ALP, LDH ve ALT aktiviteleri ile glikoz ve kreatinin düzeyleri önemli derecede ($p<0.05$) düşürmüş, total protein (TP) ve albümin düzeyleri anlamlı derecede artırmış ve GGT aktivitesi ile ürik asit düzeylerini ise etkilenmediği belirlenmiştir.

Sonuç olarak rasyona ilave edilen ilgili katkı maddelerinin karaciğer ve böbrek fonksiyonları ile karbonhidrat metabolizması üzerine herhangi olumsuz bir etki yapmadığı bulunmuştur. Dolayısıyla bu katkı maddelerinin bu düzeylerde ilave edilmesi hayvanların sağlığını koruyarak verim artışına neden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca çalışmada ilave edilen Se ve Vit-E' nin tek başına ve kombine olarak verilmesinin benzer etki yaptığı gözlenmiştir

Anahtar Kelimeler: Bazı Biyokimyasal Parametreler, Antioksidan Maddeler, Serum Yumurtacı Tavuk

ABSTRACT

Some parameters in serum were determined by adding vitamin E and organic selenium alone and in combination to laying hen rations; to investigate the effects of aspartate aminotransferase (AST), alkali phosphatase (ALP), lactate dehydrogenase (LDH), alanine aminotransferase (ALT) and gamma glutamyl transpeptidase (GGT) activities and glucose, total protein (TP), albumin, creatinine and uric acid levels. .

In this study, 96 white Lohman hens aged 24 weeks were divided into 4 equal groups, each consisting of six subgroups. Groups were given basal feed (Control), basal feed + 250 mg / kg Vit-E (DI), basal feed + 0.9 mg / kg organic selenium (D-II) and basal feed + 250 mg / kg Vit-E + 0.9 mg / kg organic selenium (D-III) containing diets were fed for 12 weeks. Feed and water were provided as ad libitum. At the end of the experiment, serum, serum, AST, ALP, LDH, ALT and GGT activities and glucose,

total protein (TP), albumin, creatinine and uric acid levels were analyzed by spectrophotometer using commercial kits.

Serum AST, ALP, LDH and ALT activities and glucose and creatinine levels decreased significantly ($p < 0.05$), while total protein (TP) and albumin levels increased significantly, but GGT activity and uric acid levels were not affected.

As a result, it was found that the related additives added to the diet had no negative effect on liver and kidney functions and carbohydrate metabolism. At the same time, it has been found that the use of additives alone and in combination and the proportions added have the same effect.

Keywords: Some Biochemical Parameters, Antioxidant Substances, Serum, Laying Hens

GİRİŞ

Tavukçuluk sektörü, son yıllarda ıslah, sağlık ve yem alanlarında yapılan biyoteknolojik çalışmalar sonucu büyük gelişmeler sağlayarak diğer hayvansal üretim dallarına göre daha iyi bir konuma gelmiştir. Kanatlı hayvanlar ruminat hayvanların aksini ihtiyaç duydukları besin maddeleri bakımından yeme daha çok bağlı olup, karma yemin kalitesi bu hayvanlar için çok önemlidir. Geçmişte kanatlı yemlerinin hazırlanmasında daha çok enerji ve protein üzerinde durulmuş, son yıllarda gerek performans artışı ve gerekse ürün kalitesini artırmak amacıyla kanatlı karma yemlerine hayvanların ihtiyaçlarını karşılayacak çeşitli vitamin ve mineraller katılması yaygın hale gelmiştir (Moncayo ve ark. 2008; Al-Attar 2011; Kılınç 2013; Kasnak ve Palamutoğlu 2015; Bal ve ark. 2015; Çelebi ve Utlu 2018).

Biyoelementler, organizmada vitamin sentezi, enzim aktivitesi, enerji üretimi, ozmotik basıncın düzenlenmesi, asit-baz dengesinin sağlanması, bağışıklığın düzenlenmesi, sinir ve kasların uyarılması, büyüme-gelişme ve hormon üretimi gibi birçok fizyolojik olaylarda görev almaktadırlar (Ayaşan 2007, Soydan ve Utlu 2018). Selenyum (Se), çok sayıda selenoprotein ve enzimin yapısal ve fonksiyonel bileşenleri olarak çeşitli canlı organizmaların biyolojik fonksiyonlarında rol oynamaktadır. Selenyum, hücreleri serbest radikaller ve oksidatif zararlardan koruyan, glutatyon peroksidazı (GSH-Px) aktive eden, lipitlerin sindirim ve absorbsiyonunu sağlayan, bağışıklık sistemini güçlendiren bir antioksidandır (Kasnak ve Palamutoğlu 2015). Canlılarda selenyumun önemi, tiroit hormonların metabolizmasında görev alan, selenoenzimlerden iyodotironin deiyodinazların keşfedilmesi ile daha da artmıştır. (Hawkes ve Keim 2003, Moncayo ve ark. 2008, Kılınç 2013, Bal ve ark. 2015). Vitamin E, biyolojik zarların devamlılığını sağlayan, prostaglandin E sentezini arttıran, oksidasyon-redüksiyon reaksiyonlarına etki eden, lipid peroksidasyonu, vitamin A ve karotenin oksidasyonunu azaltarak, vücuttaki biyolojik sistemleri koruyan ve oksitleyici ajanların neden olduğu kemikteki Ca kaybını önleyen bir antioksidandır (Lin ve ark. 2005, Al-Attar 2011). ALT, AST, LDH kan enzimleri, karaciğer ve böbrek oksidatif hasarının bir göstergesi olarak kullanılır, enzimlerin ve kreatinin seviyelerinin serumda azalması, iyileştirilmiş bir redoks durumu yoluyla oksidatif hasara karşı korumanın arttırılması anlamına gelir. Hayvan antioksidan sistemi, hayvan beslenmesinden büyük ölçüde etkilenir ve vücudun glutatyon havuzunu ve Se içeren antioksidan enzimlerini yukarı doğru düzenlemek için diyet Se takviyesi gereklidir (Jiang ve ark 2009).

Bu çalışmanın amacı, gerek kanatlı ürünlerin kalitesi ve raf ömrünü artırmak gerekse değişik stres durumlarının engellenmesi için kullanılan antioksidanlardan vitamin E ve organik selenyumun, yumurta tavuğu rasyonlarına tek başına ve kombine olarak ilavesinin karaciğer,ve böbrek fonsiyonları ile karbonhitrat metabolizması üzerine etkilerini değerlendirmek amacı ile planlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışmanın hayvan materyalini, Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu Başkanlığı'nın 10.01.2018 tarih ve 54826478-000-E.1800010427 sayılı yazısı gereği, Atatürk Üniversitesi Gıda ve Hayvancılık Uygulama ve Araştırma Merkezinde mevcut 24 haftalık yaşta 96 adet beyaz Lohman ırkı yumurta tavuğu oluşturmuştur. Hayvanlar tam şansa bağlı deneme planına

göre, her grup 6 tekerrürlü ve her tekerrürde de 4 hayvan bulunan 4 gruba ayrılmıştır. Hayvanlar gruplara rastgele dağıtılarak, üç katlı batarya tipi kafeslere yerleştirilmiştir. Araştırmada, besin madde kompozisyonları ve bileşimleri Tablo 1.'de verilen, %17 ham protein ve 2770 Kkal kg^{-1} metabolik enerji (ME) ihtiva eden rasyonlar kullanılmıştır. Araştırmada sırasıyla bazal yem (Kontrol, T-I), bazal yem + 125 mg kg^{-1} Vitamin E (Vit-E, α-tokoferol asetat, Deneme-II, T-II), bazal yem + 0.5 mg kg^{-1} selenyum (Se, selenometiyonin), Deneme-III, T-III) ve bazal yem + 125 mg kg^{-1} Vit-E + 0,5 mg kg^{-1} Se (Deneme-IV, T-IV) içeren rasyonlarla 12 hafta boyunca beslenmişlerdir. Yem ve su ile adli-bitum olarak sunulmuştur. Araştırmanın sonunda her gruptan rastgele seçilen 12 hayvanın kanat altı venasından (vena cutanea ulnaris) vakumlu tüplere kan alınarak, 3000 x g' de 5 dakika süreyle santrifüj edilerek, serumları ayrılmış ve analiz edilinceye kadar -20°C'de saklanmıştır.
Serum numunelerinde AST, ALP, LDH, ALT ve GGT aktiviteleri ile glikoz, total protein, albümin, kreatinin ve ürik asit düzeyleri ticari kullanılarak spektrofotometre cihazı ile analiz edilmiştir.

Tablo 1. Araştırmada kullanılan rasyonların besin madde bileşimleri ve kimyasal kompozisyonları

Yem hammaddeleri	Vit- E ve selenyumun rasyondaki oranları (mg/kg)			
	T-I (n=24)	T-II (n=24)	T-III (n=24)	T-IV(n=24)
Vitamin E (α-tokoferol asetat)	------	125	-------	125
Selenyum (selenometiyonin)	-------	-------	0.5	0.5
Buğday kepeği	8.00	8.00	8.00	8.00
Mısır	51.81	51.81	51.81	51.81
Soya fasulyesi küspesi	17.13	17.13	17.13	17.13
Tam yağlı soya	1.65	1.65	1.65	1.65
Ayçiçeği tohumu küspesi	7.50	7.50	7.50	7.50
Mısır gluteni	2.04	2.04	2.04	2.04
Soya yağı	1.60	1.60	1.60	1.60
Mermer tozu	6.82	6.82	6.82	6.82
Tuz	0.30	0.30	0.30	0.30
Dikalsiyum fosfat	2.65	2.65	2.65	2.65
Metiyonin	0.15	0.15	0.15	0.15
Lizin	0.10	0.10	0.10	0.10
Vitamin+mineral karışımı*	0.25	0.25	0.25	0.25
Hesaplanmış besin madde kompozisyonları				
Metabolik enerji (Kkal/kg)	2770	2770	2770	2770
Ham protein	17.00	17.00	17.00	17.00

*: Vitamin+mineral karışımı: vitamin A, 5,500 IU; vitamin D3, 1,100 IU; vitamin E, 10 IU; riboflavin, 4.4 mg; vitamin B_{12}, 12 mg; nikotinik asit, 44 mg; menadione, 1.1 mg; biotin, 0.11 mg; tiyamin, 2.2 mg; ve ethoxyquin, 125 mg, mangan, 120 mg; çinko, 100 mg; demir, 60 mg; bakır, 10 mg; selenyum, 0.17 mg; iyot, 0.46 mg; ve kalsiyum, 150-180 mg.

Araştırmada elde edilen verilerin istatistik analizi IBM SPSS (17.0) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Bütün ölçümlerde istatistiksel değişiklikler ve anlam düzeyleri "One-way Analysis of Variance (ANOVA)" testi ile açıklanmış ve $p<0.05$ düzeyindeki sonuçlar önemli olarak kabul edilmiştir. Çoklu karşılaştırmalarda Duncan testi uygulanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada deneme gruplarından elde edilen serum AST, ALP, LDH, ALT ve GGT aktiviteleri ile glikoz, total protein, albümin, kreatinin ve ürik asit düzeyleri Tablo 2.'de verilmiştir. İlgili tablo incelendiğinde karma yeme Vit-E, Se ve bunların birlikti ilavesinin incelenen parametreleri istatistiksel olarak ($p<0,05$) önemli derecede etkilediği görülmektedir.

Karma yeme Vit-E ve Se ilavesi, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında serum AST, ALP, LDH ve ALT aktiviteleri ile glikoz ve kreatinin düzeyleri önemli derecede ($p<0.05$) düşürdüğü, total protein ve albümin düzeylerini anlamlı derecede yükselttiği ve GGT aktivitesi ile ürik asit düzeylerini ise etkilenmediği tesbit edilmiştir.

Tablo 2.Deneme gruplarında bazı biyokimyasal parametrelerin değerleri

Parametreler	Kontrol	D-I	D-II	D-3	SEM	P
ALT (U/L)	42.67^{a}	32.67^{b}	31.67^{b}	33.67^{b}	3.35	*
AST (U/L	55.33^{a}	37.67^{b}	33.67^{b}	36.67^{b}	3.28	*
LDH (U/L)	1645^{a}	1354^{b}	1348^{b}	1365^{b}	47.0	*
ALP (U/L)	1.37	0.95^{b}	1.05^{b}	1.07^{b}	0.06	*
GGT (U/L)	2.26	2.48 ±	2.36 ±	2.29	0.21	NS
Glikoz(mg/dl)	240^{a}	217^{b}	218^{b}	215^{b}	14	*
T. Protein (mg/dl)	3.80^{a}	4.75^{b}	$4,90^{b}$	$4,75^{b}$	0.129	*
Albumin (g/dl)	2.41^{a}	2.68^{b}	2.85^{b}	2.77^{b}	0.66	*
Kreatinin (umol/L)	1.8^{a}	1.6^{b}	1.5b	1.6^{b}	0.11	*
Ürik asit (µmol/dl)	63.72^{a}	64.5^{a}	65.37^{a}	64.1^{a}	3.5	NS

$^{a, b, c, d}$ Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar arası farklılık önemlidir ($P<0.05$).

Bu çalışmada serum parametreleri ile ilgili olarak bulunan sonuçlar daha önce gerek yumurta tavuğu, gerek broyler ve gerekse diğer kümes hayvanlarının karma yemlerine farklı düzeylerde Vit-E ve Se ilave edilerek yapılmış çalışmaların (Sahın ve ark. 2002; Hanafy ve ark. 2009; Perić ve ark.2009; Yalçınkaya ve ark. 2010; Biswas ve ark.2011; Zduńczyk ve ark 2013; El-Samra ve ark. 2014; Mohapatra ve ark. 2014; Dalia ve ark. 2017) sonuçları ile kısmı farklılıklarla birlikte genel olarak benzer bulunurken, bazı çalışmalarda ise (Attia ve ark. 2010; Nadia ve ark. 2015; Yang ve ark. 2012; Okunlola ve ark. 2015; Gružauskas ve ark. 2013) elde ettikleri sonuçlardan farklı bulunmuştur.

Sahın ve ark (2002) yaptıkları çalışmada yeme Vit-E ilavesinin serum glukoz düzeyini azaltırken, total protein düzeyini yükselttiğini bildirmişlerdir. Hanafy ve ark. (2009) yumurta tavuğu rasyonlarına Vit-E ilavesinin serum albümin düzeyini önemli dereceda artırdığını rapor etmişlerdir. Perić ve ark (2009) yumurta tavuğu rasyonlarına organik Se'un serum ALT ve AST aktivitelerini önemli düzeyde azalttığını bildirmişlerdir. Keza El-Samra ve ark (2014) yumurta tavuğu rasyonlarına Se ilavesinin serum total protein, albumin, kreatinin ve üre düzeylerini önemli derecede etkilemezken, ALT ve AST aktiviteleri ile glikoz düzeylerini önemli derecede azalttığını tesbit etmişlerdir.

Yine konu ile ilgili olarak Mohapatra ve ark. (2014), piliç yemlerini 0.3 ppm nano Se ilave ederek yaptıkları araştırmada Se katkısının serum total protein düzeyini anlamlı derecede yükselttiğini bulmuşlardır. Yine civcivlerde yapılan çalışmada (Biswas ve ark. (2011) rasyona 0.5 mg ve 1 mg/kg Se ilavesinin serum ALT ve AST aktivitelerini önemli derecede azalttığınırapor etmişlerdir. Nitekim Yalçınkaya ve ark.(2010) broyler rasyonlarına organik selenyum(0.5 mg/kg) ve Vit-E (150 mg/kg) ilave ederek yaptıkları çalışmada serum total protein ve albümin düzeylerini anlamlı derecede yükselttiğini bildirmişlerdir. Zduńczyk ve ark (2013) yumurta tavuklarında Se ve Vit-E ilavesinin serum ürik asit düzeylerine önemli bir etki yapmadığını saptamışlardır. Yine Dalia ve ark.(2017), tavukların rasyonlarına organik Se ilavesinin serum total protein, albümin ve üre üzerinde etkisinin olmadığı, bununla birlikte, serum AST, ALT ve kreatinin düzeylerini anlamlı derece düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Attia ve ark. (2010), Vit-Eamini ve Se takviyesinin, yumurta tavuklarının serum albümin ve total protein düzeylerini önemli ölçüde etkilemediğini bulurken, Nadia ve ark (2015) ve Yang ve ark. (2012), yumurta tavuğu rasyonlarına farklı seviye ve kaynaklarda Se ilavesinin karaciğer (ALP, AST, ALT) ve böbrek (kreatinin) fonksiyonlarına etki etmediğini rapor etmişlerdir. Bununla birlikte, Okunlola ve ark. (2015) ve Gružauskas ve ark. (2013), serum ALT ve AST aktiviteleri ile total protein, albumin, üre ve kreatinin düzeylerinin 0.35 mg/kg organik Se ilavesinden etkilenmediğini belirmişlerdir.

Sonuç olarak bu çalışmada, yumurta tavuğu karma yemlerine vitamin E, selenyum ve bunların kombine olarak ilavesi, bu maddelerin antioksidan özellikleri nedeniyle hücre ve doku bütünlüğünü koruyarak serumda karaciğer emzimlerinin miktarını düşürdüğü tesbit edilmiştir. Çünkü karaciğer enzimleri normal sağlıklı hücrelerde fonksiyonlarını devam ettirirken, hepatoselüler nekroz veya nerozlu sonuçlanmayan bir hücre hasarıı sonucu membran geçirgenliğinin bozulmasından dolayı karaciğer enzimlerinin serum düzeylerinin yükseldiği belirtilmektedir (Pralt ve Kaplan 2000; Ersoy 2012). Doğal olarak yüksek metabolik hıza sahip olan yumurta tavuklarının, metabolik hızları son yıllarda yapılan biyoteknolojik çalışmalarda verimleri artırılarak daha da yükseltilmiştir. Böylece daha çok oksijen alınarak serbest radikal üretimi artmakta ve dolayısıyla daha fazla oksidatif strese yatkın hale gelmektedirler. Artan serbest radikal miktarı endojen antioksidan havuz kapatisini aşması durumunda, başta membran yapılarında bulunan lipitter olmak üzere, protein, karbonhidrat, hatta DNA'ya saldırarak hücrelerin hem membran geçirgenliklerini bozmakta hemde hücre hasarına neden olmakta ve böylece hücre enzimleri kana geçecek aktivitileri yükseltmektedir. Biyolojik sistemlerin doğan antioksidanı olan Vit-E, hücre membranlarında serbest radikallarin başlattığı hidroperaksidan zincirinin birinci basamağını ihtibe ederk, hidrojen perokrit oluşumunu durdurmakta veya azaltmaktadır. Oluşan hidrojen peroksitleri ise dört atom selenyum içeren glutatyon peroksidaz (GSH-Px) ile suya çevirerek serbest radikalleri ortadan kaldırarak veya azaltarak hücre ve doku bütünlüğünü korur ve böylece hücreyi oksidatif strese karşı koruduğu belertilmektedir. Bunun sonucu olarak karaciğer enzimlerinin hücre dışına çıkmasını engelleyerek etkisini gösterir. Açıklanan bu mekanizma ile karma yeme katılan Vit- E ve Se karaciğer enzimlerinin hücre içerisinde kalarak kan aktivitelerini azalttığı düşünülmektedir. Keza,karma yeme ilgili katkı maddelerinin ilavesi bir endojen antıoksidan olan albümin düzeyini yükselterek bu mekanizmaya katkıda bulunduğu söylenebilir. Yine bu çalışmada karma yeme Vit-E ve Se ilavesi, serum total protein ve albümin düzeylerini önemli derecede yükselttiği tespit edilmiş ve bu etkinin ilgili katkı maddelerinin hücre bütünlüğünü koruyarak karaciğerde protein sentezini gerçekleştiren ALT ve AST gibi aminotrafenaz enzimlerin (Pitan ve ark.1998) hücre içinde tutulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca adı geçen katkı maddelerinin önemli bir endojen antıoksidan özelliğe sahip olan albümin (çelebi ve ark 2015) serum düzeyini yükselterek vücudun antioksidan savunumu sistemine katkı sağlamış olabileceği söylenebilir.

KAYNAKLAR

Al-Attar AM. Antioxidant effect of vitamin E treatment on some heavy metals-induced renal and testicular injuries in male mice. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2011, 18: 63–72

Attia, Y.A., A.A. Abdalah, H.S. Zeweil, F. Bovera, A.A. Tag El-Din and M.A. Araft (2010): Effect of inorganic or organic selenium supplementation on productive performance, egg quality and some physiological traits of dual-purpose breeding hens. Czech J. Anim. Sci., 55 (11): 505–519.

Ayaşan T. Hayvan beslemede organik iz mineraller. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 2007, 22 (1):21–28.

Bal C, Büyükşekerci M, Ercan M, Hocaoğlu A, Çelik HT, Abuşoğlu S, Tutkun E, Yılmaz ÖH. Farklı Selenyum Seviyelerinin Tiroid Hormon Sentezi Üzerine Etkisi. *Turk Hij Den Biyol Derg*, 2015; 72(4): 311- 316.

Biswas A, Ahmed M, Bharti V, Singh S. Effect of antioxidants on physiobiochemical and hematological parameters in broiler chicken at high altitude. Asian Australas J Anim Sci. 2011;24(2):246–9.

Çelebi, Ş., Utlu, N, 2018. Yumurta Tavuğu Rasyonlarına Selenyum ve Vitamin E ilavesinin serum ve Yumurta Sarısı Lipitd Profili Üzerine Etkisi. I. Uluslararası Iğdır Multi Disipliner Çalışmalar Kongresi G-7 Kasım 2018 Iğdır

Çelebi , S., Kaya, H., Kay, H.2015. Yumurta Tavuğu Rasyonlarına Sarımsak Tuzu ilavesinin Yumurta,Kan,Karaciğer, But ve Göğüs Dokularında Bazı Antioksidan Enzimler üzerine etkisi Nevşehir Bilim ve Teknoloji dergisi , TARGİD Özel Sayı 32-40

Dalia A. M.,. Loh T. C,. Sazili A. Q,,. Jahromi M. F., Samsudin A. A., The effect of dietary bacterial organic selenium on growth performance, antioxidant capacity, and Selenoproteinsgene expression in broiler chickens. BMC Veterinary Research (2017) 13:254

El-Samra H.A,. Kalaba Z.M, Tolba A.A.H., El-Deeb MAI. Allevıatıng Adverse Effects Of Heat Stress By Usıng Organıc Selenıum And Chromıum For Local Layıng Hens. *J. Animal and Poultry Prod., Mansoura Univ., Vol. 5 (7): 397-411, 2014*

Ersoy,O.2012., Karaciğer Enzim Yüksekliğinin değerlendirilmesi. Ankara Medical Juarnal 2012: 12(3) 129-135

Jiang Z, Lin Y, Zhou G, Luo L, Jiang S, Chen F. Effects of dietary selenomethionine supplementation on growth performance, meat quality and antioxidant property in yellow broilers. J Agric Food Chem. 2009;57(20):9769–72.

Gružauskas R, Barštys T, Racevičiūtė-Stupelienė A, Kliševičiūtė V, Buckiūnienė V, Bliznikas S. The effect of sodium selenite, selenium methionine and vitamin E on productivity, digestive processes and physiologic condition of broiler chickens. Veterinarija ir Zootechnika. 2013;65(87):22–9.

Hanafy, M.M., A.M.H. El-Sheikh and E.A. Abdella (2009): The effect of organic selenium supplementation on productive and physiological performance in a local strain of chicken. 1- The effect of organic selenium (sel-plex) on productive and physiological traits of Bandarah strain. Egypt. Poult. Sci., 29: 1061 1084.

Hawkes WC, Keim NL. Dietary selenium intake modulates thyroid hormone and energy metabolism in men. *J Nutr*, 2003; 133(11): 3443-8.

Kasnak C, Palamutoğlu R. Doğal antioksidanların sınıflandırılması ve insan sağlığına etkileri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2015, 3(5): 226-234.

Kılınç ÖO. İlave Organik Ve İnorganik Selenyum Preparatlarının Ve İlave Vitamin E' nin Yumurta Tavuklarında Verim Ve Bazı Kan Parametrelerine, Yumurta Selenyum İçeriğine Ve Plazma Glutasyon Peroksidaz Enzim Aktivitesine Etkisinin Belirlenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya: Selçuk Üniversitesi, 2013.

Lin YF, Tsai HL, Lee YC, Chang SJ. Maternal vitamin E supplementation affects the antioxidant capability and oxidative status of hatching chicks. *The Journal of Nutrition*, 2005,135(10): 2457-2461.

Mohapatra, P., R.K. Swain, S.K. Mishra, T. Behera, P. Swain, S.S. Mishra, N.C. Behura, S.C. Sabat, K. Sethy, K. Dhama and P. Jayasankar, 2014. Effects of dietary nano-selenium on tissue selenium deposition, antioxidant status and immune functions in layer chicks. Int. J. Pharmacol., 10: 160- 167.

Moncayo R, Kroiss A, Oberwinkler M, Karakolcu F, Starzinger M, Kapelari K. The role of selenium, vitamin C, and zinc in benign thyroid diseases and of selenium in malignant thyroid diseases: Low selenium levels are found in subacute and silent thyroiditis and in papillary and follicular carcinoma. *BMC Endocr Disord*, 2008; 25:8: 2.

Nadia L. Radwan, T.A., Salah Eldin, A.A., EL-Zaiat and Mona A.S.A.M. Effect of Dietary Nano-Selenium Supplementation on Selenium Content and Oxidative Stability in Table Eggs and Productive Performance of Laying Hens. International Journal of Poultry Science 2015, 14 (3): 161-176.

Okunlola DO, Akande TO, Nuga HA. Haematological and serum characteristics of broiler birds fed diets supplemented with varying levels of selenium powder journal of biology. Agriculture and Healthcare. 2015;5(1):107–10.

Perić L., Milošević, Žikić D., Kanački Z. Effect of selenium sources on performance and meat characteristics of broiler chickens J. Appl. Poult. Res. 2009,18 :403–409.

Piton A., Poynant, T. Ve İmberi- Bismut, F., 1998. Factor Asocıated wıth Serum Albumın transamınce Actıvıty ın healthing subject Consequences fort he Definitıons of normal Volues, for Select of Blood Donors ant for Patıents wıth chronic hepatıts C. Hepotology,1998;27;1213-9

Pralt D.S. ve Kaplan, M.M 2000. Evaluatıon of abnormal enzyme results in Asymptomatic ppatients, Engl Med, 2000., 342:1266-1271.

Sahın K, Sahın N,Yaralıoglu S.Effects of Vitamin C and Vitamin E on Lipid Peroxidation, Blood Serum Metabolites, and Mineral Concentrations of Laying Hens Reared at High Ambient Temperature. *Biological Trace Element Research 2002, 85:35-44*

Soydan M, Utlu N. Effect of addition of organic selenium and vitamin e on some bioelement levels in blood and egg samples of laying hens. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 2018, 13*(2):* 174-181.

Yalçjnkaya, İ., Güngör.T., Başalan,M., Çınar,M. saçaklı,P. (20010)Rasyonlarında Organik Selenyum ve Vit E Kullanımun Performans ,İç Organ Ağırlıkları ve Kan Parametreleri Üzerinr Etkileri. kafkas Üniv, vet. fsk.derg. 16 (1) 127-132

Yang, Y.R., F.C. Meng, P. Wang, Y.B. Jiang, Q. Yin, J. Chang, R.Y. Zuo, Q.H. Zheng and J.X. Liu, 2012. Effect of organic and inorganic selenium supplementation on growth performance, meat quality and antioxidant property of broilers. Afr. J. Biotechno., 11: 3031-3036.

Zduńczyk Z., Drażbo A., Jankowski J., Juśkiewicz J., Czech A., Antoszkiewicz Z. The effect of different dietary levels of vitamin E and selenium on antioxidant status and immunological markers in serum of laying hens Polish Journal of Veterinary Sciences. (2013), 16 (2): 333–9.

Enochrus quadripunctatus (Herbst, 1797) (HYDROPHILIDAE: COLEOPTERA) BÖCEK TÜRÜ SİNDİRİM YAPILARI BAKTERİYEL MİKROBİYOTASI

BACTERIAL MICROBIOTA in the DIGESTIVE STRUCTURE of an AQUATIC INSECT SPECIES (HYDROPHILIDAE: COLEOPTERA): *Enochrus quadripunctatus* (Herbst, 1797)

Dr. Öğr. Üyesi FİGEN ORHAN
Atatürk Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BEKTAŞ
Atatürk Üniversitesi Hınıs Meslek Yüksek Okulu

ÖZET

Günümüzde yaşayan canlıların tür çeşidi ve sayısı bakımından en fazla grubu oluşturan böcekler (hexapodlar), hem ekolojik hem de ekonomik olarak insan ve hayvan populasyonlarında etkilidirler. Ekolojik anlamda endemik, biyoindikatör, tarımsal üretime faydalı veya zararlı böceklerin bağırsak yapılarındaki flora merak konusu olmuş, özellikle biyolojik mücadele amacıyla son dönemlerde incelenmeye başlanmıştır. Böcek mikrobiyotasının en önemli üyelerinin bakteriler olduğu bilinmektedir ve bu mikroorganizmalar böcekler için yaşamsal faaliyetlerinin sürdürülmesinde olumlu ya da olumsuz yönde rol alırlar. Çalışmamızda, *Enochrus quadripunctatus* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Hydrophilidae) böcek türüne ait örnek sucul ortamlardan canlı olarak toplanmış ve örnek üzerindeki olası kontaminant mikroorganizmaları ortadan kaldırmak için %70'lik etil alkol ile 5 dakika muamele edilerek yüzey dekontaminasyonu yapılmıştır. Daha sonra örnek steril saf su ile yıkanarak alkolden arındırılmıştır. Yüzey sterilizasyonunun ardından böcekler eter ile bayıltılarak diseksiyon yöntemiyle sindirim kanalı laboratuvarda standart aseptik koşullarda ayrıştırılmıştır. Ayrıştırılan bağırsak numunesinden bekletilmeden mikrobiyota tespiti için ekimler yapılmıştır. Üreyen gram negatif özellikteki mikroorganizmalar VITEC-2 (bioMérieux) cihazı ile; *Aeromonas veroni*, *A. hydrophila/caviae* ve *Pseudomonas aeroginosa* olarak tanımlanmıştır. *Pseudomonas auroginosa* olarak tanımlanan bakterinin pigment oluşturmadığı gözlemlenmiştir. Çalışmamızda üreyen 2 ayrı bakteri izolatı ise VITEC-2 cihazı ile tanımlanamamıştır. Yapılan bu çalışma ile tarımsal ve çevresel araştırmalar yönüyle sucul mikrobiyotanın, biyoteknolojik araştırmalara ve biyolojik mücadele yöntemlerine katkı sağlayacağı beklenilmektedir. Bu sebeple, çalışmada örnek olarak seçilen hexapod türü sucul ortamlardan alınarak incelenmiştir. Araştırmamız bir ön çalışma niteliğinde olup bu böcek grubunun mikrobiyotasını belirleyebilmek için daha fazla örnekle ve ileri tekniklerle yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır. Çalışmamızın daha sonra yapılacak olan bu tür çalışmalar için yol gösterici nitelikte olduğunu düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler: *Enochrus*, Hydrophilidae, Mikrobiyota, Sucul Kınkanatlılar.

ABSTRACT

Nowadays, the largest group of species and number of species living, insects (hexapods), both ecologically and economically effective in human and animal populations. Ecological planning has become the subject of endemic, bio-indicator, intestinal flora of suitable insects suitable for agricultural production or harmful insects, and recently focused on environmentally friendly planning. As the flora is the most important bacteria of the insect microbiota. These microorganisms play a positive or

negative role in maintaining vital activities for insects. In our study, a sample of the insect species of *Enochrus quadripunctatus* (Herbst, 1797) (Coleoptera: Hydrophilidae) was collected live from aquatic environments and treated with 70% ethyl alcohol for 5 minutes to remove possible contaminant microorganisms on the sample. The alcohol was then washed with sterile distilled water. After surface sterilization, insects were knocked out with ether and the digestive tract was separated in a standard aseptic conditions by dissection. Strains were made for identification of bacteria without waiting from the separated intestinal sample. The bacteria were then identified on the by VITEK 2 (bioMérieux). On the of the study, gram negative stained microorganisms were identified with VITEC2 *Aeromonas veroni, A. hydrophila / caviae* and *Pseudomonas aeroginosa*. Pseudomonas auroginosa was found to be pigment-free. In our study, two separate bacteria could not be identified with VITEK 2 device. With this study, it is expected that aquatic microbiota will contribute to biotechnological research and biological control methods in terms of agricultural and environmental research. For this reason, hexapod species selected as an example in the study were examined from aquatic environments. Our research is a preliminary study and more samples and advanced techniques are needed to determine the microbiota of this insect group. We think that our study is guiding for such studies to be conducted later.

Keywords: *Enochrus*, Hydrophilidae, Microbiota, Aquatic Coleoptera.

1. GİRİŞ

Canlılar aleminin çoğunluğunu böcekler; böceklerin ise büyük bir kısmını Coleoptera takımına ait bireyler oluşturur. 'Kınkanatlılar' ya da 'sert kanatlılar' olarak ifade edilen Coleoptera takımı yeryüzünde en çok türle temsil edilen böcek grubudur. Mevcut böceklerin %40'ı bu takım içerisinde yer alır (Bektaş 2015). Coleoptera takımına ait türlerden bazıları holometabol başkalaşım geçirip, yaşam döngüleri yumurta-larva-pupa ve ergin şeklindedir. İki çift kanada sahip olan bu takım türlerinde, ön kanatlar uçma yetisini kaybederek 'eliytra'yı oluşturmuş, arka kanatlar ise uçma işlevlerini koruyarak zar şeklini almışlardır (Bektaş 2015).

Ekolojik olarak, Ünal S. ve Küçük Ö. (2007), bazı Colepotera takımına ait böceklerin ve bakterilerin orman ekosistemindeki öneminden bahsetmiş, ölü ağaçlarda yaşayan böcek türlerinin, ayrıştırma ve odun mineralizasyonunu sağlayan bakterilerin yerleşmesi için ön ayak olduklarını, mantar ve bakterilerin yerleşmesi için uygun ortamları sağladıklarını bildirmişlerdir.

Haşereler ile mücadelede en ümit verici, en çevre dostu, en ucuzu ve en sürdürülebilir yöntem "biyolojik mücadele" dir. Günümüzde biyolojik mücadele çalışmalarına ağırlık verilmesinin nedeni, sadece kimyasal mücadelenin olumsuz etkisinden kurtulmak değil, aynı zamanda, doğada zararlıları %99 oranında baskı altında tutan yararlı mikro ve makro organizmalardan yararlanılmak istenmesidir. Birçok entomopatojenin kitle üretimi yapılarak "biyolojik insektisid" olarak piyasaya sürülmüştür. Bunların en başında gelenlerden biri de *Bacillus thuringiensis* türü olup, birçok böcek türüne karşı başarı ile kullanılmaktadır. Entomopatojenler genellikle standart ilaçlama aletleri veya sulama suyuna karıştırılarak uygulanmaktadır. Ticari olarak üretilen bu entomopatojenler genellikle türe spesifik olduğu için biyolojik mücadelede emniyetle kullanılabilecek etmenlerdir. Ne yazık ki bu preperatlar dünya ilaç piyasasının sadece % 2-5'ini oluşturmaktadırlar. Ancak bu konudaki çalışmalar hızla sürdürülmekte olup, birçok entomopatojen türün biyolojik mücadelede ümit veren sonuçları ortaya çıkarılmıştır (Uygun 2010).

Zararlı böcekler ile mücadelede yaygın olarak kullanılan mikrobiyal kontrol ajanları bakteri (Örn;*Bacillus thuringiensis*), virüs (örn;*Baculovirus*), fungus (örn; *Beauveria bassiana*), protozoa (*Nosema locustae*) ve nematodlardır *(Heterorhabditidae* ve *Steinernematidae*). Mikrobiyal kontrol ajanları içerisinde yer alan entomopatojen biyoinsektisitler, türe özgü etki gösterdiği için diğer doğal

düşmanlara göre daha avantajlıdır. Mikrobiyal insektisitler, yaşayan mikroskobik (virüs, bakteri, fungus, protozoa ve nematod) organizmalardan veya bunların ürünleri olan toksinlerden oluşmaktadır. Bunlar diğer insektisitler gibi püskürtme, toz ve granül halde uygulanacak şekilde hazırlanmış olup, birçok zararlı böcek ile mücadelede kullanılmaktadır. Mikrobiyal insektisitlerin yaban hayatı ve hedef dışı insan ve diğer canlılar üzerinde toksik etkisi göstermemesi, ürettikleri toksinlerin genellikle tür veya cins düzeyinde etki göstermesi, diğer faydalı böcek türlerine zarar vermemesi, birçok durumda konvansiyonel pestisitlerle birlikte kullanılabilmesi ve hasat döneminde dahi uygulanabilmesi bu mikrobiyal insektisitlerin avantajlarıdır. Her zararlı için kullanılamasa da bu ürünler süs bitkilerinde yaşayan bazı zararlı böcekler için başarılı bir şekilde kullanılabilir. Çünkü mikrobiyal insektisitlerin çoğu belli böceklere karşı etkilidir ve bu insektisitlerin yarı ömürleri oldukça kısadır. Kullanıcılar hedef zararlıyı iyi bir şekilde tanımlamalı ve etkili bir uygulama yöntemi belirlemelidir. Ancak, bu insektisitler yüksek düzeyde seçiciliğe sahip olduklarından uygulandıkları alanlardaki diğer zararlı türlere etki etmemektedir. (Azizoğlu 2012)

Entomopatojenik araştırmalarda; bakterilerin böceklerle en ortak ilişkili mikroooganizmalar olduğu, bazılarının hastalık yapıcı (patojen) olmasa da, önemli bir kısmının böceklerde hastalıklara neden olduğuna vurgu yapılmıştır. Bakteriler tarafından öldürülen böceklerin (özellikle larva safhasında) hızlıca renklerinin koyulaştığı, organ ve dokularında yıkımın oluştuğu, çürük-leş gibi bir koku meydana geldiğini, böcek ölümünden sonra bu patojen bakterilerin bol sayıda kümelendiği bu entomopatojenik araştırmalarda belirtilmiştir (Yoshinori T. and Kaya H.K.,1992). Tarımsal mücadele konusunda ise, bakteri ve böcek arasındaki ilişkileri niteleme bazında, ülkemizde tüm dünyada uygulandığı gibi zararlı böceklerin kontrolünde çeşitli kimyasal insektisidler kullanılarak kimyasal mücadele yürütülmektedir. Fakat kullanılan bu kimyasal insektisitler hem doğal çevreye ve hem de hedeflenmemiş organizmalar üzerinde olumsuz etkilere sahiptir (İskender ve Algur 2009). Bu nedenle son zamanlarda bu zararlılarla mücadelede bazı virüs ve bakteriler gibi entomopatojenlerin kullanıldığı biyolojik mücadeleye ağırlık verilmiştir (Dadaşoğlu 2013).

Wooldridge and Wooldridge (1972), Hydrophilidae familyasına ait tek bir *Tropisternus lateralis nimbatus* (Coleoptera: Hydrophilidae) alttürü çalışmışlar, kamu sağlığı yönünden patojenik bakteriler ve vektör canlı olarak *Tropisternus* türünü örnek vermişlerdir. Bu çalışmanın, ülkemizden çok uzak bir türün çalışılması ve sadece tek bir alt türün bakteri mikrobiyotası hakkında sınırlı bilginin olduğu görülmüştür.

Böcekler ile fungus arasındaki ilişkiler konusunda ise, (Kırpık vd. 2010), 2009 yılında Kars Platosunda, farklı istasyonlardan alınan Kafkas ırkı (*Apis mellifera caucasica* Pollmann, 1889), canlı ve ölü arı örneklerinin, vücut yüzeyleri ile sindirim sistemlerine ait mikrofungus mikrobiyotasının belirlenmesi amacı ile yaptıkları araştırma sonucunda; *Penicillium, Alternaria, Mucor, Trichoderma, Fusarium, Aspergillus, Ulocladium, Verticillium* ve *Zythia* cinslerine ait toplam 13 farklı fungus türü teşhis etmişler ve bu fungusların arılarla ilişkilerini literatüre dayalı olarak tartışmışlardır. Bu projenin sonuçları temel alınarak ortaya çıkabilecek yeni projeler ile bu türlerde fungusların da tanımlanması, ileride bizim tanımladığımız bakterileri ile ilişkisinin zenginleştirilmesine olanak sağlayarak yaygın etkisini de arttıracaktır.

Karasal kınkanatlılardan Kızılağaç böceği *Agelastica alni* (Coleoptera: Chrysomelidae) dünyada fındık ve kızılağaç zararlılarının başında gelir. Bu zararlıyı kontrol altına almak için çok fazla kimyasal madde kullanılmıştır. Bu zararlıya karşı daha etkin ve güvenli bir biyolojik kontrol ajanı bulmak için 2000-2002 yılları arasında Trabzon civarında toplanan kızılağaç böceklerinden bakteri izole edip tanımlanmış ve bu izolatların yetişkin ve larvalara karşı insektisidal etkilerini araştırılmış, *A. alni*'nin biyolojik kontrol olarak bakteri mikrobiyotasının incelenmesi üzerine herhangi bir çalışma olmadığını bildirmişlerdir (Sezen 2004).

2. ÇALIŞMANIN AMACI VE YÖNTEMİ

2.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Çalışmanın amacı, Hydrophilidae familyasına ait sucul kınkanatlılar takımından bir türün sindirim yapısında mikrobiyotanın belirlenmesidir. Bu amaçla; öncelikli olarak, su kaynaklarına yakın bölgelerden bu türlere ait böceklerin toplanması ve tür tanımlanmasının yapılması ve daha sonra Coleoptera takımı familyalarına ait böceklerin mikrobiyotasının tanımlanması hedeflenmiştir. Çalışmanın amacı ve ulaşılmak istenen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Entomopatojenik çalışmalarda,
- Organik tarım araştırmalarında,
- Tıbbi patojen bakterileri muhtemel konukçu veya ara konukçu olarak barındıran, çalışmamıza konu olan familyalara ait vektörlerin, biyolojilerinin daha iyi netlik kazanmasında,
- Zirai mücadelede daha etkin olunabilmesi açısından,
- Araştırmamızın sonucunda ortaya koyacağımız verilerin, ileri biyoteknolojik alanda önem kazanacağı ve bizden sonraki bilimsel uğraşılarda önemli tespitlerin açığa çıkmasında önemli rol alacağı,
- Böceklerin beslenme, yaşam alanı ve metabolizma bakımından büyük çeşitlilik gösteriyor olması, bu tür organizmaların vücut mikrobiyotasından yeni tür ve suşların izolasyon şansını artıracağından, böcek mikrobiyotasının bilinmesi;
- Beslenme fizyolojisi ve
- Çeşitli mikrobiyal saldırılarında etkilenme gibi mikrobiyota elemanlarına direnç gösterme mekanizmaları gibi konuların aydınlatılması hususunda önemli ipuçları elde edilmiştir.

2.2. YÖNTEM

2.2.1. Böcek Numunelerinin Toplanması ve Teşhisi

Sucul Kınkanatlılardan; Nisan-Ekim ayları arasında, göl, kaynak, dere, birikinti ve su gözelerinden gözenek çapı 1-3 mm olan elek, kepçe ve ağ kullanılarak örnekler toplanmıştır. Canlı olarak yakalandıktan sonra, lokalite bilgileri yazılarak şişeler içinde laboratuvara getirilmiştir. Böcek yakalandıktan sonra, Angus 1992, Hansen 1987, İncekara 2004; Smetana 1980, 1988'dan, yararlanılarak, Dr. Öğretim Üyesi Mehmet BEKTAŞ tarafından tür teşhisi yapılmıştır.

2.2.2. Mikrobiyolojik Analizler

Laboratuvara getirilen ergin ve sağlıklı böcekler üzerindeki olası kontaminant mikroorganizmaları ortadan kaldırmak için %70'lik etil alkol ile 5 dakika muamele edilerek yüzey sterilizasyonu yapılmıştır. Daha sonra steril saf su ile yıkanarak alkolden arındırılmıştır. Yüzey dezenfeksiyonu yapılan böceklerin sindirim kanalı laboratuvarda steril bir ortamda disekte edilip ayrıştırılmış ve bağırsak içeriği steril serum fizyolojikli su içerisinde vorteks yardımı ile parçalanmıştır (şekil 1). Ardından bu sıvıdan steril pipet yardımı ile örnek alınıp kanlı, EMB, Anaerobik agar besiyerine (Besimik) ekim yapılmıştır. Kanlı, EMB besiyerleri aerop ortamda, anaerobik agar ise anaerop kavonoz (Brewer) içerisinde 30°C' de 24-48 saat inkübe edilmiştir. Ardında üreyen kolonilerden 24 saatlik saf kültürler alınmış ve gram boyama yapılarak gram boyanma özelliği ve morfolojisi tesbit edilmiştir. Şüpheli boyanma gösteren koloniler tekrar EMB agara yeniden pasajlanmıştır. Ardından bakteriler VITEK 2 (bioMérieux) cihazında tanımlanmıştır.

Şekil 1. Ekim yapılan plakların görüntüsü

3. BULGULAR

Çalışma sonunda, EMB besiyerinde mor-pembe renkli, S koloni yapan ve gram negatif boyanan mikroorganizmalar VITEC-2 cihazı ile, *Aeromonas veroni*, *A. hydrophila/caviae* ve *Pseudomonas aeroginosa* olarak tanımlanmıştır. *Pseudomonas auroginosa* olarak tanımlanan bakterinin pigment oluşturmadığı gözlemlenmiştir. Çalışmamızda üreyen 2 ayrı bakteri ise VITEC-2 cihazı ile tanımlanamamış ve bu durum cihazın kütüphanesi ile bakteri izolatlarının uyumsuz olmasına bağlanmıştır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İzole etiğimiz türlerden üyeler arasında yer alan *Aeromonas* cinsi; gram-negatif bir bakteri türü olup, hem toprakta hem de tatlı ve tuzlu sularda yaygın olarak bulunurlar. İnsanlarda, karada ve suda yaşayan hayvanlarda, sürüngenlerde ve balıklarda infeksiyonlara yol açarlar. Son yıllarda gastrointestinal patojenler arasında artan oranlarda yer almaları özellikle immünsüprese kişilerde ekstraintestinal infeksiyonlara ve sepsise yol açmaları *Aeromonas*'ların önemlerini arttırmaktadır. (Kuzucu Ç.2000)

İzole ettiğimiz bir başka mikroorganizma olan *Pseudomonas* cinsi, gram negatif, hareketli, sporsuz, kapsülsüz, aerob, bir bakteri olup, bu bakterilerin çoğu doğada toprak ve sularda yoğun olarak bulunur. Bazı türleri insan, hayvan ve bitki patojenidir. Ayrıca hastane infeksiyonları ve fırsatçı enfeksiyonlara neden olan gram negatif bakteriler içinde en önemli gruplardan birini oluşturmaktadırlar. Kendini çevre koşullarına kolaylıkla uydurabilen bu mikroorganizmalar, suda ve nemli ortamda daha iyi ürerler.(Tuncer S.1997)

Sonuç olarak sürdürülebilir bir organik tarım için kimyasal madde kullanımına getirilen sınırlama zararlılarla mücadelede alternatif çözüm arayışlarını da beraberinde getirmiştir. Kimyasal pestisitlere alternatif yöntemlerden en önemlisi doğal düşmanların kullanıldığı biyolojik mücadele yöntemidir. Bu çalışma ile tarımsal, ekolojik ve tıbbi mücadelede biyolojik mücadele amacıyla biyoinsektisit geliştirme araştırmalarına yol gösterici nitelikte olduğunu düşünüyoruz. Özellikle moleküler tekniklerle çok sayıda örnek ile yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu araştırmalar ile gelecekteki biyolojik kontrol ve nanoteknolojik müdahelerleri daha sistematik bir şekilde çözüme ulaştırmak mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- Azizoğlu U, Bulut S, Yılmaz S., 2012. Organik tarımda biyolojik mücadele; entomopatojen biyoinsektisitler. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28(5):375-381.
- Bektaş M., 2015. Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis ve Osmaniye illeri Helophoridae, Hydrochiidae ve Hydrophilidae (Coleoptera) Faunası. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. 1-4.
- Dadaşoğlu F. and Şahin F., 2013. Bakterilerin Yüzük Kelebeği *Malacosoma neustria* L. (Lepidoptera:Lasiocampidae)'nın Biyolojik Mücadelesinde Kullanımı, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi ,.41(2): 97-104.
- İskender NA, Algur ÖF. Sekiz Dişli Kabuk Böceği (*Ips typographus*, Coleopterana: Scolytidae)'nin Bakteriyal Florası Üzerine Araştırmalar. Kafkas Üniv Fen Bil Enst Derg, 2009, 2(1):67-76.
- Kırpık MA, Aydoğan MN, Örtücü S, Hasenekoğlu i. Kafkas Arısı (*Apis mellifera caucasica* Pollmann, 1889) (Hymenoptera: Apidae)'nın, Dış Yüzey ve Sindirim Sistemi Mikrofungus Florasının Belirlenmesi.
- uzucu Ç, Acar N, Akan Ö, Karakoç E.A. İntestinal ve Ekstraintestinal Örneklerde Aeromonas' ın İzolasyon Sıklığı. Flora 2000;5(1):74-78
- Sezen, K., Demir, I.and Demirbag, Z. 2004. Study of the bacterial flora as a biological control agent of *Agelastica alni* (Coleoptera: Chrysomelidae). Biologia 59: 327–331.
- Tuncer S. *Pseudomonas aeruginosa* İnfeksiyonları. Flora 1997;1:61-65
- Uygun N, Ulusoy MR, Satar S. Biyolojik mücadele. Türk. biyo. müc. derg., 2010, 1 (1): 1-14
- Ünal S. ve Küçük Ö. 2007. Ölü Ağaçlarda Yaşayan Böcek (Colepotera) türleri ve Orman Ekosistemindeki Önemi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 1, Yıl: 2007, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 123-133.
- Yoshinori T. and Kaya H.K. (1992). İnsect Pathology. Academics Press İnc. 82-84.1002BF-01. Güncelleme Tarihi:30/07/2018. https://books.google.com.tr/book.
- Wooldridge D.P. and Wooldridge C.R. 1972. Bacteria from the Digestive Tract of the Phytophagous Aquatic Beetle *Tropisternus luteralis nimbutus* (Coleoptera: Hydrophilidae). Environmental Entomology. Vol. 1. No:4. Downloaded from http://ee.oxfordjournals.org. at University of Nebraska-Lincoln Libraries on June 5, 2016.
- Maçin S. 2014. Pigmentli ve pigmentsiz pseudomonas aerugınosa suşlarının virulans faktörlerinin fenotipik ve genotipik olarak karşılaştırılması (Uzmanlık tezi). Hacettepe üniversitesi.

DENEYSEL HİPOTİROİDİNİN AKCİĞER VE MİDE DOKULARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF EXPERIMENTAL HYPOTHYROIDISM ON LUNG AND STOMACH TISSUES

Dr. Öğr. Üyesi Semin GEDİKLİ
Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Histoloji-Embriyoloji Anabilim Dalı
Araş. Gör. Elif ERBAŞ
Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Histoloji-Embriyoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Hipotiroidizm, vücudun yaşamsal pek çok işlevini yerine getirebilmesi için gerekli olan tiroid hormonlarının eksik ya da etkisiz olması durumunda meydana gelen ciddi bir hastalıktır. Bu hormonların dokular üzerindeki etkileri yetersiz olduğu için metabolik olayların genelinde bir yavaşlama söz konusu olmaktadır. Sonuçta; kardiyovasküler, üriner, sinir, hematopoetik gastrointestinal, solunum ve kas-iskelet sistemi gibi pek çok sistem etkilenmektedir. Çalışmamızda, 6-propyl-2-thiouracil (PTU) ile indüklenen hipotiroidinin, sıçan akciğer ve mide dokularında meydana getirdiği olası hasarları histokimyasal ve immünohistokimyasal yöntemlerle incelemeyi amaçladık. 24 adet 180-200 gr ağırlığında Sprague Dawley cinsi dişi sıçan 2 gruba ayrıldı. Kontrol grubuna herhangi bir uygulama yapılmazken, hipotiroidi grubuna 8 hafta boyunca 0.05% dozunda PTU günlük olarak içme sularına katılmak suretiyle verildi. Deney bitiminde sakrifiye edilen sıçanlardan alınan akciğer ve mide dokuları rutin histolojik prosedürleri takiben parafine gömüldü. Parafin bloklardan elde edilen kesitler Crossman'ın Modifiye ettiği Mallory'nin üçlü boyaması ile histopatolojik, Caspase-3 ve 8-OHdG antikorları ile de immünohistokimyasal düzeyde incelendi. Histopatolojik incelemeler sonucunda, kontrol grubuna ait kesitler normal histolojik yapı göstermekteydi. Hipotiroidi grubuna ait akciğer kesitlerinde interstisyel ödem ve konjesyon ile birlikte alveolar septum, alveolar boşluk ve interstisyumda mononükleer hücre infiltrasyonu ve alveolar ödem mevcuttu. Ayrıca çok sayıda alveolar makrofajın varlığı da dikkat çekmekteydi. Mide kesitlerinde ise epitelde yoğun dejenerasyon ve epitel bütünlüğünde bozulmalar mevcuttu. Mukozanın altında yerleşim gösteren mide bezlerinin dilatasyona uğradığı ve aralarında hemorajik alanların bulunduğu saptandı. Mukoza ile beraber submukozada da ödemin sebep olduğu kalınlaşmalar izlendi. İmmunohistokimyasal incelemelerde ise hem akciğer hem de mide kesitlerinde, hipotiroidi grubunda kontrol grubuna kıyasla apoptozis göstergelerinden olan Caspase-3 pozitifliğinin arttığı, DNA hasar belirteci olan 8-OHdG immünreaktivitesinin de yüksek olduğu tespit edildi. Sonuç olarak, hipotiroidinin akciğer ve mide dokularında yoğun hasara ve apoptozise neden olduğu hem histopatolojik hem de immünohistokimyasal yönden gösterilmiş oldu.

Anahtar Kelimeler: Hipotiroidi, Akciğer, Mide, Apoptozis, DNA hasarı.

ABSTRACT

Hypothyroidism is a serious disease that occurs when thyroid hormones are deficient or ineffective, which is necessary for the body to perform many vital functions. Since the effects of these hormones on the tissues are insufficient, there is a slowdown in the overall metabolic events. As a result; cardiovascular, urinary, nervous, hematopoietic gastrointestinal, respiratory and musculo-skeletal systems are affected. In this study, we aimed to investigate the possible damages of 6-propyl-2-thiouracil (PTU) induced hypothyroidism in rat lung and stomach tissues by histochemical and immunohistochemical methods. 24 female Sprague Dawley rats weighing 180-200 g were divided into two groups. The hypothyroid group was given 0.05% PTU for 8 weeks by adding to the drinking water daily while the control group was not given any treatment. At the end of the experiment, lung and stomach tissues from sacrificed rats were embedded in paraffin following routine histological procedures. Sections obtained from paraffin blocks were examined by Crossman's modified Mallory's triple staining histopathologically, and Caspase-3 and 8-OHdG antibodies at immunohistochemical level. As a result of histopathological examinations, sections of the control group showed normal histological structure. There were interstitial edema and congestion, alveolar septum, alveolar space and interstitium mononuclear cell infiltration and alveolar edema in the lung sections of hypothyroid group. The presence of multiple alveolar macrophages was also remarkable. In the stomach sections, there was intense degeneration of the epithelium and corruption of epithelial integrity. The gastric glands located under the mucosa were dilated and there were hemorrhagic areas between them. Thickening caused by edema was also observed in submucosa along with mucosa. In immunohistochemical examinations, Caspase-3 positivity, which is one of the indicators of apoptosis, was increased in the hypothyroid group compared to the control group and 8-OHdG immunoreactivity, which is a marker of DNA damage, was also higher in both lung and stomach sections. In conclusion, hypothyroidism has been shown to cause intense damage to lung and stomach tissues and apoptosis both histopathologically and immunohistochemically.

Keywords: Hypothyroidism, Lung, Stomach, Apoptosis, DNA damage.

1. GİRİŞ

Tiroid hormonları, insan vücudundaki hayati sistemler olan kardiyovasküler, solunum, üriner, merkezi sinir sistemi gibi birçok sistemin işleyişini düzenlemede ve vücut homeostazisinin devamlılığını sağlamada önemli role sahiptir.[1] Tiroid bezi hastalıkları arasında bulunan hipotiroidizm olgusu, tiroid bezinden salgılanan tiroid hormonlarının azalması ile şekillenen önemli bir sendromdur.[2] Bu hastalık subklinik formdan miksödeme kadar seyredebilen, önemli semptomlar ile karakterize bir hastalıktır.[3] Hipotiroidizm yaygın olarak görülen bir hastalık olmakla beraber erken teşhis sayesinde ağır formlarının şekillenmesi (miksödem) azalmış durumdadır.[4-6]

Vücudun enerji metabolizmasını düzenleyen tiroid hormonlarında meydana gelen azalma sonucunda, bazal metabolizma hızında düşme dolayısıyla metabolik yavaşlama meydana gelmektedir[7]. Hem bazal metabolizmayı hem de solunum zinciri reaksiyonlarını etkileyen tiroid hormonları böylelikle hücrelerde reaktif oksijen radikallerinin (ROS-serbest radikaller) oluşumunu tetiklemektedir. Serbest radikal oluşumundaki artış ise organizmada lipid, protein, DNA gibi makromolekülleri etkilemekte ve bunlarla ilgili tüm yapı ve fonksiyonlarda değişimlere ve sonuç olarak hücre hasarına neden olan oksidatif strese yol açmaktadır.[8, 9]

Birçok hayati fonksiyonu etkileyen bu hastalığın özellikle ağır formlarının solunum sistemi üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu ve yüksek mortalite oranına sahip olduğu bildirilmektedir.[6, 10] Bu hastalık nedeniyle hafif dispneden ciddi solunum yetmezliklerine kadar değişen yelpazede solunum sistemi semptomları görülebilmektedir.[11] Muhtemelen solunum yetmezliği semptomları, azalan inspiratuar ve ekspiratuar kas kuvveti ayrıca buna ek olarak ventilatör ve kardiyak rezervin sınırlanmasına bağlı olarak şekillenmektedir.[12]

Hipotiroidinin etkilediği diğer bir önemli sistem ise gastrointestinal sistemdir. Peristaltizmin azalması hipotiroidizmdeki asıl patofizyolojik sebeptir ve konstipasyon en sık görülen yakınmadır. Hipotiroidinin gastrointestinal sistem üzerine etkileri, nöromüsküler bozukluklar, hormon reseptörlerinde değişiklikler ve gastrointestinal sistem dokularında başta hiyaluronik asit olmak üzere mukopolisakkarit depolanması ve buna bağlı olarak gelişen intestinal ödem nedeniyle oluşan miyopati gibi nedenlerle gelişebilmektedir. Konstipasyon dışında görülen diğer gastrointestinal yakınmalar ise anoreksi, bulantı, kusma ve karın ağrısıdır.[13]

Pek çok klinik[14, 15] ve deneysel çalışmada[16-18] hipotiroidi durumunda[15, 18] kan ve dokularda oksidatif stresin geliştiği, ancak dokuların oksidatif strese duyarlılıklarının farklı olduğu gösterilmiştir.[8] Bu nedenle, biz de çalışmamızda deneysel hipotiroidi oluşturulan sıçanlarda akciğer ve mide dokularında meydana gelmesi muhtemel oksidatif stres kaynaklı hasarları hem histopatolojik hem de immünohistokimyasal açıdan göstermeyi hedefledik.

MATERYAL VE METOT

Deney Hayvanlarının Temini:

Bu çalışmada, Atatürk Üniversitesi Deneysel Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATADEM) bünyesindeki deneysel hayvan laboratuvarından temin edilen ağırlıkları 180-200 gram arasında değişen, toplam 24 adet Sprague Dawley cinsi dişi sıçan kullanıldı. Deney süresince, hayvanlara yeteri kadar (ad libitum) su ve pellet yem verildi ve hayvanlar deney süresi boyunca 12 saat aydınlık, 12 saat karanlık olacak şekilde, 22°C oda sıcaklığındaki laboratuvar koşullarında barındırıldı.

Deney Grupları ve İlaç Uygulama Prosedürü:

Deneyde kullandığımız sıçanlar rastgele bir şekilde 2 gruba (n:12) ayrıldı ve gruplar aşağıda belirtildiği şekliyle dizayn edildi:

Grup Numarası	Grup İsimleri	Hayvan Sayısı
Grup 1	Kontrol (Sağlıklı) Grubu	12
Grup 2	Hipotiroidi (0.05% PTU) Grubu	12

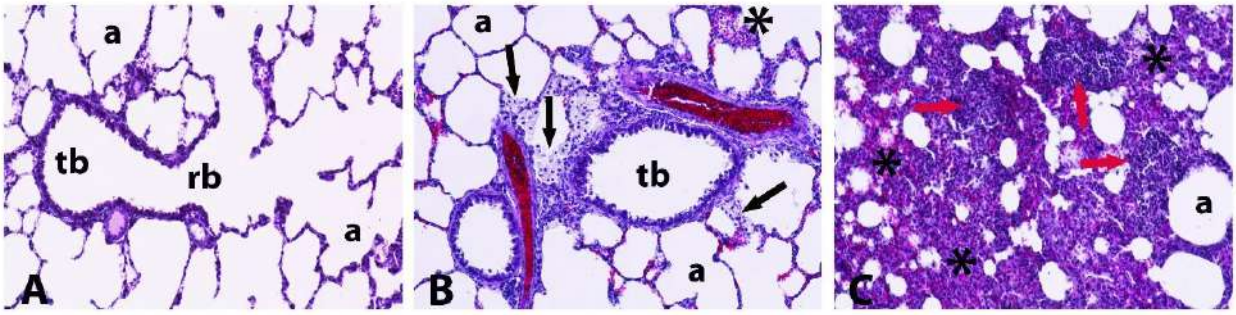
Hipotiroidi modeli oluşturmak amacı ile Grup 2'deki sıçanlara, 6-propyl-2-thiouracil (PTU-Sigma-Aldrich) 0.05% dozunda 8 hafta boyunca içme sularına katılmak suretiyle verildi. Kontrol grubundaki sıçanlara ise herhangi bir ilaç uygulaması yapılmadı. 8 haftanın sonunda tüm sıçanlar ksilazin-ketamin uygulanarak anestezi altında dekapite edildiler. Sakrifiye edilen sıçanlardan elde edilen akciğer ve mide dokuları histopatolojik ve immünohistokimyasal analizler için kullanıldı.

Rutin Histopatolojik ve İmmünohistokimyasal İşlemler:

Deneyde alınan akciğer ve mide doku örnekleri %10'luk tamponlu formaldehit solüsyonu içinde 24-48 saat süreyle tespit işlemine tabi tutuldu. Fiksasyonun ardından dokular 6 saat boyunca çeşme suyu altında yıkamaya alındı. Daha sonra bu dokular dereceli alkol ve ksilol serilerinden geçirilerek parafin bloklara gömüldü. Parafin bloklardan, Leica RM2125RT mikrotomu (Leica Microsystems, Wetzlar, Germany) ile 5 µm kalınlığında kesitler alındı. Bütün gruplara ait kesitler histopatolojik değerlendirmelerin yapılabilmesi için Crossman'ın modifiye ettiği Mallory'nin üçlü boyaması ile histopatolojik, Caspase-3 (1/100, Abcam, Cambridge, UK) ve 8-OHdG (1/100, Abcam, Cambridge, UK) antikorları ile de immünohistokimyasal düzeyde boyandı. Ardından kesitler ışık mikroskobu ile incelendi (Nikon Eclipse i50, Tokyo, Japan) ve fotoğrafları çekildi.

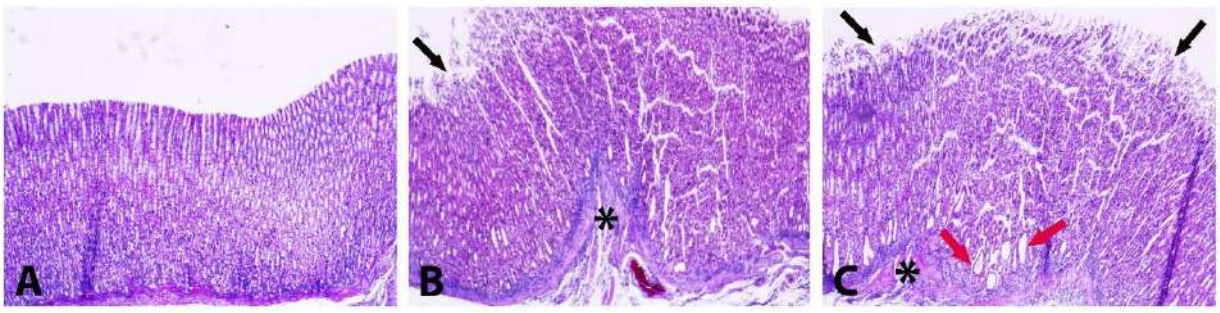
BULGULAR

Kontrol grubuna ait akciğer doku kesitlerinin histopatolojik incelemesinde, bronş, bronşiyol, alveol ve pulmoner interstisyum yapılarının normal görünümde olduğu tespit edildi (Şekil 1A). Hipotiroidi grubuna ait akciğer kesitlerinde ise interstisyel ödem ve konjesyon ile birlikte alveolar septum, alveolar boşluk ve interstisyumda mononükleer hücre infiltrasyonu ve alveolar ödem mevcuttu. Ayrıca çok sayıda alveolar makrofajın (toz hücresi) varlığı da dikkat çekmekteydi (Şekil 1B,C).



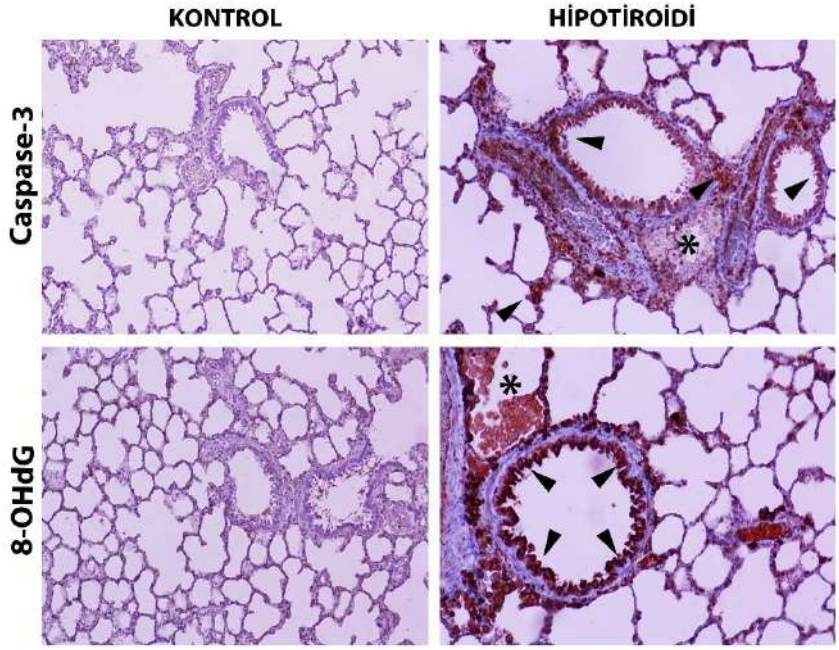
Şekil 1: Kontrol (A) ve Hipotirodi (B ve C) gruplarına ait akciğer dokusunun ışık mikroskobik görüntüsü. **a:** alveol, **tb:** terminal bronşiyol, **rb:** respiratuar bronşiyol, **yıldız:** interstisyel ödem ve konjesyon, **siyah ok:** toz hücreleri, **kırmızı ok:** alveolar septum, alveolar boşluk ve interstisyumda mononükleer hücre infiltrasyonu. **Boya:** Crossman'ın Üçlü Boyaması.X100.

Kontrol grubuna ait mide kesitlerinin histopatolojik incelemesinde de akciğer kesitlerinde olduğu gibi normal histolojik bir yapı mevcuttu (Şekil 2A). Hipotiroidi grubuna ait mide kesitlerinde ise epitelde yoğun dejenerasyon ve epitel bütünlüğünde bozulmalar mevcuttu. Mukozanın altında yerleşim gösteren mide bezlerinin dilatasyona uğradığı ve aralarında hemorajik alanların bulunduğu saptandı. Mukoza ile beraber submukozada da ödemin sebep olduğu kalınlaşmalar izlendi (Şekil 2B,C).

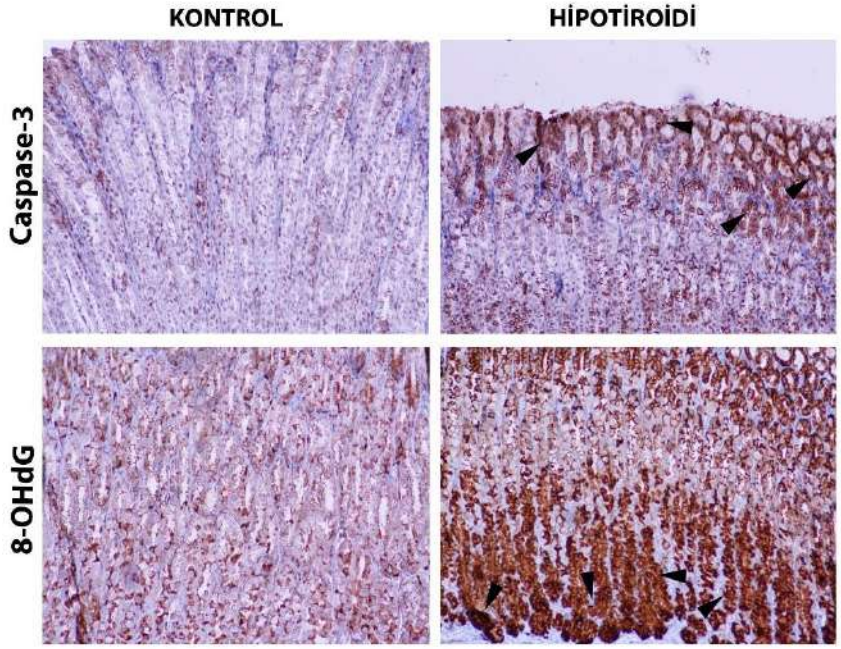


Şekil 2: Kontrol (A) ve Hipotirodi (B ve C) gruplarına ait mide dokusunun ışık mikroskobik görüntüsü. **yıldız:** submukozada ödem ve hemorajik alanlar, **siyah ok:** epitelde yoğun dejenerasyon ve epitel bütünlüğünde bozulmalar, **kırmızı ok:** mide bezlerinde dilatasyon. **Boya:** Crossman'ın Üçlü Boyaması.X40.

Akciğer ve mide kesitlerine Caspase-3 ve 8-OHdG immünreaktivitelerinin belirlenmesi için yapılan immunohistokimyasal boyama sonuçlarına göre; hipotiroidi grubunda kontrol grubuna kıyasla apoptozis göstergelerinden olan Caspase-3 pozitifliğinin belirgin bir şekilde arttığı, DNA hasar belirteci olan 8-OHdG immünreaktivitesinin de oldukça yüksek olduğu tespit edildi (Şekil 3,4).



Şekil 3: Kontrol ve Hipotiroidi grubundaki sıçanlara ait akciğer kesitlerinde Caspase-3 ve 8-OHdG immünpozitifliği. **yıldız:** alveolar makrofajlar, **ok başı:** immünpozitif hücreler. **Boya:** Avidin-biotin Metot.X100.



Şekil 4: Kontrol ve Hipotiroidi grubundaki sıçanlara ait mide kesitlerinde Caspase-3 ve 8-OHdG immünpozitifliği. **ok başı:** immünpozitif hücreler. **Boya:** Avidin-biotin Metot.X40.

TARTIŞMA

Hipotiroidizm, canlılarda tiroid hormonlarının bulunmaması ya da bu hormonların bulunmasına karşın etkisini gösterememesi sonucu ortaya çıkan metabolik yavaşlama ile karakterize patolojik bir durumdur. Tiroid disfonksiyonu oluşturmak üzere yapılan deneysel hayvan modeli çalışmalarında genellikle ratlar kullanılmaktadır. Bu amaçla ya ratların tiroid bezleri cerrahi olarak çıkarılmakta (tiroidektomi) ya da 6-propyl-2-thiouracil (PTU) veya metimazol gibi antitiroid ilaçlar verilmek suretiyle tiroid bezi yıkımlandırılarak hipotiroidi oluşturulmaktadır.[19] Biz de çalışmamızda deneysel hipotiroidi oluşturabilmek için kimyasal ajan olan PTU'yu ratların içme sularına (0.05% dozunda) katarak deneme süresince içmelerini sağladık. PTU, bilindiği gibi diğer antitiroid ilaçlar gibi tiroid peroksidazı baskılayıp tiroid hormonlarının sentezini azaltmakta ve dokularda T4 hormonunun T3'e dönüşümünü engellemektedir.[20]

Serbest radikaller; canlı vücudunda çeşitli enzimatik ve non-enzimatik reaksiyonlarla üretilen reaktif bileşiklerdir. Vücutta lipidlerin ve proteinlerin yıkımı ya da DNA moleküllerinin oksidasyonu gibi negatif etkilere yol açabilmektedirler.[21-23] Oluşan reaktif oksijen ürünleri (ROS) ve organizmada var olan antioksidan güç arasındaki dengesizlik ise oksidatif strese yol açmaktadır.[24, 25] Canlı vücudunda tiroid hormonlarının bazal metabolik hızın ve enerji tüketiminin artırılmasından sorumlu olduğu bilinmektedir. İnsan vücudunda enerji üretiminde oksijenli solunumun ana yol olduğu ve bu süreçte ROS'un meydana geldiği düşünüldüğünde, tiroid hormonlarının düzeyi ile oksidatif stres arasında bir ilişki olduğu aşikârdır.[26] Dahası ROS aracılı oksidatif stresin hipotiroidi hastalığında önemli rol oynadığı da bildirilmektedir.[7]

Apoptozis, komşu hücrelere zarar vermeden ve herhangi bir inflamasyon yanıtına neden olmadan hücrede DNA'nın parçalanması ve membran değişiklikleri ile karakterize programlanmış hücre ölümüdür. Apoptotik yolaklar genel olarak intrinsik (mitokondri aracılı) ve ekstrinsik (reseptör aracılı) olarak ifade edilmektedir. Bu yolaklar üzerine etkili olan pro-apoptotik proteinler (Bax, Bak, Bad) apoptoza gidişi hızlandırırken anti-apoptotik proteinler apoptozu yavaşlatırlar. Kaspazlar ise apoptozun hem intrinsik hem de ekstrinsik yolaklarında görev alırlar. Her iki yolağın ortak proteini olan Caspase-3, kromatinlerin yoğunlaşması, DNA'nın parçalanması ve membran proteinlerinin yıkılması gibi morfolojik değişiklerin meydana gelmesinden sorumludur.[27] Reaktif oksijen türleri ayrıca DNA'da yirmiden fazla oksidatif baz hasar ürününün oluşmasına neden olmaktadır. Hasara uğrayan bazlar arasında 8-hidroksi-2'-deoksiguanozin (8-OHdG) oldukça duyarlı olan ve en sık karşılaşılan oksidatif DNA hasarı belirtecidir.[28]

Yaptığımız literatür taramalarında hipotiroidi hastalığının akciğer ve mide dokularında meydana getirdiği oksidatif stres kaynaklı apoptozisi histopatolojik ve immünohistokimyasal olarak kanıtlama noktasında bir açık tespit ettik. Bu nedenle, biz de çalışmamızda deneysel hipotiroidi oluşturulan sıçanlarda akciğer ve mide dokularında meydana gelmesi muhtemel oksidatif stres kaynaklı hasarları hem histopatolojik hem de immünohistokimyasal açıdan göstermeyi hedefledik. Bu nedenle bütün gruplara ait kesitler histopatolojik değerlendirmelerin yapılabilmesi için Crossman'ın modifiye ettiği Mallory'nin üçlü boyaması ile histopatolojik, Caspase-3 ve 8-OHdG antikorları ile de immünohistokimyasal düzeyde boyandı.

Elde ettiğimiz sonuçlar ışığında gördük ki kontrol grubuna ait akciğer ve mide kesitlerinde normal bir histolojik görünüm varken hipotiroidi grubuna ait akciğer kesitlerinde interstisyel ödem, konjesyon, alveolar septum, alveolar boşluk ve interstisyumda mononükleer hücre infiltrasyonu ve alveolar ödem mevcuttu. Ayrıca çok sayıda alveolar makrofajın varlığı da dikkat çekiciydi. Aynı şekilde hipotiroidi grubuna ait mide kesitlerinde de epitelde yoğun dejenerasyon ve epitel bütünlüğünde bozulmalar, mide

bezlerinde dilatasyon ve aralarında hemorajik alanlar tespit edildi. Tüm bu bulgular hipotiroidinin akciğer ve mide dokularında yoğun bir hasara neden olduğunu göstermekteydi.

Ayrıca akciğer ve mide kesitlerine Caspase-3 ve 8-OHdG immünreaktivitelerinin belirlenmesi için yapılan immunohistokimyasal boyama sonucunda, hipotiroidi grubunda kontrol grubuna kıyasla apoptozis göstergelerinden olan Caspase-3 pozitifliğinin belirgin bir şekilde arttığı, DNA hasar belirteci olan 8-OHdG immünreaktivitesinin de oldukça yüksek olduğu tespit edildi. Bu hasar belirteçlerindeki artış da hipotiroidinin hem akciğer hem de mide dokusunda apoptozise neden olduğu kanıtlamaktaydı.

SONUÇ

Yaptığımız literatür taramalarında hipotiroidi hastalığının akciğer ve mide dokularında meydana getirdiği oksidatif stres kaynaklı apoptozisi histolojik ve immünohistokimyasal olarak kanıtlama noktasında bir açık tespit ettik. Dolayısıyla, mevcut çalışmamızın 6-propyl-2-thiouracil kaynaklı hipotiroidinin akciğer ve mide dokularında yoğun hasara ve apoptozise neden olduğunu göstermiş olması ve böylece literatürde var olan eksikliği gidermesi yönüyle oldukça değerli olduğu kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

1. Stathatos N, Wartofsky L. Perioperative management of patients with hypothyroidism. *Endocrinology Metabolism Clinics* 2003, 32: 503-518.
2. Gören S. Anaesthesia in endocrine diseases. *Turkiye Klinikleri Journal of Surgical Medical Sciences Anesthesiology Reanimation* 2006, 2: 74.
3. Graham GW, Unger BP, Coursin DB. Perioperative management of selected endocrine disorders. *International Anesthesiology Clinics* 2000, 38: 31-67.
4. Hollowell JG, Staehling NW, Flanders WD, Hannon WH, Gunter EW, Spencer CA, Braverman LE. Serum TSH, T4, and thyroid antibodies in the United States population (1988 to 1994): National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III). *The Journal of Clinical Endocrinology Metabolism* 2002, 87: 489-499.
5. Vanderpump M, Tunbrldge W, French J, Appleton D, Bates D, Clark F, Evans JG, Hasan D, Rodgers H, Tunbridge F. The incidence of thyroid disorders in the community: a twenty-year follow-up of the Whickham Survey. *Clinical Endocrinology* 1995, 43: 55-68.
6. Behnia M, Clay AS, Farber MO. Management of myxedematous respiratory failure: review of ventilation and weaning principles. *The American Journal Of The Medical Sciences*, 2000, 320: 368-373.
7. Kırış A. Akut Gelişen Hipotiroidide Oksidatif Stresin Araştırılması. İç Hastalıkları ABD. Kayseri: Erciyes Üniversitesi, 2014.
8. Baki AM. Deneysel Hiper ve Hipotiroidi Oluşturulan Sıçanların Kan ve Dokularında Oksidatif Stres Göstergeleri Üzerine A-Lipoik Asidin Etkisinin İncelenmesi Tıbbi Biyokimya İstanbul İstanbul Üniversitesi 2017.
9. Ünlü M. Hipotiroidi Hastalarında Endotel Disfonksiyonu ve Oksidatif Stres Tıbbi Biyokimya. Kırıkkale: Kırıkkale Üniversitesi, 2015
10. Yamamoto K, Saito K, Takai T, Yoshida S. Unusual manifestations in primary hypothyroidism. *Progress in Clinical Biological Research* 1983, 116: 169-187.
11. McQuade C, Skugor M, Brennan DM, Hoar B, Stevenson C, Hoogwerf BJ. Hypothyroidism and moderate subclinical hypothyroidism are associated with increased all-cause mortality independent of coronary heart disease risk factors: a PreCIS database study. *Thyroid*, 2011, 21: 837-843.
12. Sadek SH, Khalifa WA, Azoz AM. Pulmonary consequences of hypothyroidism. *Annals Of Thoracic Medicine*, 2017, 12: 204.
13. Canpolat AG. Subklinik Hipotiroidi Olgularında Gastrik Motilitenin ve İştah Mekanizmalarının Değerlendirilmesi İç Hastalıkları. Ankara Hacettepe Üniversitesi, 2012.
14. Lassoued S, Mseddi M, Mnif F, Abid M, Guermazi F, Masmoudi H, El Feki A, Attia H. A comparative study of the oxidative profile in Graves' disease, Hashimoto's thyroiditis, and papillary thyroid cancer. *Biological Trace Element Research*, 2010, 138: 107-115.

15. Öztürk Ü, Vural P, Özderya A, Karadağ B, Doğru-Abbasoğlu S, Uysal M. Oxidative stress parameters in serum and low density lipoproteins of Hashimoto's thyroiditis patients with subclinical and overt hypothyroidism. *International Immunopharmacology*, 2012, 14: 349-352.
16. Moulakakis KG, Poulakou MV, Dosios T, Dontas I, Sokolis DP, VLACHOS IS, Safioleas MC, Papachristodoulou A, Karayannacos PE, Perrea DN. Hypothyroidism and the aorta. Evidence of increased oxidative DNA damage to the aorta of hypothyroid rats. *In Vivo*, 2008, 22: 603-608.
17. Subudhi U, Das K, Paital B, Bhanja S, Chainy G. Alleviation of enhanced oxidative stress and oxygen consumption of L-thyroxine induced hyperthyroid rat liver mitochondria by vitamin E and curcumin. *Chemico-Biological Interactions*, 2008, 173: 105-114.
18. Taş S, Dirican M, Sarandöl E, Serdar Z, biochemistry FC, disease imbaao. The effect of taurine supplementation on oxidative stress in experimental hypothyroidism. *Cell Biochemistry*, 2006, 24: 153-158.
19. Torun AN. Primer hipotiroidizm ve subklinik hipotiroidizmde serum total antioksidan kapasite ve lipid peroksidasyon belirteci malondialdehid (MDA) düzeyleri. 2008.
20. Visser TJ, Leonard JL, Kaplan MM, Larsen PR. Kinetic evidence suggesting two mechanisms for iodothyronine 5'-deiodination in rat cerebral cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1982, 79: 5080-5084.
21. Avery SV. Molecular targets of oxidative stress. *Biochemical Journal*, 2011, 434: 201-210.
22. Bradley PP, Priebat DA, Christensen RD, Rothstein G. Measurement of cutaneous inflammation: estimation of neutrophil content with an enzyme marker. *Journal of Investigative Dermatology*, 1982, 78: 206-209.
23. Nourooz-Zadeh J. Ferrous ion oxidation in presence of xylenol orange for detection of lipid hydroperoxides in plasma. *Methods in enzymology, Elsevier*, 1999: 58-62.
24. Adly AA. Oxidative stress and disease: an updated review. *Res J Immunol*, 2010, 3: 129-145.
25. Coria MJ, Pastr A, Gimenez MS. Serum oxidative stress parameters of women with hypothyroidism. *Acta Bio Medica Atenei Parmensis*, 2009, 80: 135-139.
26. Venditti P, Balestrieri M, Di Meo S, De Leo T. Effect of thyroid state on lipid peroxidation, antioxidant defences, and susceptibility to oxidative stress in rat tissues. *Journal of Endocrinology*, 1997, 155: 151-157.
27. Taş U, Ögetürk M, Sapmaz HI, Karaca Zİ, Özyurt B, Söğüt E, Sarsilmaz M. Sıçan Prefrontal Korteksinde Tolüenin Neden Olduğu Apoptoza Karşı Melatoninin Koruyucu Etkisinin Araştırılması. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Tıp Dergisi*, 2012.
28. Atmaca E, Aksoy A. Oksidatif DNA hasarı ve kromatografik yöntemlerle tespit edilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2009, 20: 79-83.

BAYBURT'TA YAYILIŞ GÖSTEREN *ALLİUM* SP. TÜRLERİNİN MORFOLOJİK VE EKOLOJİK AÇIDAN İNCELENMESİ

BAYBURT ALLIUM SP. INVESTIGATION OF MORPHOLOGICAL AND ECOLOGICAL PROPERTIES OF SPECIES

Öğr. Gör. Dr. Abdurrahman SEFALI
Bayburt Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü
Dr. Öğr. Üyesi Betül GIDIK
Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Organik Tarım İşletmeciliği Bölümü
Doç. Dr. Zehra CAN
Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü

ÖZET

Bayburt ili coğrafik açıdan değerlendirildiğinde; dağlar, genel itibariyle ilin kuzeyinde (Doğu Karadeniz kıyı dağları) ve güneyinde (iç sıralarının devamı olan dağlar) iki sıra halinde uzanarak bir havza görünümü kazanmasını sağlamıştır. Bayburt havzası içerisinde yeryüzü şekillerini; dağlar, ovalar ve vadiler oluşturmaktadır. Bu coğrafik yapılar ve bölgenin ekolojik özellikleri, geofitler ve özellikle *Allium* türleri için bir nevi çeşitlilik merkezi olmasını sağlamaktadır.

Monokotillerin en kalabalık cinslerinden biri olan *Allium* cinsi 900'ye yakın türle temsil edilmektedir. Dünya genelinde bu cinsin takson sayısının fazla olmasından dolayı birçok çalışmaya konu olduğu bilinmektedir. Bayburt ilinde *Allium* cinsine ait 13 takson tespit edilmiştir. Bunlardan *Allium balansae* Boiss., *Allium tauricola* Boiss., *Allium armenum* Boiss. & Kotschy ve *Allium kandemirii* Genç & Özhatay olmak üzere 4 türün endemik olduğu görülmüştür. Bu türlerin habitatlarına ve morfolojik özelliklerine ilişkin ek çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışma ile *Allium* türlerinin Bayburt coğrafyasındaki dağılımı belirlenmiştir. Bu çalışmayla, *Allium* türleri için ileride Bayburt ili ve çevresinde yapılacak diğer araştırmalara kaynak oluşturmak ve bu alanda yapılacak diğer çalışmalar için bir ön araştırma yapmak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Allium*, Bayburt, Süs bitkisi, Geofit

ABSTRACT

Bayburt is evaluated in terms of geography; mountains, in general in the north of the province (Eastern Black Sea coastal mountains) and south (the mountains in the continuation of the inner rows) in two rows to provide a basin appearance.Bayburt basin consists of mountains, plains and valleys.These geographic structures and ecological characteristics of the region make it a kind of diversity center for geophytes and especially *Allium* species.

Allium genus, one of the most populous species of monocotyls, is represented by about 900 species.It is known that this species is subject to many studies due to the high number of taxa in the world. 13 taxa belonging to *Allium* genus were determined in Bayburt province. *Allium balansae* Boiss., *Allium tauricola* Boiss., *Allium armenum* Boiss. & Kotschy and *Allium kandemirii* Young & Özhatay. Additional studies have been conducted on the habitats and morphological characteristics of these species.

In this study, distribution of *Allium* species in Bayburt geography was determined. In this study, it is aimed to provide a source for the future researches in Bayburt province and surrounding area for *Allium* species and to make a preliminary research for other studies in this area.

Keywords:*Allium*, Bayburt, Ornamental plant, Geofit

1. GİRİŞ

Kuzey yarım küre boyunca dağılmış olan (Ekşi ve Yıldırım, 2019) *Allium* cinsi, 900'e yakın tür sayısıyla dünyanın en büyük monokotil gruplarından biridir (Govaerts vd., 2019). Cinsin çeşitlenme merkezinin Güneybatı ve Orta Asya ve Akdeniz olduğu ve buna ek olarak Kuzey Amerika'da ise küçük bir merkez olduğu düşünülmektedir (Friesen vd., 2006, Nguyen vd., 2008). Türkiye'nin sahip olduğu *Allium* türü sayısı yaklaşık olarak 200 olup bu türlerin üçte biri kadarı endemiktir (Fırat vd., 2018; Ekşi ve Yıldırım, 2019). Amaryllidaceae familyasına ait olan *Allium* cinsinin bulbları; membranımsı, fibrilli veya retikulat tunikler içerisine yerleşmiş olup tepaller serbest veya tabanda birleşmiş ve sıklıkla subginobazik stillusa sahip çiçekler bulunmaktadır (Friesen vd., 2006). Bu cinse ait türlerin polimorfizm göstermelerinden dolayı teşhisinde birçok zorluk mevcut olup (Fırat vd., 2018) karmaşık tür ayrımlarına sahiptirler.

Bu çalışma ile Bayburt İli sınırları içerisinde yayılış gösteren *Allium* türleri listesinin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda alan içerisinde çeşitlenen türlerin birbirleriyle olan farklılıklarına değinilmiştir.

2. MATERYAL-METOT

Araştırmaya konu olan *Allium* türleri, Bayburt ili sınırları içerisinde gerçekleştirilmiş saha çalışmaları sonucu tespit edilmiştir. Bitkilerin teşhisinde temel kaynak olarak "Flora of Turkey and the East Aegean Island's" (Davis, 1965-1982; Davis ve ark., 1988; Güner ve ark., 2000) adlı eserden yararlanılmıştır. Bunlara ek olarak tespit edilen türlerin habitatlarına ilişkin ek notlar rapor edilmiştir. Endemik bitkilerin listesi oluşturulurken tehlike kategorilerinin belirlenmesinde "Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı" (Ekim vd., 2000) ve "International Union for Conservation of Nature" (IUCN, 2016) kriterlerinden yararlanılmıştır.

2.1. ÇALIŞMA ALANININ ÖZELLİKLERİ

Bayburt Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölümünde yer alan, Erzurum, Erzincan, Gümüşhane, Trabzon ve Rize illerine sınırı olan bir ildir. İlin kuzeye bakan kısımlarının Soğanlı Dağları silsilesiyle örülmüş olması ve Güney Doğu kısımlarının ise Kop sıra dağlarıyla izole edilmiş olduğu görülmektedir. Bu durum Bayburt'a yüksek bir ova görünümü kazandırmıştır. Birbirinden farklı dağlarla çevrelenen ilin dolayısıyla coğrafik yapısı çeşitlilik göstermektedir. Coğrafyadan kaynaklanan bu çeşitlilik bitki türlerinin zenginleşmesine de olanak sağlamıştır. Ayrıca alan içerisinde geofitlerin çeşitlilik gösterdiğini belirten bir çalışma mevcuttur (Sefalı & Gıdık, 2019).

3. BULGULAR

Bayburt doğasında yapılan saha çalışmaları sonucunda *Allium vineale* L., *A. dictyoprasum* C.A.Mey. ex Kunth , *A. cardiostemon* Fisch. & C.A.Mey., *A. szovitsii* Regel, *A. balansae* Boiss., *A. kunthianum* Vved., *A. tauricola* Boiss., *A. pseudoflavum* Vved., *A. armenum* Boiss. & Kotschy, *A. sosnowskyanum* Miscz., Grossh., *A. akaka* S.G.Gmel. ex Schult. & Schult.f., *A. kandemirii* Genç & Özhatay ve *A. hirtovaginatum* Kunth olmak üzere toplam 13 *Allium* türü tespit edilmiştir. Tespit edilen bu 13 türden *A. balansae* Boiss., *A. tauricola* Boiss., *A. armenum* Boiss. & Kotschy ve *A. kandemirii* Genç & Özhatay türlerinin endemik olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1: Bayburt ili sınırları içerisinde kalan menekşe türleri

Bilimsel Adı	**Endemik**	**Türkçe Adı**	**Mevkii**	**Habitat**	**GPS**	**Rakım**
Allium dictyoprasum C.A.Mey. ex Kunth	-	Topsoğan	Söğütlü Göleti	Taşlık step	40'14" 08^0 N 40' 03"08^0 E	1689m
Allium cardiostemon Fisch. & C.A.Mey.	-	Yamaçkörmeni	Alapelit Köyü	Kaynak suyu	40'19" 00^0 N 40' 30"15^0 E	1653m
Allium szovitsii Regel	-	Yayla Körmeni	Kop Dağı, Vadi içi	Kurumuş dere yatağı	40'02" 38^0 N 40' 26"58^0 E	2154m
Allium balansae Boiss.	End.	Çakıl Soğanı	Soğanlı Geçidi	Çakıllı alanlar	40'30" 07^0 N 40' 30"05^0 E	2779m
Allium kunthianum Vved.	-	Kuş Körmeni	Üzengi Köyü yakınları	Alpin, kayalık	40'30" 48^0 N 40' 18"19^0 E	2705m
Allium tauricola Boiss.	End.	Toros Soğanı	Bayburt Kalesi	Kaya çatlakları	40'15" 48^0 N 40' 13"46^0 E	1635m
Allium pseudoflavum Vved.	-	Küllü Soğan	Söğütlü Göleti Yakınları	Kalkerli taşlar	40'14" 14^0 N 40' 04"06^0 E	1680m
Allium armenum Boiss. & Kotschy	End.	Pembe Sırım	Kop Dağı Geçidi	Kalkerli taşlar	40'02" 37^0 N 40' 28"59^0 E	2379m
Allium sosnowskyanum Miscz., Grossh.	-	Köpek Sarımsağı	Taht Köyü yakınları	Kumul alanlar	40'14" 20^0 N 40' 20"30^0 E	2071m
Allium akaka S.G.Gmel. ex Schult. & Schult.f.	-	Yer Soğanı	Kop Dağı Geçidi	Parlak taşlı yamaçlar	40'01" 49^0 N 40' 31"18^0 E	2084m
Allium kandemirii Genç &Özhatay	End.	-	Danişment Köyü	Step, Çakıllı yamaçlar	40'14" 43^0 N 40' 09"53^0 E	1651m
Allium hirtovaginatum Kunth	-	Kıllı Soğan	Aşağı Kop'a 10 km kala	Çakıllı yamaçlar	40'05" 16^0 N 40' 25"32^0 E	1843m
Allium vineale L.	-	Sirmo	Yakupabdal Köyü	Çayırlık	40'05" 03^0 N 40' 42"34^0 E	1755m

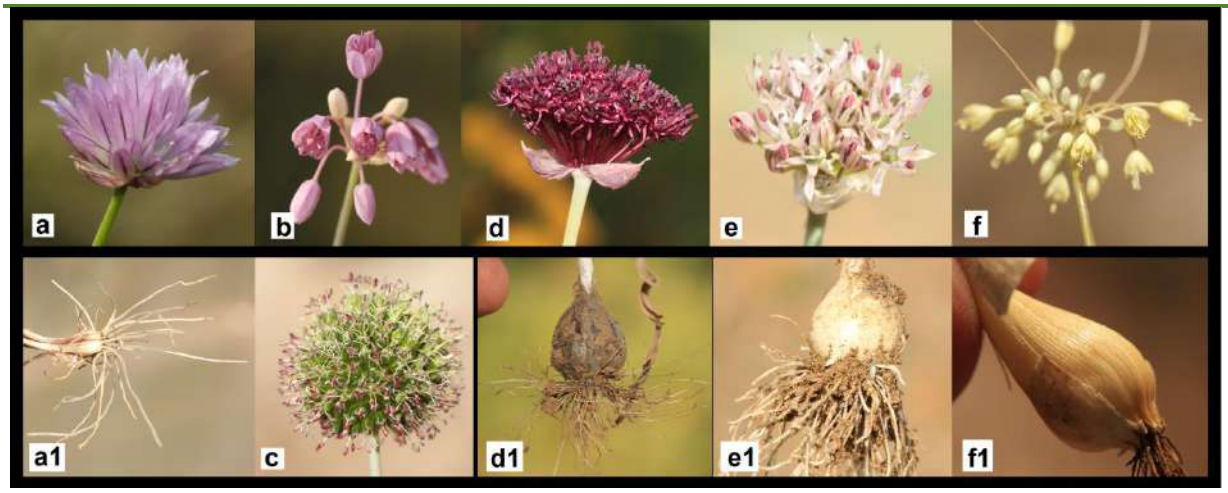
Allium türlerinin habitat tercihlerine bakıldığı zaman sadece *A. vineale* türünün çayırlık habitatta yetiştiği görülmüştür. Diğer *Allium* türlerinin ise kurumuş taşlık ve kumul habitatlarda yetiştikleri tespit edilmiştir. Alan içerisinde yayılış gösteren Allium türlerinden ise en yüksek rakımlarda görülebilen türün ise *A. balansae* olduğu saptanmıştır.

Yine Bayburt ili sınırları içerisinde tespit edilen *A. vineale*, *A. dictyoprasum*, *A. cardiostemon*, *A. szovitsii*, *A. kunthianum*, *A. sosnowskyanum*, *A. akaka*, *A. kandemirii* ve *A. hirtovaginatum* türlerinin nispeten yoğun çiçekli oldukları ve *A. balansae*, *A. tauricola*, *A. pseudoflavum* ve *A. armenum* türlerinin de seyrek çiçek yapısına sahip oldukları saptanmıştır (Şekil 1 ve Şekil 2).

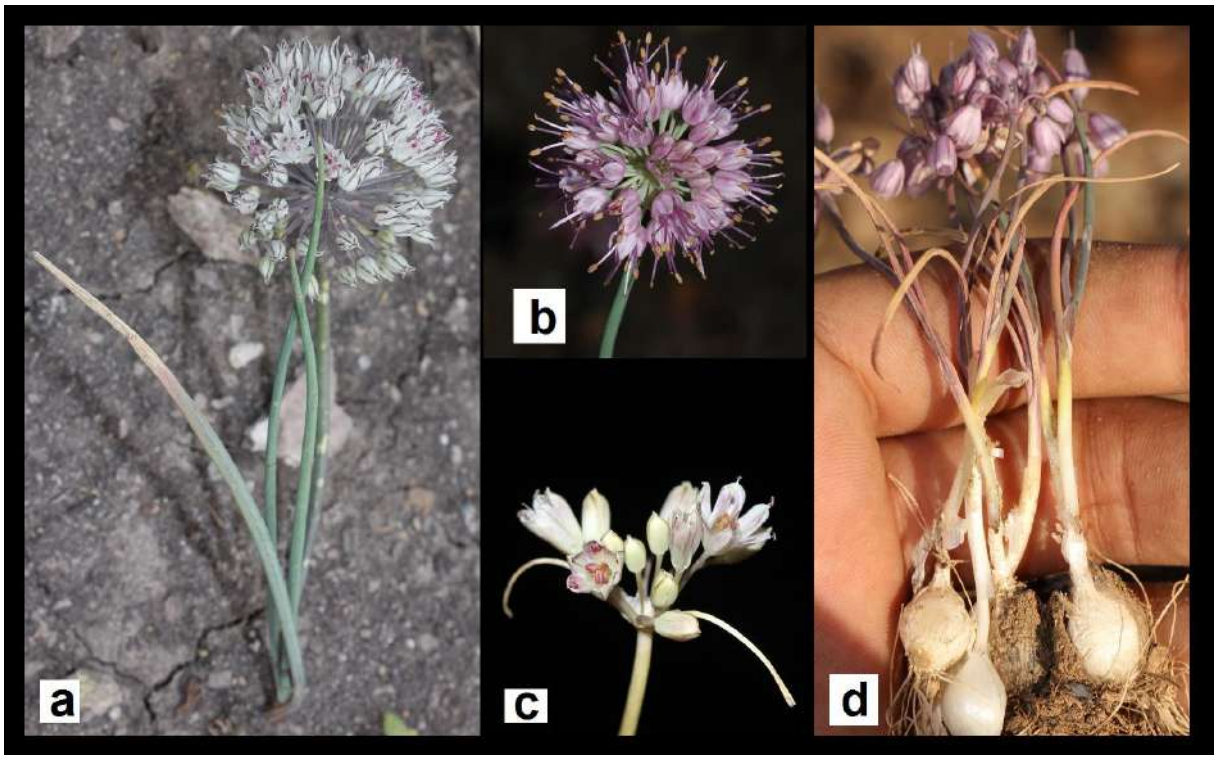
Alan içerisinde tespit edilen endemik Allium türlerine ilişkin tehlike kategorileri belirlenmiş olup tehlike altında veya kritik düzeyde tehlikeli türlere rastlanmamıştır. Alanda bulunan türlerin tehlike kategorileri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2: Bayburt ilinde bulunan endemik Allium türlerinin tehlike kategorileri

Taksonlar	**Tehlike Kategorileri**
Allium armenum Boiss. & Kotschy	LC
Allium balansae Boiss.	NT
Allium kandemirii Genç &Özhatay	DD
Allium tauricola Boiss.	LC



Şekil 1: *Allium* türleri: a-a1. *A. kunthianum,* b. *A. armenum,* c. *A. dictyoprasum,* d-d1. *A. cardiostemon,* e-e1. *A. kandemirii* ve f-f1. *A. pseudoflavum.*



Şekil 2: *Allium* türleri: a. *A. sosnowskyanum,* b. *A. szovitsii,* c. *A. tauricola* ve d. *A. balansae.*

3. SONUÇ

Yapılan bu çalışma ile Bayburt ilinde *Allium* türlerine ait 13 takson belirlenmiştir. Bu taksonlardan *A. balansae, A. tauricola, A. armenum* ve *A. kandemirii* türlerinin endemik olduğu ve bu türlerin tehlike kategorilerinin kritik düzeyde olmadığı görülmüştür. Alan içerisinde yalnızca *Allium* cinsine ait 13 taksonun bulunması, alanın geofit bitkiler açısından ne denli zengin olduğunu gösterebilir. Daha fazla yapılacak saha çalışmalarıyla alandaki *Allium* türü sayısının artması oldukça muhtemeldir.

Kaynakça

Davis, P. H. (1965). Flora of Turkey. Flora of Turkey. Edinburgh Univ. Press, Edinburgh, England.

Davis, P.H., Mill, R.R., Tan, K. 1988. Flora of Turkey and The East Aegean Islands. X Edinburgh Univ. Press, Edinburgh, England.

Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z., Adıgüzel, N. (2000). Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı. Van 100. Yıl Üniversitesi, Van.

Ekşi, G., & Yildirim, H. (2019). Allium yamadagensis (Amaryllidaceae) a new species from Turkey. Phytotaxa, 400(1), 31-36.

Firat, M., Koyuncu, M., & Ekşi, G. (2018). Allium pervariensis, sect. Allium (Amaryllidaceae), a new species from Siirt Turkey. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 152(3), 305-310.

Friesen, N., Fritsch, R. M., & Blattner, F. R. (2006). Phylogeny and new intrageneric classification of Allium (Alliaceae) based on nuclear ribosomal DNA ITS sequences. Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany, 22(1), 372-395.

Govaerts, R., Kington, S., Friesen, N., Fritsch, R., Snijman, D.A., Marcucci, R., Silverstone-Sopkin, P.A. & Brullo, S. (2005–2016) World checklist of Amaryllidaceae. Available from: http://apps.kew.org/wcsp

Güner, A., Özhatay, N., T., Başer, K.H.C. (2000). Flora of Turkey and The East Aegean Islands. XI. Edinburgh Univ. Press. Edinburgh, England.

IUCN. (2016). The IUCN Red List of Threatened Species, Version 2016-3.

Nguyen, N. H., Driscoll, H. E., & Specht, C. D. (2008). A molecular phylogeny of the wild onions (Allium; Alliaceae) with a focus on the western North American center of diversity. Molecular Phylogenetics and Evolution, 47(3), 1157-1172.

Sefalı, A., & Gıdık, B. (2019). The Distribution of the World's Most Grown Geophytes in Bayburt Region. 3rd International Conference on Advanced Engineering Technologies, 19-21 September 2019, Bayburt.

BAYBURT'TA YAYILIŞ GÖSTEREN MENEKŞE (*VIOLA SP.*) TÜRLERİNİN PEYZAJA UYGUNLUK AÇISINDAN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF VIOLA SP. SPECIES IN BAYBURT PROVINCE IN LANDSCAPE

Öğr. Gör. Dr. Abdurrahman SEFALI
Bayburt Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü

ÖZET

Peyzaj alanlarında kullanılan bitkilerin estetik açıdan önemli olduğu düşünülmektedir. Bitkilerin peyzaj alanlarında kullanılabilir olması için bitkinin kolay yetiştirilebilir olması, kısa sürede çiçeklenmesi ve çiçeklenme döneminin uzun olması beklenmektedir. Menekşe çeşitleri özellikle gösterişli, iri yapılı ve çarpıcı renklere sahip çiçeklerinden (petallerinin farklı renklerde olması ve çiçeklerin bir yüzü andırması) dolayı tercih edilmektedir. Ayrıca menekşenin farklı kültür formları bulunması da bu bitkinin peyzaj alanlarında yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır.

Bayburt ili zorlu kış şartlarının birçok bölgeye göre nispeten ağır olduğu dağlık bir bölgede yer almaktadır. Bu soğuk iklim şartlarına uyum sağlamış ve doğal olarak bu bölgede yetişen bitkilerin kültüre alınması çalışmaları başarılı olduğunda, benzer soğuk iklime sahip diğer iller için dayanıklı, estetik ve peyzaj alanında kullanıma uygun bitkilerin çeşitlenmesi anlamına gelmektedir.

Bayburt ilinde yayılış gösteren menekşelerden*Viola odorata* L., *Viola alba* Besser subsp. *dehnhardtii* (Ten.) W.Becker, *Viola altaica* Ker.-Gawl. subsp. *oreades* (M.Bieb.) W.Becker, *Viola occulta* Lehm., *Viola parvula* Tineo ve *Viola tricolor* L. olmak üzere 6 takson bulunmaktadır. Bunlar arasında *Viola tricolor* L. kültürü yapılmış olan Hercai menekşenin yabani formu olarak bilinmektedir ve çiçekleri diğer türlere nispeten daha çok küçük olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; Bayburt ili zorlu iklim koşullarında doğal olarak yayılış gösteren menekşe türlerini tespit etmek ve bu türlerin peyzaj alanlarında kullanılabilirliğini belirlemektir. Bir ön çalışma niteliğinde olan bu çalışmanın gelecekte bu konuda yapılacak çalışmalara kaynak olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler:*Viola*, Bayburt, Ornamental plant

ABSTRACT

It is thought that the plants used in landscaping areas are aesthetically important. In order for plants to be used in landscaping areas, it is expected that the plant will be easy to grow, flowering in a short time and flowering period will be long. Violet varieties are especially preferred because of their showy, large structure and striking colors (petals of different colors and flowers resemble a face). In addition, the presence of different forms of violet culture makes it widely used in landscape areas.

The province of Bayburt is located in a mountainous region where the harsh winter conditions are relatively severe compared to many regions. When the efforts to cultivate plants that have adapted to these cold climatic conditions and naturally grow in this region are successful, for other provinces with similar cold climates, it means a variety of plants that are durable, aesthetic and suitable for use in landscaping.

Viola odorata L., *Viola alba* Besser subsp. *dehnhardtii* (Ten.) W. Becker, *Viola altaica* Ker.-Gawl. subsp. *oreades* (M.Bieb.) W.Becker, *Viola occulta* Lehm., *Viola parvula* Tineo and *Viola tricolor* L..

Among them, it is known as the wild form of *Violet tricolor* L. cultivar, and its flowers have been found to be relatively smaller than other species.

The aim of this study; is to determine the violet species that are naturally distributed in the climatic conditions of the province of Bayburt and to determine the usability of these species in landscape areas. It is thought that this study, which is a preliminary study, can be a source for future studies on this subject.

Keywords:*Viola*, Bayburt, Ornamental plant

1. GİRİŞ

Menekşeler (*Viola sp.*) bahçelerin ve saksılarımızın vazgeçilmez estetik bitkisidir. Çarpıcı çiçek renkleriyle görsel açıdan dikkat çeken bitkilerdir. *Viola* cinsi dünyada 600'e yakın türle temsil edilmekte olup dünyanın ılıman bölgelerinde (kuzey yarım küre) yayılmıştır (Heywood, 1993; Ballard 1997; Chen vd., 2007; Marcussen vd., 2015). Aynı zamanda *Viola* cinsi Violaceae familyasının en büyük cinsidir (Wahlert vd., 2014). Türkiye, üzerinde yetişen bitki çeşitliliği bakımından ve birçok kültür bitkisinin yabani atalarına ev sahipliği yapması bakımından istisna sayılabilecek ülkelerden biridir. Tıpkı diğer süs bitkileri gibi menekşe cinsinin de Türkiye'deki tür sayısı azımsanmayacak kadardır. Ülkemizde 34 *Viola* türü olduğu görülmektedir (Knoche & Marcussen, 2016). Araştırmaya konu olan Bayburt ilinde ise menekşelerden*Viola odorata* L., *Viola alba* Besser subsp. *dehnhardtii* (Ten.) W.Becker, *Viola altaica* Ker.-Gawl. subsp. *oreades* (M.Bieb.) W.Becker, *Viola occulta* Lehm., *Viola parvula* Tineo ve *Viola tricolor* L. olmak üzere 6 menekşe taksonu bulunmaktadır.

Viola cinsini diğer bitkilerden ayıran tipik özellikleri mevcuttur. Bunların başında çiçeğin spurlu, zigomorfik, tek olmasının yanı sıra kapsül yapısında olan bir meyve bulunmaktadır (Lee ve Yoo, 2007). Ayrıca *Viola* türlerinin ayrımında stolonun varlığı, stipullerin şekli, stipullerin ipsi loblara ayrılması, braktelerin durumu, spurun konumu ve şekli, çiçeklerin şekli ve rengi de oldukça önemlidir (Marcussen & Nordal, 1998).

Genellikle görsel olarak *Viola* türlerinin tercih edildiği düşünülse de tıbbi kullanımlarının yaygın olması da bu bitkilerin kültüre alınmasına sağlamış olabilir. Dolayısıyla bu bitkiler zengin kimyasal içeriklere sahiptirler. Bahçe menekşesi türlerinin *V. tricolor* ile yapılan melezlerinin iyi bir antioksidant içeriğe sahip olduğu bilinmektedir (Vukics vd., 2008). Bazı menekşe türlerinin ise fazla sayıda tıbbi kullanımı mevcuttur. Örneğin fitoterapide uzun bir geçmişe sahip olan (Vukics vd., 2008) *V. tricolor* (hercai menekşe), hasar görmüş ciltlerde, üst solunum yolu hastalıklarında ve idrar söktürücü olarak kullanılmaktadır (Hansel vd., 1993).

Menekşe yetiştirmede kullanılan substratın önemi büyük olup (Startek, 2003) en iyi sonuç veren substratın ise hindistan cevizi torfu olduğu belirlenmiştir (Startek, 2006). Torf seçiminin bitkinin çiçeklenmesi ve çiçek büyüklüğü üzerine de etkisi mevcuttur (Zawadzińska & Janicka, 2007).

Bu çalışma ile Bayburt İli sınırları içerisinde yayılış gösteren *Viola* türlerini tespit ederek Bayburt ili gibi soğuk ve rakımı yüksek illerdeki peyzaj amaçlı olarak kullanılabilecek *Viola* türlerine temel oluşturmak amaçlanmıştır.

2. MATERYAL-METOT

Araştırmaya konu olan *Viola* türleri, Bayburt ili sınırları içerisinde gerçekleştirilmiş saha çalışmaları sonucu tespit edilmiştir. Bitkilerin teşhisinde temel kaynak olarak "Flora of Turkey and the East Aegean Island's" (Davis, 1965-1982; Davis ve ark., 1988; Güner ve ark., 2000) adlı eserden yararlanılmıştır.

2.1. ÇALIŞMA ALANININ ÖZELLİKLERİ

Bayburt Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölümünde yer alan, Erzurum, Erzincan, Gümüşhane, Trabzon ve Rize illerine sınırı olan bir ildir. İlin kuzeye bakan kısımlarının Soğanlı Dağları silsilesiyle örülmüş olması ve Güney Doğu kısımlarının ise Kop sıra dağlarıyla izole edilmiş olduğu görülmektedir. Bu durum Bayburt'a yüksek bir ova görünümü kazandırmıştır. Birbirinden farklı dağlarla çevrelenen ilin dolayısıyla coğrafik yapısı çeşitlilik göstermektedir. Coğrafyadan kaynaklanan bu çeşitlilik bitki türlerinin zenginleşmesine de olanak sağlamıştır.

3. BULGULAR

Bayburt doğasında yapılan saha çalışmaları sonucunda menekşelerden*Viola odorata* L., *Viola alba* Besser subsp. *dehnhardtii* (Ten.) W.Becker, *Viola altaica* Ker.-Gawl. subsp. *oreades* (M.Bieb.) W.Becker, *Viola occulta* Lehm., *Viola parvula* Tineo ve *Viola tricolor* L. olmak üzere 6 menekşe taksonu tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1: Bayburt ili sınırları içerisinde kalan menekşe türleri

Bilimsel Adı	**Türkçe Adı**	**Mevkii**	**Habitat**	**GPS**	**Rakım**
Viola odorata L	Kokulu menekşe	Mesire Alanı	Ağaç Altı	40'14" 24^0 N 40' 14"37^0 E	1560m
Viola alba Besser subsp. *dehnhardtii* (Ten.) W.Becker	Meşe menekşesi	Aslandağı	Step	40'14" 11^0 N 40' 14"19^0 E	1588m
Viola altaica Ker.-Gawl. subsp. *oreades* (M.Bieb.) W.Becker	Altay menekşesi	Soğanlı Geçidi	Step	40'31" 37^0 N 40' 13"53^0 E	2319m
Viola occulta Lehm.	Saklı menekşe	Bayburt Kalesi	Kaya çatlakları	40'15" 48^0 N 40' 13"46^0 E	1635m
Viola parvula Tineo	Tüylü menekşe	Sorgun Yaylası	Islak çayırlar	40'28" 22^0 N 40' 02"14^0 E	1953m
Viola tricolor L.	Hercai menekşe	Mesire Alanı	Ağaç Altı	40'14" 24^0 N 40' 14"37^0 E	1560m

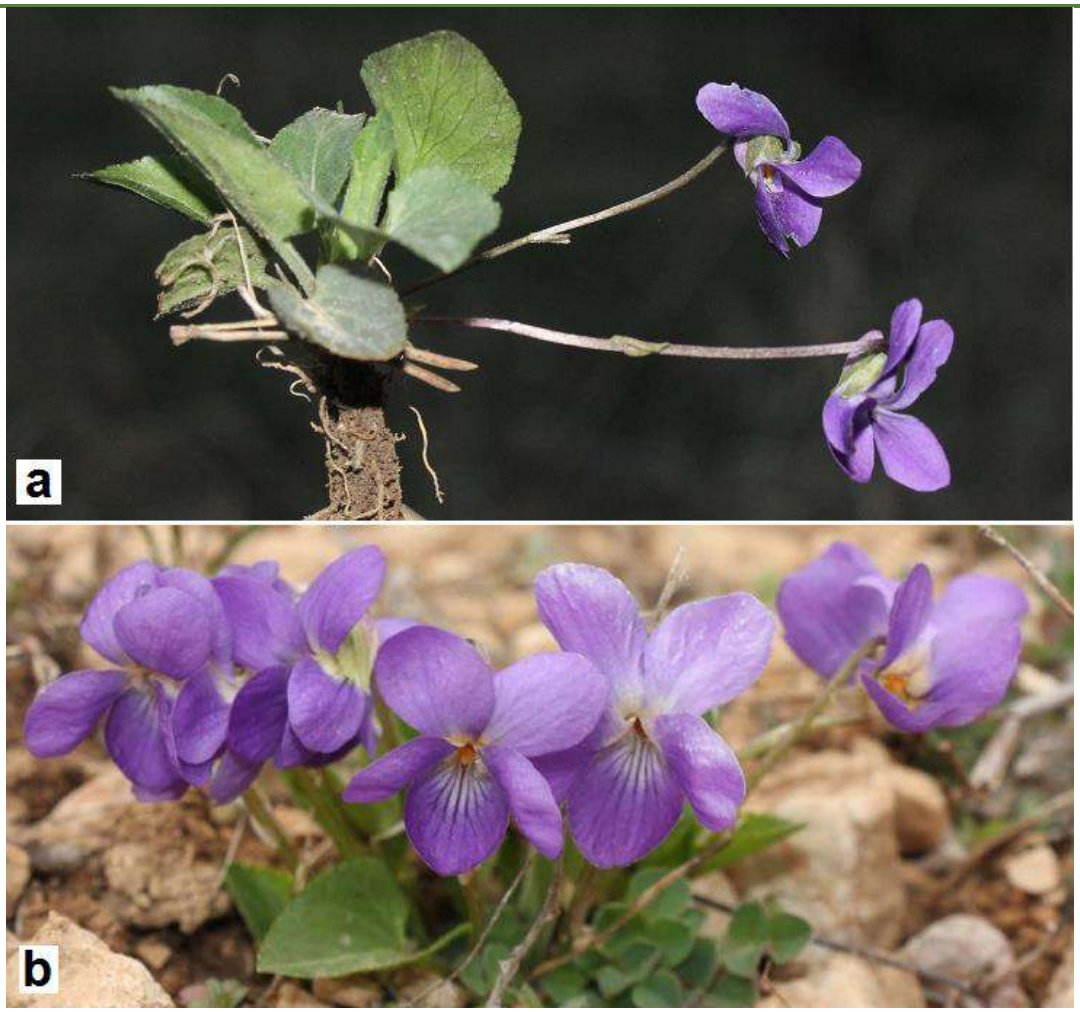
Bayburt ilinde tespit edilen menekşe türleri arasında, ilin kuzeyinde bulunan ve en yüksek rakımlarda yaşamını devam ettiren türün *V. altaica* subsp. *oreades* olduğu görülmektedir. Bu tür yılın büyük bir bölümü kar altında kalan yüksek dağ steplerinde yetişmektedir. Bunun yanı sıra peyzaja uygunluk açısından en büyük çiçekler bu türde bulunmaktadır (Şekil 1).

Şekil 1: *V. altaica* subsp. *oreades*'in farklı renkteki çiçekleri, a. sarı renklenme ve b. mor renklenme

Alan içerisinde tespit edilen türlerden *V. parvula, V. occulta* ve *V. tricolor* türlerinin nispeten küçük petallere sahip oldukları görülmüştür. Çiçeklerin küçükten büyüğe doğru sıralanışı Şekil 2'de verilmiştir. *V. parvula* türü hariç, *V. occulta* ve *V. tricolor* türlerinin habitat seçiminde seçici olmadıkları ve alan içerisinde geniş yayılış gösterdikleri tespit edilmiştir.

Şekil 2: Bayburt ilinde tespit edilen *Viola* türlerine ait çiçek büyüklükleri: a. *V. parvula*, b. *V. occulta* ve c. *V. tricolor*

V. odorata ve *V. alba* subsp. *dehnhardtii* türlerinin ise nispeten büyük petallere sahip oldukları gözlemlenmiştir (Şekil 3). Bu türlerden *V. odorata*'nın peyzaja yakın alanlarda yetiştiği gözlemlenmiştir. *V. alba* subsp. *dehnhardtii*'nin ise daha çok çalılık eğimli yamaçları tercih edildiği tespit edilmiştir.



Şekil 3: Alanda tespit edilen büyük çiçekli menekşe türleri: a. *V. odorata* ve b. *V. alba* subsp. *dehnhardtii*

3. SONUÇ

Viola türlerinin melez bireyler meydana getirdiği ve genellikle bu melez bireylerin üreme yeteneği indirgenmiştir (Marcussen & Nordal, 1998). Peyzajda yaygın olarak kullanılan, 150 yıldan beri çaprazlama çalışmaları yapılan (Zawadzińska & Janicka, 2007) bahçe menekşesi (*V. x wittrockiana* Gams, dört mevsim menekşesi olarak da bilinir), komleks bir şekilde *V. tricolor*, *V. altaica*, ve *V. lutea* türlerinin melezlemesi sonucu oluşturulmuştur (Vukics vd., 2008). Bu bitki ABD'de oldukça kullanımı olan bir süs bitkisidir (Startek, 2003). Bayburt ilinde ise *V. x wittrockiana*'nın atasal genlerine sahip olan *V. tricolor* ve *V. altaica* türleri bulunmaktadır. *V. altaica*, çiçeklerin büyüklüğünü arttırmak ve *V. tricolor*'un ise çiçeklerdeki renk çeşitliliğini sağlamak amacıyla kullanıldığı öngörülebilir.

İklimi sert geçen illerimiz için peyzajda kullanılan bitkileri belirlemek zorlu olmaktadır. Dolayısıyla yöreye ve bölgeye özgü türleri ıslah edebilmek isabetli olacaktır (Sefalı & Gıdık, 2019). *V. tricolor* ve *V. altaica* türlerinin Bayburt iklim koşullarında yetişiyor olması yerel kültür menekşesi çeşitliliği için önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

Ballard, H. E. J. (1997). Phylogenetic relationships and infrageneric groups in Viola (Violaceae) based on morphology, chromosome numbers, natural hybridization and internal transcribed spacer (ITS) sequences.

Chen, Y., Q. Yang, H. Ohba, and V. Nikitin. (2007). Violaceae. In Flora of China. Vol. 13. Wu, Z.-Y. and P. H. Raven (eds.), Science Press, Beijing and Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, USA. Pp. 74-111.

Davis, P. H. (1965). Flora of Turkey. Flora of Turkey. Edinburgh Univ. Press, Edinburgh, England.

Davis, P.H., Mill, R.R., Tan, K. 1988. Flora of Turkey and The East Aegean Islands. X Edinburgh Univ. Press, Edinburgh, England.

Güner, A., Özhatay, N., T., Başer, K.H.C. 2000. Flora of Turkey and The East Aegean Islands. XI. Edinburgh Univ. Press. Edinburgh, England.

Hansel, R., Keller, K., Rimpler, H., & Schneider, G. (1993). Hagers Handbuch der Pharmazeutischen Praxis 5. Auflage, Drogen EO.

Heywood VH. (1993). Flowering plants of the world. London: University Press.

Knoche, G. E. R. D., & Marcussen, T. (2016). Viola barhalensis (Violaceae), a new species from northeastern Turkey. Phytotaxa, 275(1), 14-22.

Lee, J., Choi, C., Han, K., So, S., Hwang, Y., & Kim, M. (2012). A new species of Viola (Violaceae): V. ulleungdoensis M. Kim & J. Lee. Korean Journal of Plant Taxonomy, 42(3), 202-206.

Marcussen, T., & Nordal, I. (1998). Viola suavis, a new species in the Nordic flora, with analyses of the relation to other species in the subsection Viola (Violaceae). Nordic Journal of Botany, 18(2), 221-237.

Marcussen, T., Heier, L., Brysting, A.K., Oxelman, B. & Jakobsen, K.S. (2015) From gene trees to a dated allopolyploid network: insights from the angiosperm genus Viola (Violaceae). Systematic Biology 64: 84–101. http://dx.doi.org/10.1093/sysbio/syu071

Sefalı, A., & Gıdık, B. (2019). The Distribution of the World's Most Grown Geophytesin Bayburt Region. 3rd International Conference on Advanced Engineering Technologies, 19-21 September 2019, Bayburt.

Startek L. (2003). Cultivation facilities and decorative value of garden pansy. Rośliny Ozdobne, 2: 16-18.

Startek L., Janicka D., Dobrowolska A., Placek M., (2006). The effects of medium on emergence Dynamics and the length of vegetative stage of pansy belonging to Carrera and Butterfl y groups. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 510: 601-608.

Wahlert, G.A., Marcussen, T., de Paula-Souza, J., Feng, M. & Ballard, H.E. (2014) A phylogeny of the Violaceae (Malpighiales) inferred from plastid DNA sequences: implications for generic diversity and intrafamilial taxonomy. Systematic Botany 39: 239–252. http://dx.doi.org/10.1600/036364414X678008

Vukics, V., Kery, A., & Guttman, A. (2008). Analysis of polar antioxidants in heartsease (Viola tricolor L.) and garden pansy (Viola x wittrockiana Gams.). Journal of chromatographic science, 46(9), 823-827.

Zawadzińska, A., & Janicka, D. (2007). Effects of compost media on growth and flowering of parviflorous garden pansy (Viola x wittrockiana Gams.). Part II. Plant flowering and decorative value. Acta Agrobotanica, 60(2), 167-171.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER IN CYLINDRICAL AND RECTANGULAR FINS IN A VERTICAL RECTANGULAR DUCT

R.A. Mehmet YOLADI

Erzurum Technical University, Faculty of Engineering and Architecture, Mechanical Engineering Department

Dr. Eda Feyza AKYÜREK

Erzurum Technical University, Faculty of Engineering and Architecture, Mechanical Engineering Department

Dr. Kadir GELIŞ

Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Engineering, Mechanical Engineering Department

Dr. Faraz AFSHARI

Erzurum Technical University, Faculty of Engineering and Architecture, Mechanical Engineering Department

ABSTRACT

Heat transfer rate can be increased by both active and or passive techniques. Heat exchangers can be used in any process that includes heating, boiling, evaporation, cooling or condensation. In general, before the beginning of the process or under go to the phase change, process fluids are heated or cooled. According to the type of application, different heat exchangers are nominated. Different structures of the turbulators and fins have been presented available in the literature, which generally increase the heat transfer surface area to improve heat transfer rate as a passive method. This experimental study presents obtained results from cylindrical and rectangular fins to compare heat transfer characteristics and forced convection with finless rectangular duct. Experiments have been carried out for finless, cylindrical and rectangular fins in different air flow rate including 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 m/s and different heat power including 60, 120, 180 W.

Furthermore, test results have been considered to evaluate temperature distribution at surface of fins as well as inlet and outlet temperatures for each type of exchangers.

From the results it has been concluded that, heat transfer rate can be improved by using cylindrical and rectangular fins about 55 % and 52% respectively when comparing to that of finless channel. Even if this ratio changes, heat transfer was always more in the cylindrical fin, although the surface area was low.

Keywords: Heat transfer; Exchanger; Forced Convection; Fins

1. Introduction

As the world energy crisis and environmental pollution become more serious, energy efficiency issue has become an important part of research in the field of energy conservation. Looking at energy utilization rates worldwide, it is estimated that more than 75% benefit from heat transfer. Thus heat transfer and thermodynamic studies offer great potential to slow down global warming, and reduce energy consumption as well as CO_2 amount and pollutants.

Convective heat transfer, which is one of the most widely used heat transfer processes in energy systems, is widely used in many industrial fields. Fins are widely used in heat exchangers for heating, cooling, ventilation and air conditioning applications. Turbulence enhancers or vortex generators are also used to achieve high heat transfer rates, and increasing the convection heat transfer coefficient. Heat exchangers are also used in many areas such as cooling electronic components and other industrial applications. Thus, heating of these devices can be prevented and performance increase can be achieved.

As a result, heat transfer can be increased by increasing the heat transfer surface area and convection heat transfer will be enhanced. Since most of the thermal devices operates on the air side, the way to improve heat exchanger performance is to improve air side fin configurations.

Various types of blades including flat, convex, wavy, etc. and various blades geometries (different structures, blades height, etc.) have been studied to improve the flow performance and thermal behavior of heat exchangers.

These parameters are used to test the performance of systems such as boundary layers of flow, by changing working conditions of the fins in the wind tunnel and flow passage way. The purpose of the using of wind tunnel is to investigate heat transfer, aerodynamics characteristics and etc.

By creating a flow in a wind tunnel, the necessary parameters can be measured and observed by changes working condition and heat exchanger type as performed in many studies in the literature.

In a numerical study on the heat transfer of the fin types (perforated and non-perforated fin heat exchanger), it was aimed to improve the heat exchanger performance by design optimal type of heat exchanger (Liu, Yu, and Yan 2016).

The relationship between Reynolds and Nusselt numbers was investigated experimentally with various flow velocities by forced heat transfer in flat surface spheres in various diameters (Will, Kruyt, and Venner 2017).

The relationship between entropy and convection heat transfer was considered, and it was observed that the minimum entropy did not lead to maximum heat transfer. Optimization study was carried out on the working conditions and criteria. The conditions of the heat-work conversion processes in the optimization processes were examined (X. Chen et al. 2019).

Using a wind tunnel, different methodologies on fins were investigated experimentally and supported by numerical simulation and compared with the existing measurements in the literature. The behavior of the air flow according to the velocity was observed. Optimum options of the weight and the fin material were also surveyed (González, Vaz, and Zdanski 2019).

By Taguchi method, experimentally the design parameters were optimized by mounting the hollow trapezoid-shaped fins on the surface of the exchanger. The aim of the study was to investigate the effect of heat transfer and friction, as the most effective parameters in heat transfer in different Reynolds number. It has been observed that the effect of the change of angle on the Nusselt number is not significant and that the deflection length is one of the most effective parameters on the friction factor (Sahin et al. 2019).

In a study, wind tunnel was designed for investigate a wind turbine, under stable and unstable conditions, and also static and dynamic performance under constant flow were examined (Wang, Wang, and Chong 2019).

Another study has been performed for fin type heat exchangers using vortex generations. Numerical methods were defined based on laminar and turbulent model and heat transfer performance and flow characteristics were investigated by simulations. The attack angle and of the vortex generator, the effect of position, the effect of size, the effect of the angle of inclination were examined (Lu and Zhai 2019).

Heat transfer properties of curved vortex generators in laminar flow heat exchangers were investigated. It was concluded that concave heat exchanger has higher performance (Song et al. 2019).

Investigation of the heat transfer characteristics of the heat exchanger formed by creating a vortex generator on the plate of circular tube fins in curved wind tunnel and its effect on Reynolds were investigated (Dang et al. 2018).

Heat transfer properties of two row plate surface tube heat exchangers were investigated. Four circular tubes have been studied at various air velocities. Ambient air temperature and air velocity were considered in the wind tunnel. The average heat transfer coefficient was calculated, which was depend on the flow rate (H. T. Chen and Lai 2012).

The heat transfer performance of two and four hole circular fins was investigated. Pressure drop variation was examined and calculated. In addition, flow disturbances due to number of holes were examined. The heat transfer coefficient and pressure drop, were determined in both types (Lee et al. 2012).

Experimental and numerical research has been carried out on the change of performance as a result of different wing configurations in heat exchangers with air flow. Five types of heat exchangers were investigated experimentally between 4000 and 10000 Reynolds numbers. The vortex generator results were compared after optimization of the system. The angle, the length, and height of the vortex generators have investigated in terms of performance and heat transfer. (Tang, Zeng, and Wang 2009).

In this study, in addition to the increase in heat transfer due to surface area, the effect of turbulence may be more effective depending on the magnitude of the difference in surface area. At the same time, it is concluded that the effect of the fin type to be used will decrease as the speed of the air is increased in case of working at certain powers. It was confirmed that the temperature distribution on the fin decreased as it moved away from the power provided at the base.

2. Experimental Methods

The field of heat transfer in industry and technology is a wide research field. Machines that produce heat by converting energy are used in many industrial fields. Whether this heat is dissipated as waste heat or re-used is not important. The important aspect here initially are the mechanisms, and heat transfer type. Convection can be differentiated from heat conduction by the flow of a fluid. Thus the transport of particles, result in heat transfer. Here we can differentiate between two types of convection. Firstly, free convection, which gains its force by lift of the heated fluid (differences in density). Secondly there is forced convection, which uses mechanical element to force a flow.

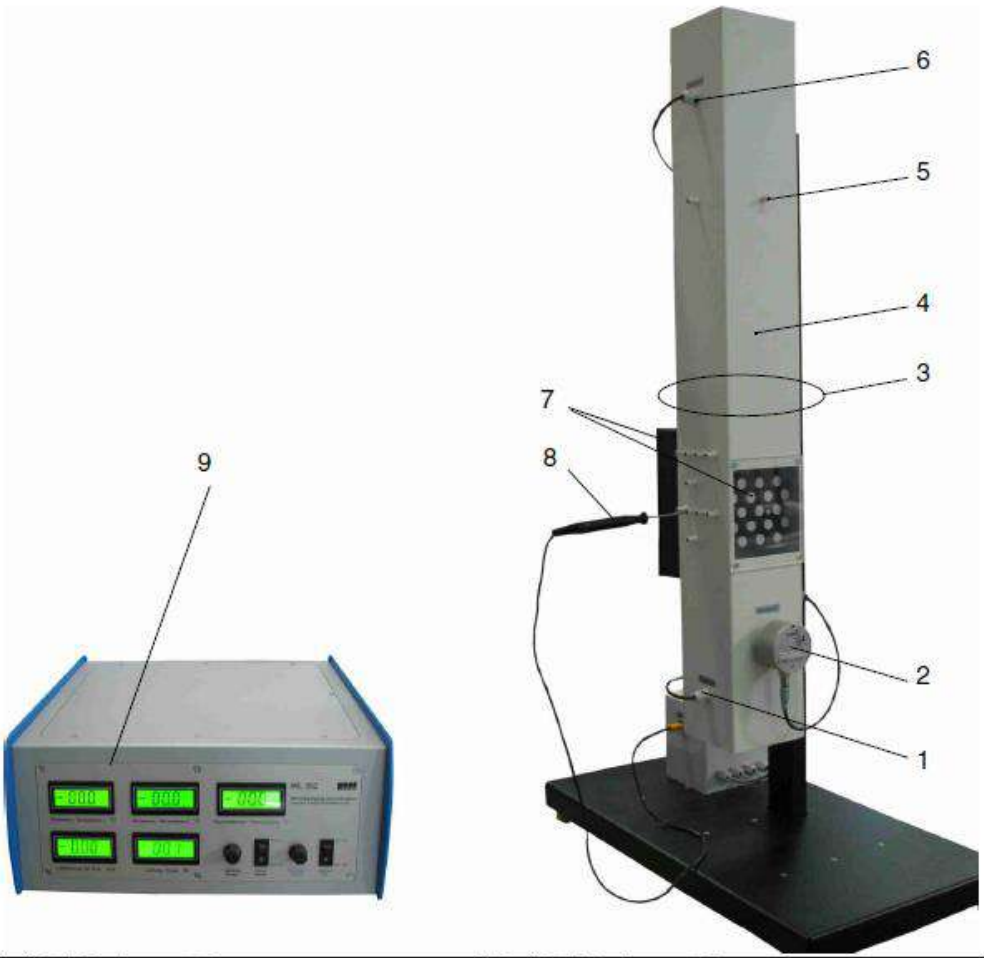
In this study, the experiments focus on following factors,

- Temperature difference
- Flow velocity
- Heat exchanger geometry

We will therefore be able to analyze about dependencies of heat transfer and flow structure using related equations and formula.

In forced convection the flow is made possible by an outside technical device, such as a fan, which cause to an increase in heat transfer rate compared to free convection. In addition, the quicker transport of the fluid causes a higher temperature gradient from the warm surface to the fluid and thus a better heat transfer.

If the velocity is so high that the flow changes from laminar to turbulent, the additional fluid movement across the main direction (turbulance) provides improved heat transfer away from the surface. In addition, considering velocity changes and affecting parameters, the local Reynolds number can vary over the cross-section. Design of unit has been presented in Fig. 1.



1	Pt100 element for inlet temperature T_1 Air duct	6	Pt100 element for outlet temperature T_2
2	Flow sensor	7	Pipe bundle heater insert (fins & flat plate not shown)
3	Area of the fan		
4	Air duct	8	Thermocouple, temperature T_3
5	Measuring glands	9	Control and display unit

Fig. 1. Design of the unit

The air duct with a flow cross-section of 120mm × 120mm and with a length of 1m is used to guide the flowing air. It has measuring glands, which allow it to detect the temperature at different points by inserting a thermocouple. In addition, a flow sensor records the entry velocity of the air and each records the inlet and outlet temperatures. The heater inserts are inserted into the duct. They are attached with simple star knob screws. The different heat exchanger surfaces (flat plate, pipe bundle or fins) are each operated via four heating resistors with a maximum output can be adjusted. The control and display unit contains the power supply and control for the fan and the heater inserts. Furthermore, the unit displays the electrical output of the heating elements, the flow velocity, the inlet and outlet temperature of the thermocouple. An adjustable speed fan conveys the air in experiments dealing with

forced convection. It is located directly above the heater in order to blend the heated air to a uniform temperature. The maximum flow velocity is dependent on the heater used.

Temperature directly depend on heat storage:

$$Q \sim T$$

Achieving a certain temperature difference in a body requires a certain amount of energy:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

The air mass flow rate $\dot{m}$ can be expressed as:

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A$$

The temperature difference is calculated from :

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

where T_1 roughly corresponds to the ambient temperature T_0 , T_2 is simplified in that the measured value corresponds to the average temperature at the unit outlet. This simplificaiton is important for the subsequent evaluation of results.

The flow velocity w and the temperature difference ΔT are average variables over the entire flow cross-section. The flow cross-section A_m in the trainer is defined as constant at 0.0144 m^2.

The density of air ρ can be derived from the general gas equation:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{P}{R.T}$$

The universal gas constant R of air value of 287 kJ/kg.K of dry air can be used here with only negligible error.

The specific thermal capacity of air c_p also depends on the air temperature. It increases with the temperature. In the later experiments the simplified value of 1.008 kJ/kg.K can be assumed.

In Figs. 2 and 3 geometry of rectangular fins and cylindrical fins with temperature measurement locations have been displayed. In addition, configuration of the fins in cylindrical and rectangular types are given in Figs. 4 and 5.

3. Geometry of used fins rectangular Fins in heat exchanger

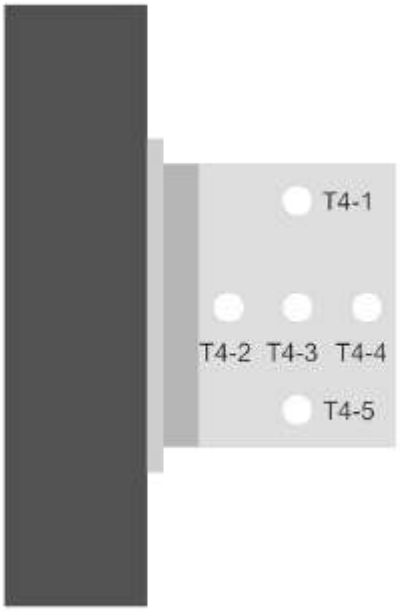


Fig. 2. Geometry of rectangular fins and temperature measurement locations

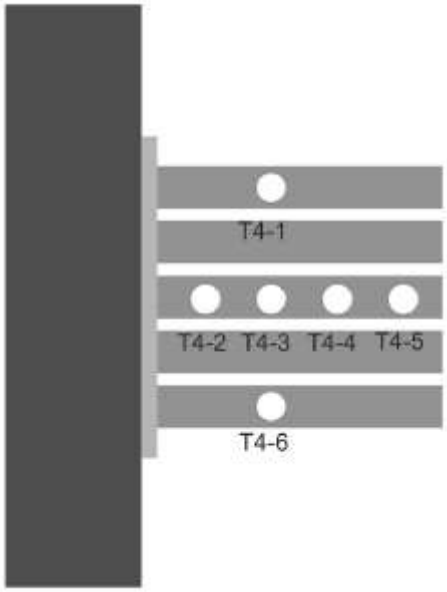


Fig. 3. Geometry of cylindrical fins and temperature measurement locations

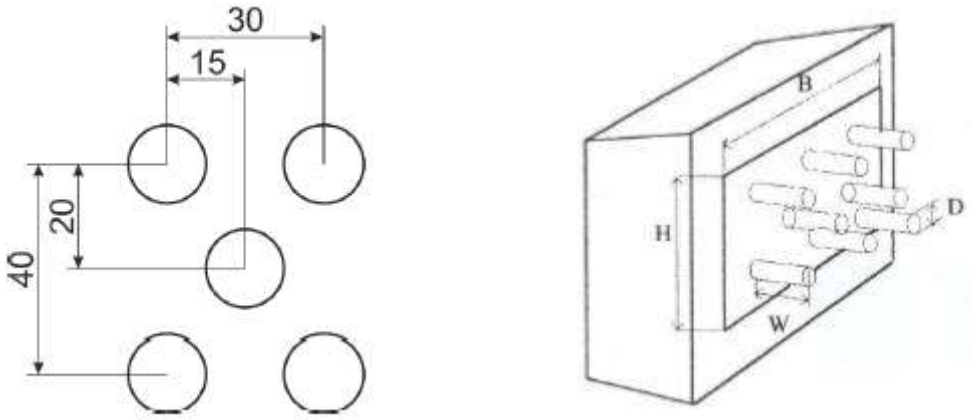


Fig. 4. Configuration of the fins in cylindrical type

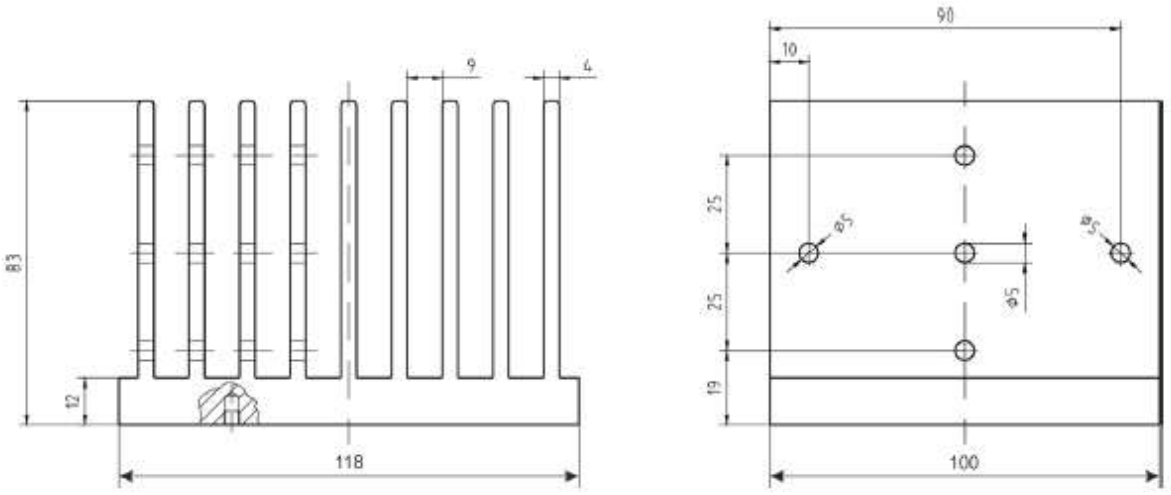


Fig. 5. Configuration of the fins in rectangular type

4. Result and discussion

4.1. Temperature change of the flow

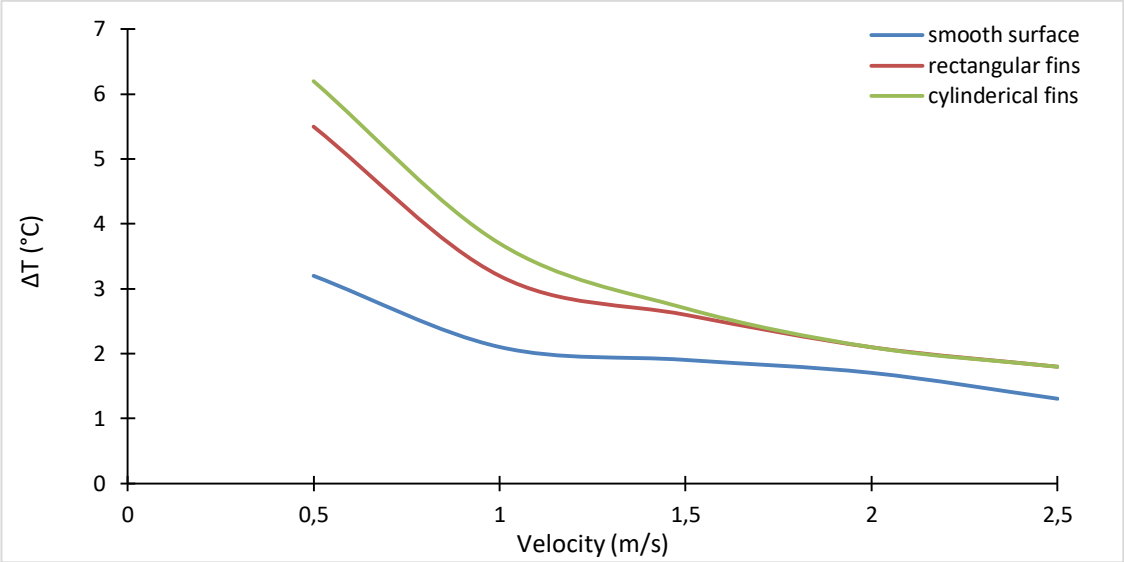


Fig. 6. Inlet and outlet temperature difference by 60W heat power in different air velocities

The temperature difference between the air inlet and outlet, depending on the flow rate through the duct, which indicates the heat energy discharged from the heat exchanger surface area.

As expected, in the case of adding fins to the surface, the surface temperature will decrease and the temperature difference between the inlet - outlet of the air will increase. This results are shown in Fig. 6. It can be seen that, the cylindrical or plane fin have close results after 1.5 m/s.

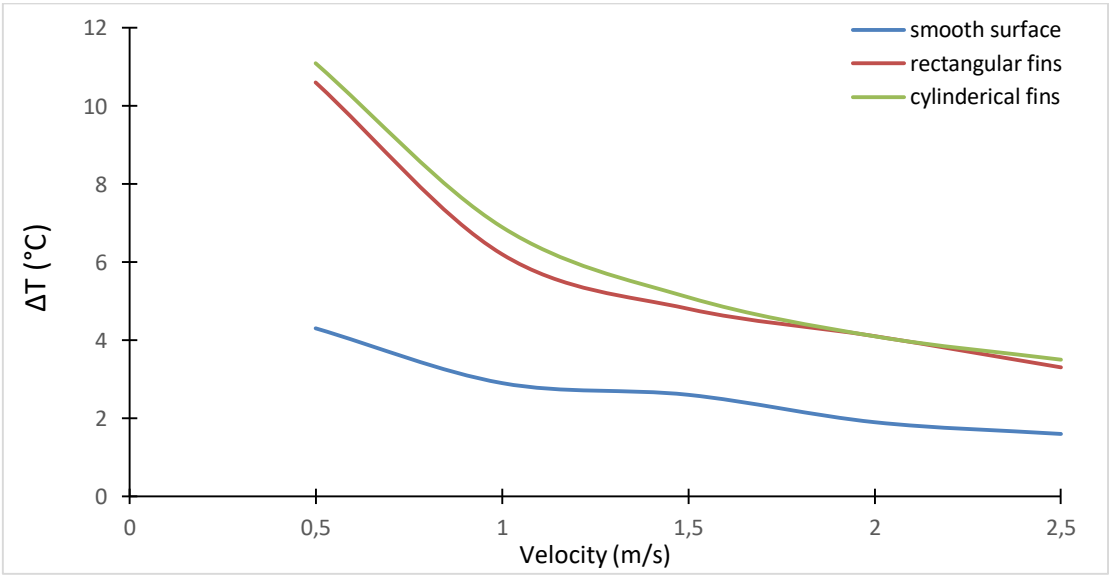


Fig. 7. Inlet and outlet temperature difference by 120W heat power in different air velocities

In Fig. 7, as the power provided to the heat exchanger surface area increases, it is observed that there is no important change after 2 m/s.

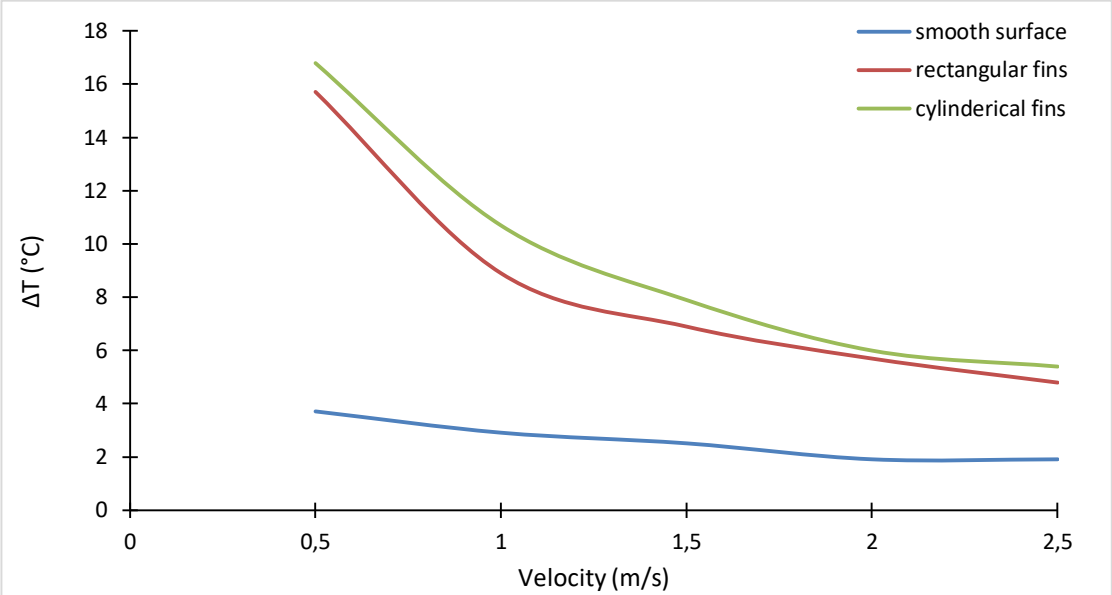


Fig. 8. Inlet and outlet temperature difference by 180W heat power in different air velocities

In the case of 180W (Fig. 8), ΔT results Show that, temperature change results is better in the case of cylindrical fin. However, ΔT reduces with the increase of the velocity.

4.2. Temperature change at the bottom surface

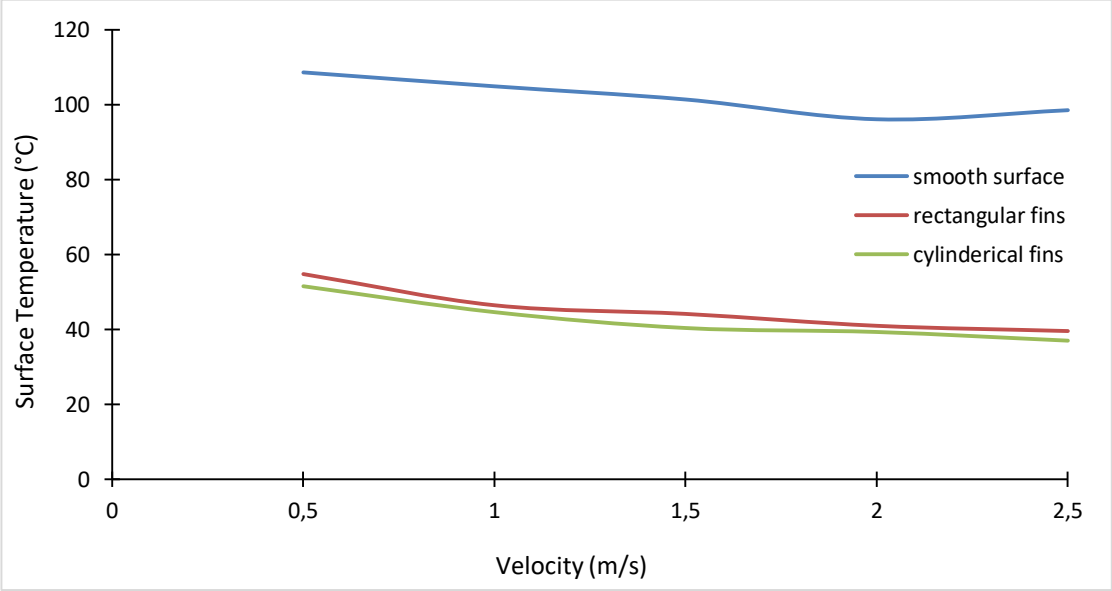


Fig. 9. Surface temperature change of by 60 W heat power

The lower the temperature at the base of the heat exchanger shows the better heat transfer of the used fin. In the Figs. 9, 10 and 11 surface temperature of the exchanger are given for different power values.

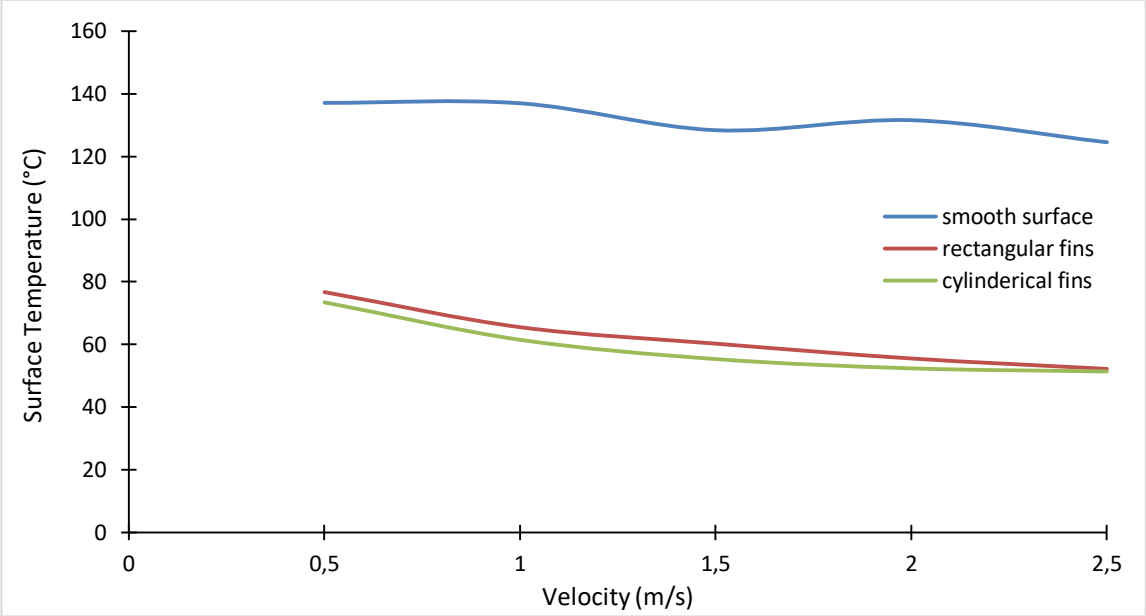


Fig. 10. Surface temperature change of by 120 W heat power

It is observed that the use of cylindrical fins increases heat transfer by about 50% compared to the finless surface. However, when comparing the cylindrical and plane fins, it can be observed from the graphs that there is not much difference.

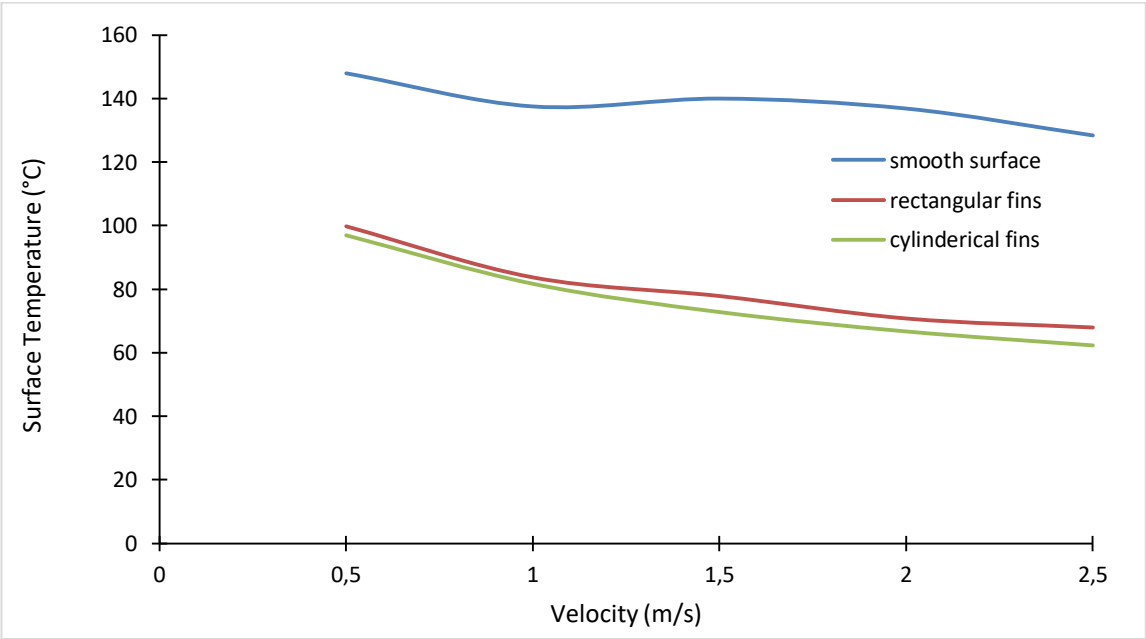


Fig. 11. Surface temperature change of by 180 W heat power

At levels of 60W, after 1.5 m/s and also after 2 m/s at 120W, the use of rectangular or cylindrical fins appears to be about the same heat transfer. however, this manner cannot be observed at 180 W and it is clear that the effect of the cylindrical fin is higher in terms of heat transfer.

4.3. Heat transfer results

In this section, applying different heat power rates, the effect of cylindrical and rectangular fins on heat transfer to the air can be compared as shown in Figs. 12,13 and 14.

It is shown that, as flow velocity increases, heat transfer increases. As a result of the observations, although the surface area is a little less in the cylindrical fins than the rectangular fins, it is observed that the heat transfer is more. It is assumed that this is due to the higher turbulence caused by the flow velocity around the cylindrical fin.

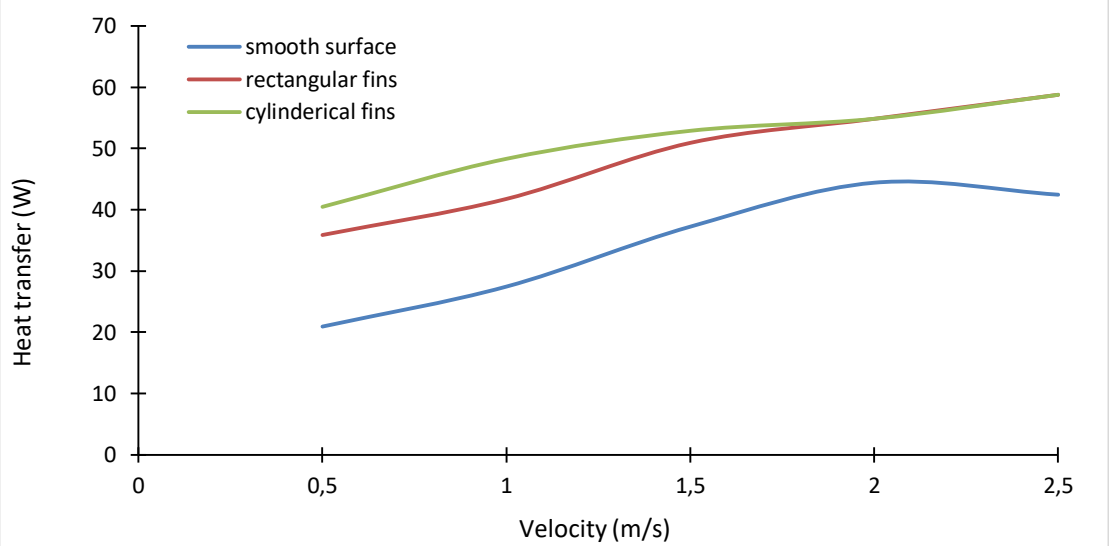


Fig. 12. Heat transfer rate between heat exchanger and air at 60W power

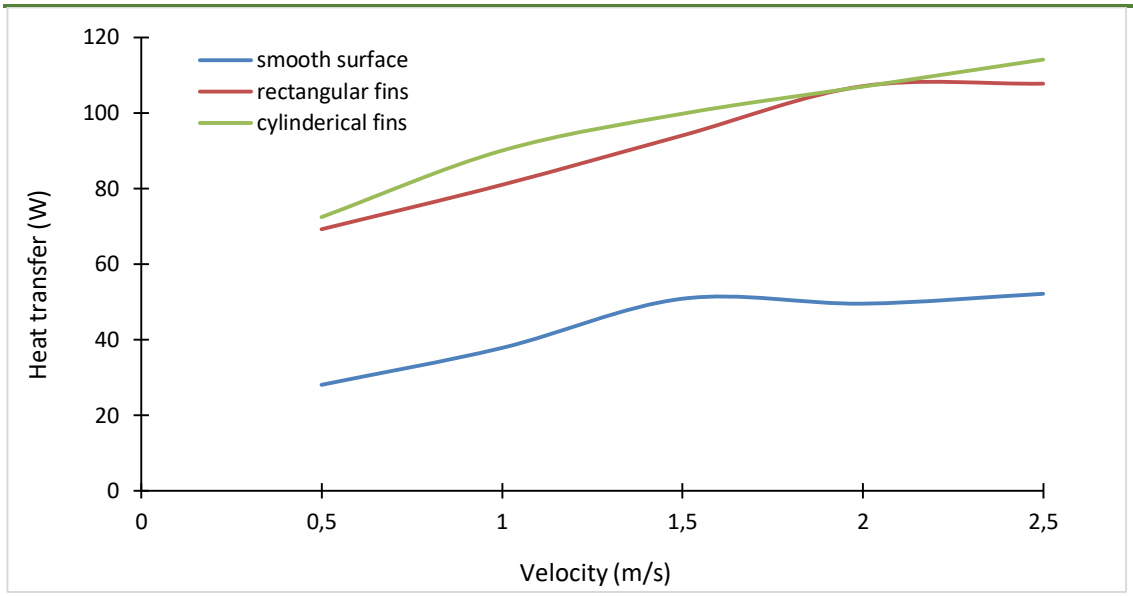


Fig. 13. Heat transfer rate between heat exchanger and air at 120W

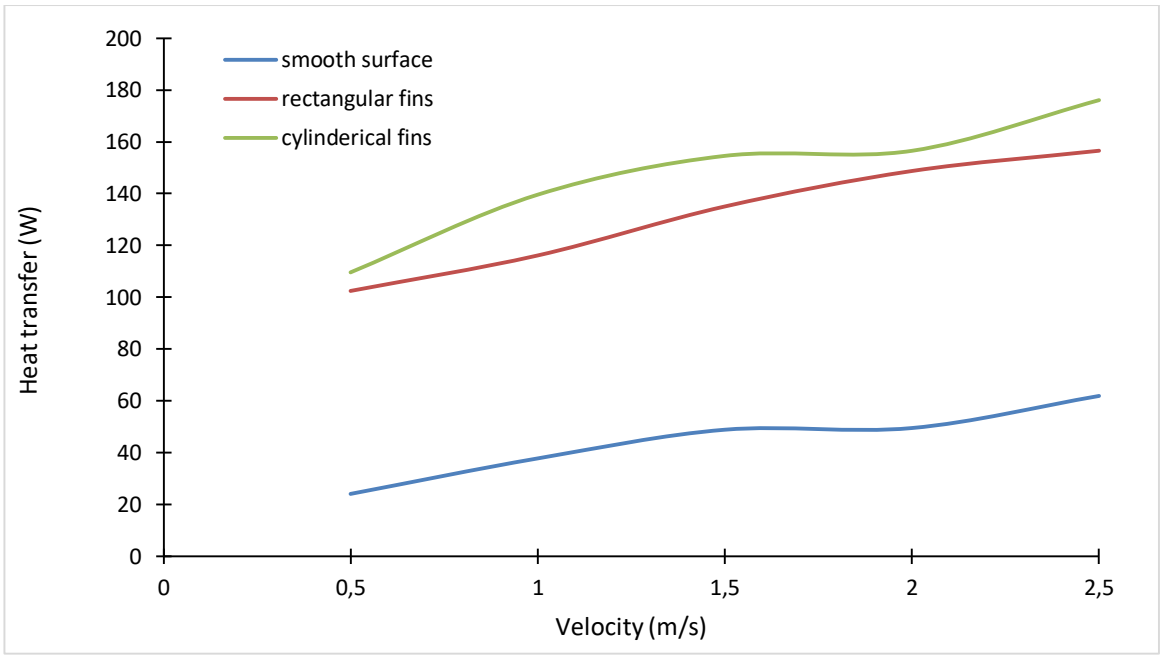


Fig. 14. Heat transfer rate between heat exchanger and air at 180W power

4.4. Temperature change along the fin

Temperature change along the fin has been presented in this section. The lowest temperature was measured as 45.2 °C at the wing tip (red bar) and 52.1 °C at the T42 point closest to the base. When examined vertically, the highest temperature was 50.4 at T41 and the lowest temperature was 48.4 at T45.

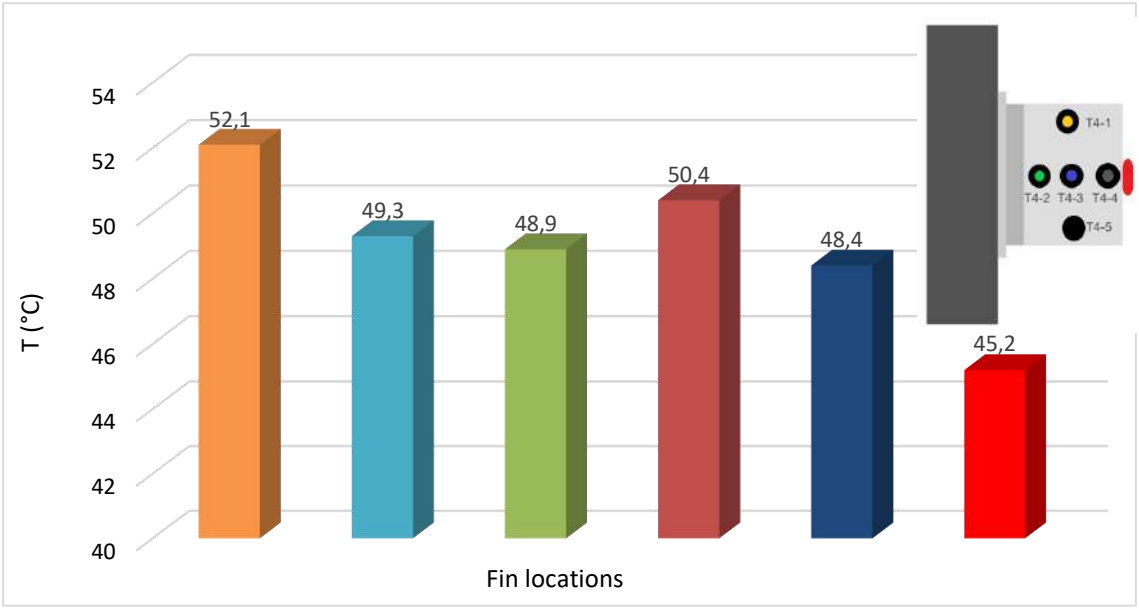


Fig. 15. Temperature distribution along rectangular fins at V= 0.5 m/s by applying 60 W

At the same manner, when examined horizontally in the cylindrical fin it was observed that, the lowest temperature was measured at the wing tip (red bar) at 44.9 ° C and the nearest T42 point at the highest base was 48.9 ° C. When examined vertically, the highest temperature was 47.4 at T41 and the lowest temperature was 45.4 at T45.

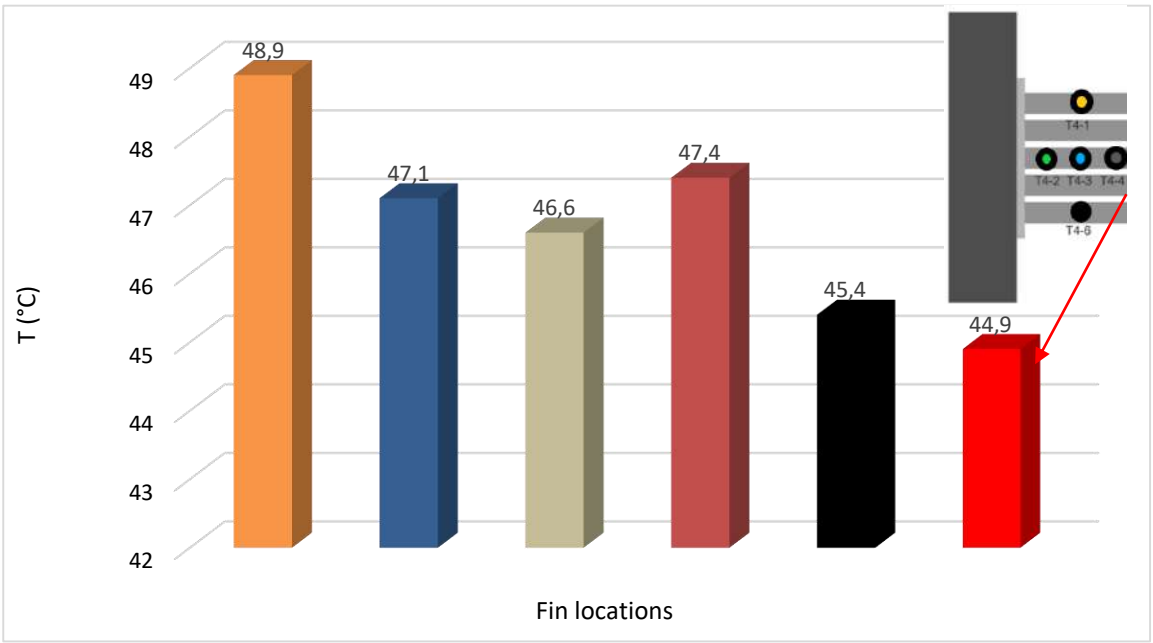


Fig. 16. Temperature distribution along cylindrical fins at V= 0.5 m/s by applying 60 W

60 W	V (m/s)	T4-2	T4-3	T4-4	T4-1	T4-5	Fin tip
Rectangular	0,5	52,1	49,3	48,9	50,4	48,4	45,2

Rectangular	1	44	41,8	41,5	42,7	40,9	38,9
Rectangular	1,5	42,5	39,5	38,9	40,3	38,5	36,6
Rectangular	2	39,4	38,1	37,2	38,5	36,4	35
Rectangular	2,5	37	35,5	34,9	36,1	34,2	32,7
120 W	V (m/s)	T4-2	T4-3	T4-4	T4-1	T4-5	Fin tip
Rectangular	0,5	75,7	72,9	71,2	73,5	69,1	67,4
Rectangular	1	62,4	59,5	58,6	60,5	57,6	51,7
Rectangular	1,5	58,4	54	53,2	54,5	51,5	46,6
Rectangular	2	52,8	49,1	47,9	50,3	47,3	42,5
Rectangular	2,5	48,2	45,8	44,3	46	43,1	39,1
180 W	V (m/s)	T4-2	T4-3	T4-4	T4-1	T4-5	Fin tip
Rectangular	0,5	99,8	95,6	94	97	93,2	83,3
Rectangular	1	80	74,7	72,4	75,1	71,1	66,2
Rectangular	1,5	74,8	69	65,2	70,5	64,9	62,9
Rectangular	2	65,6	61,4	60,8	62	59,7	55,6
Rectangular	2,5	64,4	59,5	55,8	60,4	54,9	50,6

Fig. 17. Rectangular temperature results for 60, 120 and 180W power values in different flow velocities.

60 W	V (m/s)	T4-2	T4-3	T4-4	T4-1	T4-5	Fin tip
Cylindrical	0,5	48,9	47,1	46,6	47,4	45,4	44,9
Cylindrical	1	42,5	40,8	39,4	41,3	37,7	37,2
Cylindrical	1,5	38	36,8	36,5	37,3	35,2	33,3
Cylindrical	2	36,4	35	34,8	35,6	33,9	32,1
Cylindrical	2,5	34,4	32,9	32,5	33,2	31,9	30,6
120 W	V (m/s)	T4-2	T4-3	T4-4	T4-1	T4-5	Fin tip
Cylindrical	0,5	69,8	67,8	66,5	69,1	65,8	64,1
Cylindrical	1	58,2	55,1	55	55,5	52,6	50,8
Cylindrical	1,5	50,8	47,7	47	48,1	44,1	43,3
Cylindrical	2	48,4	45,4	44,7	45,7	42,5	40
Cylindrical	2,5	45,2	42,5	41,3	42,7	40,3	39,2
180 W	V (m/s)	T4-2	T4-3	T4-4	T4-1	T4-5	Fin tip
Cylindrical	0,5	92,2	87,8	86,7	88,4	84,3	80,6
Cylindrical	1	76,5	72,2	71,5	72,7	69,2	66,3
Cylindrical	1,5	65,2	61,6	59,8	63,1	58,2	55,9
Cylindrical	2	60,2	55,5	55	56,6	52	49,9
Cylindrical	2,5	54,6	51,3	50,7	52,2	47,3	44,6

Fig. 18. Cylindrical temperature results for 60, 120 and 180W power values in different flow velocities.

5.Conclusion

- Changing in air inlet and outlet temperature, decreasing in heat exchanger surface temperature, changing in heat transfer power and temperature distributions on the fins were studied by using three different heat exchanger types (smooth surface, rectangular fins, cylindrical fins) at 60, 120, 180 W powers and at 0,5-1-1,5-2-2,5 m/s air velocities.
- In the case of adding fins to the surface, heat transfer to air increased due to the increase in surface area. However, the effect of the cylindrical fin is more effective than the plane fin.
- From the results it has been concluded that, heat transfer rate can be improved by using cylindrical and rectangular fins about 55 % and 52% respectively when comparing to that of finless channel.
- In case of 60 W power, it is not important which type of fin is used after 1.5 m/s. In the case of 120 W it does not matter which type of fin is used after 2 m/s. In the case of 180 W it is estimated from the other results that in the two fin types is the same the effect on heat transfer in an unoperated speed range of over 2.5 m/s.
- The area of the cylindrical fin is 0,098 m^2 and the surface area of the rectangular fin is 0,136 m^2. Although the surface area of the cylindrical fins is lower than the rectangular fins, it is assumed that the reason for the higher heat transfer is due to the effect of turbulence on the fins. In other words, the effect of turbulence outweighs because the surface area difference is very small.
- The temperature distribution on the fins decreases as it moves away from the base point as a result of heat transfer by convection to air.

References

Chen, Han Taw, and Jian Rong Lai. 2012. "Study of Heat-Transfer Characteristics on the Fin of Two-Row Plate Finned-Tube Heat Exchangers." *International Journal of Heat and Mass Transfer* 55(15–16): 4088–95. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2012.03.050.

Chen, Xi, Tian Zhao, Meng Qi Zhang, and Qun Chen. 2019. "Entropy and Entransy in Convective Heat Transfer Optimization: A Review and Perspective." *International Journal of Heat and Mass Transfer* 137: 1191–1220. https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.04.017.

Dang, Wei et al. 2018. "The Performances of Circular Tube Bank Fin Heat Exchangers with Fins Punched with Quadrilateral Vortex Generators and Flow Re-Distributors." *Applied Thermal Engineering* 134(January): 437–49. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.02.008.

González, A. M., M. Vaz, and P. S.B. Zdanski. 2019. "A Hybrid Numerical-Experimental Analysis of Heat Transfer by Forced Convection in Plate-Finned Heat Exchangers." *Applied Thermal Engineering* 148(May 2018): 363–70. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.11.068.

Lee, Dong H., Jin M. Jung, Jong H. Ha, and Young I. Cho. 2012. "Improvement of Heat Transfer with Perforated Circular Holes in Finned Tubes of Air-Cooled Heat Exchanger." *International Communications in Heat and Mass Transfer* 39(2): 161–66. http://dx.doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2011.11.009.

Liu, Xiaoqin, Jianlin Yu, and Gang Yan. 2016. "A Numerical Study on the Air-Side Heat Transfer of Perforated Finned-Tube Heat Exchangers with Large Fin Pitches." *International Journal of Heat*

and Mass Transfer 100: 199–207. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.04.081.

Lu, Gaofeng, and Xiaoqiang Zhai. 2019. "Effects of Curved Vortex Generators on the Air-Side Performance of Fin-and-Tube Heat Exchangers." *International Journal of Thermal Sciences* 136(May 2018): 509–18. https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2018.11.009.

Sahin, Bayram et al. 2019. "Optimization of Design Parameters for Heat Transfer and Friction Factor in a Heat Sink with Hollow Trapezoidal Baffles." *Applied Thermal Engineering* 154(September 2018): 76–86. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.03.056.

Song, Ke Wei, Toshio Tagawa, Zhong Hao Chen, and Qiang Zhang. 2019. "Heat Transfer Characteristics of Concave and Convex Curved Vortex Generators in the Channel of Plate Heat Exchanger under Laminar Flow." *International Journal of Thermal Sciences* 137(May 2018): 215–28. https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2018.11.002.

Tahseen, Tahseen Ahmad, M. Ishak, and M. M. Rahman. 2015. "An Overview on Thermal and Fluid Flow Characteristics in a Plain Plate Finned and Un-Finned Tube Banks Heat Exchanger." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 43: 363–80.

Tang, L. H., M. Zeng, and Q. W. Wang. 2009. "Experimental and Numerical Investigation on Air-Side Performance of Fin-and-Tube Heat Exchangers with Various Fin Patterns." *Experimental Thermal and Fluid Science* 33(5): 818–27. http://dx.doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2009.02.008.

Wang, Wei Cheng, Jheng Jie Wang, and Wen Tong Chong. 2019. "The Effects of Unsteady Wind on the Performances of a Newly Developed Cross-Axis Wind Turbine: A Wind Tunnel Study." *Renewable Energy* 131: 644–59. https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.061.

Will, J. B., N. P. Kruyt, and C. H. Venner. 2017. "An Experimental Study of Forced Convective Heat Transfer from Smooth, Solid Spheres." *International Journal of Heat and Mass Transfer* 109: 1059–67. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.02.018.

EXAMINATION OF ELECTRODE INTERVALS IN ELECTRICALLY CONDUCTIVE CONCRETES PRODUCED FOR AIRPORT RUNWAYS BY FE METHOD

Dr. Heydar DEHGHANPOUR
Sakarya University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department
Dr. Faraz AFSHARI
Erzurum Technical University, Department of Mechanical Engineering
Prof. Dr. Kemalettin YILMAZ
Sakarya University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department

ABSTRACT
In recent years, the application of electrically conductive concretes (ECON) has been considered and investigated by researchers to prevent snow and ice accumulation on airport runways. The basic experiments and heat transfer tests of ECON has been examined by several authors presented in the literature. However, it needs to be investigated appropriately in terms of cost and time to test in large number of these concretes at actual dimensions. Therefore, it is important to develop simulation studies for such researches. In this study, the effects of electrode intervals on the power and heating time spent in ECON slabs have investigated with finite element (FE) method. Abaqus program has used for ECON systems simulation. On 3 × 4 × 0.1 m ECON models, galvanized-steel electrodes have defined in 4 different intervals, as 0.67, 0.80, 1.00 and 1.33 m. The temperature distribution of the designed ECON slabs has investigated at four different voltages as 160, 180, 200 and 220 volts. The obtained results have confirmed by comparison with previous literature studies.

Keywords: electrical conductive concrete; finite element; electrode intervals; temperature distribution

1. INTRODUCTION
Surface conditions of paved areas during harsh winter weather conditions play a crucial role in airport operations. Bad weather conditions are responsible for about 29% of total airplane incidents and accidents, the majority of which occur during take-off and landing [1]. In recent years, hydronic and/or electrically conductive concrete (ECON) heated pavement systems (HPS) have been receiving attention for mitigating problems associated with the presence of ice/snow on roadways and paved areas of airfields [2]. Electrically conductive concretes (ECCs) can be used in different areas [1, 3-5]. ECC is a recommended type of concrete to prevent accumulation of snow and ice in the construction industry [6, 7]. After snow and ice accumulation on the airport runways, the concrete threatening factor is the freeze-thaw event. In order to reduce the freeze-thaw effect that causes damage to the concrete, it is recommended to produce concretes with closed porosity or denser and non-porous structures. The aim of these classical methods is to produce more durable concrete against freeze-thaw by accepting the accumulation of snow and ice. Therefore, these methods are not a method to prevent damage to freeze-thaw cycles. Also, in snowy and cold weather, in streets, bridges and ramps, snow and ice accumulation leads to dangerous and deadly traffic [8].

Since the discovery of electrical conductive concretes (ECON), i.e. from 1965 [9], various investigations have been carried out on the conductivity of cement mortars and concretes. ECONs are utilized in self-sensing material of buildings as electromagnetic radiation reflector for electromagnetic interference shielding and resistance material in self-heating floor systems (SHFS) [10-13]. Recently, SHFSs have been applied in roads and airport runways to prevent the accumulation of ice and snow through melting by the self-heat emitted from concrete [14-19]. Different conductive additives in fiber and powder form are used in the production of electrically conductive concrete [13, 14, 19, 20].

Recently, it has become common to use recycled fiber [21] and carbon based powder [19, 22] materials to improve the electrical and mechanical properties of concrete.

it needs to be investigated appropriately in terms of cost and time to test in large number of these concretes at actual dimensions. Therefore, it is important to develop simulation studies for such researches. In this study, the effects of electrode intervals on the power and heating time spent in ECON slabs have aimed to examine with finite element (FE) method. Abaqus program has used for ECON systems simulation. Abaqus program can be used for different purposes for modeling structural elements. Dehghanpour et al. used ABAQUS program for modeling and analysis cooling tower reinforced by carbon fiber reinforced polymer, thermal conductivity of nano-porous alumina coating, and nano silica based aerogel [23-25].

2. ABAQUS/STANDARD

Abaqus/CAE is a complete Abaqus environment that provides a simple, consistent interface for creating, submitting, monitoring, and evaluating results from Abaqus/Standard and Abaqus/Explicit simulations. Abaqus/CAE is divided into modules, where each module defines a logical aspect of the modeling process; for example, defining the geometry, defining material properties, and generating a mesh. As you move from module to module, you build the model from which Abaqus/CAE generates an input file that you submit to the Abaqus/Standard or Abaqus/Explicit analysis product. The analysis product performs the analysis, sends information to Abaqus/CAE to allow you to monitor the progress of the job, and generates an output database [26, 27].

2.1. THERMAL-ELECTRICAL ANALYSIS

Joule heating arises when the energy dissipated by an electrical current flowing through a conductor is converted into thermal energy. Abaqus/Standard provides a fully coupled thermal-electrical procedure for analyzing this type of problem: the coupled thermal-electrical equations are solved simultaneously for both temperature and electrical potential at the nodes [26, 27].

The capability includes the analysis of the electrical problem, the thermal problem, and the coupling between the two problems. Coupling arises from two sources: temperature-dependent electrical conductivity and internal heat generation, which is a function of the electrical current density. The thermal part of the problem can include heat conduction and heat storage as well as cavity radiation effects. Forced convection caused by fluid flowing through the mesh is not considered [26, 27].

The thermal-electrical equations are unsymmetric; therefore, the unsymmetric solver is invoked automatically if you request coupled thermal-electrical analysis. For problems where coupling between the thermal and electrical solutions is weak or where a pure electrical conduction analysis is required for the entire model, the unsymmetric terms resulting from the interfield coupling may be small or zero. In these problems you can invoke the less costly symmetric storage and solution scheme by solving the thermal and electrical equations separately [26, 27].

2.2. MODEL GEOMETRY AND BOUNDARY CONDITIONS

On 3 × 4 × 0.1 m ECON models, galvanized-steel electrodes have defined in 4 different intervals, as 0.67 m (Model 1), 0.80 m (Model 2), 1.00 m (Model 3) and 1.33 m (Model 4). For example, the geometry image of Model 3 is given in Fig. 1. In this model, 5 galvanized L profiles are used with a distance of 1 m. The temperature distribution of the designed ECON slabs has investigated at four different voltages as 160, 180, 200 and 220 volts. The formation of heat is realized by the potential difference applied to the two nearby electrodes for 7200 sec (2 hr).

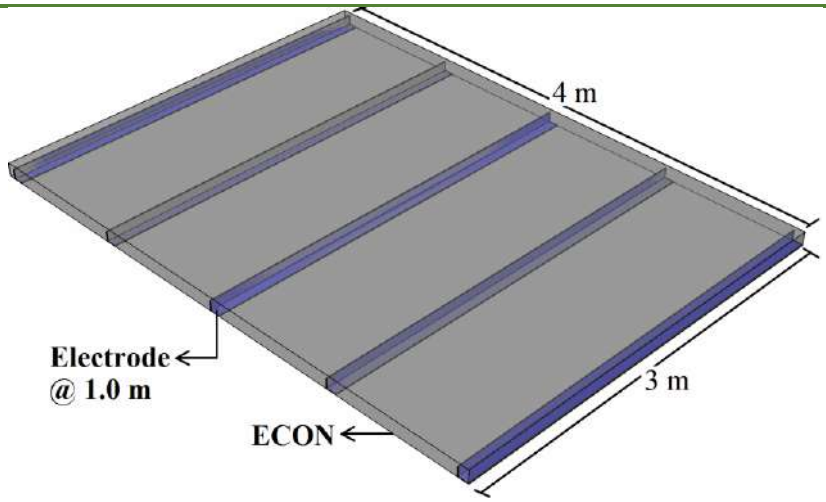


Fig. 1. The geometry image of Model 3.

Properties of models are given in Table 1. A single material specification with a conductivity of 0.28 s at 25 °C has used for all models. See [19] for detailed information.

Table 1. Properties of models.

No	Models	Material	Electrode Intervals (m)	Number of electrodes (pcs)
1	Model 1	ECON	0.67	7
2	Model 2	ECON	0.80	6
3	Model 3	ECON	1.00	5
4	Model 4	ECON	1.33	4

The mesh view of Model 3 is given in Fig. 2. In this model, the total number of elements consists of 40575. On all models, the mesh size is selected equally. The number of elements varies from model to model depending on the number of electrodes embedded in ECON slabs.

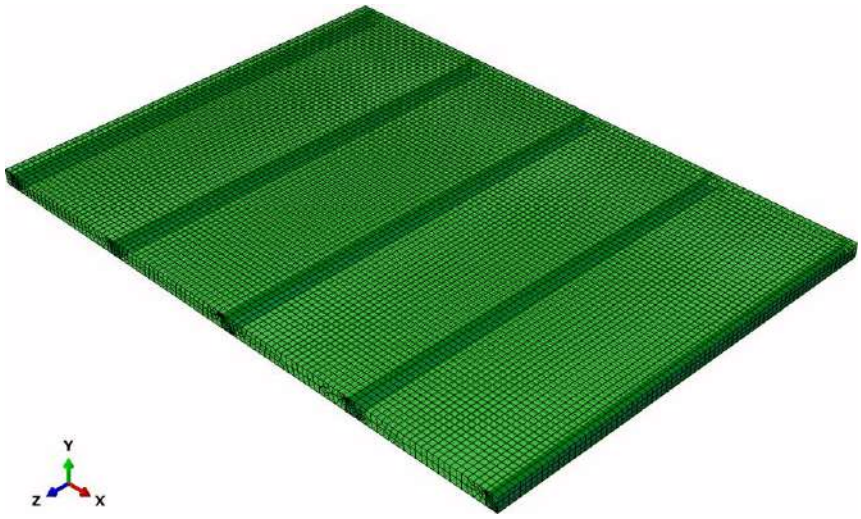


Fig. 2. The example of mesh view.

3. RESULT AND DISCUSSION

Electrothermal results obtained after applying four different voltages to four different ECON models has summarized in the following diagrams. When 160 volts are applied to all four models, the average temperature of the slab has increased respectively from -10 °C to +31.5, +15.7, +3 and -4 °C in Model 1, Model 2, Model 3 and Model 4 in two hours (Fig. 3). For the melting of snow and ice, all models

except, the Model 4 are considered suitable in 160 V of voltage application for two hours. However, in terms of the power and economics consumed for the final election, it is also discussed later in the article. In Model 1, the reason for the temperature drop after 100 minutes is due to the decrease in ECON conductivity above 25 °C. Conductivity increased by increasing the temperature of concrete up to 25 C and the decrease in conductivity with the increase in temperature after 25C have been determined in previous studies [19].

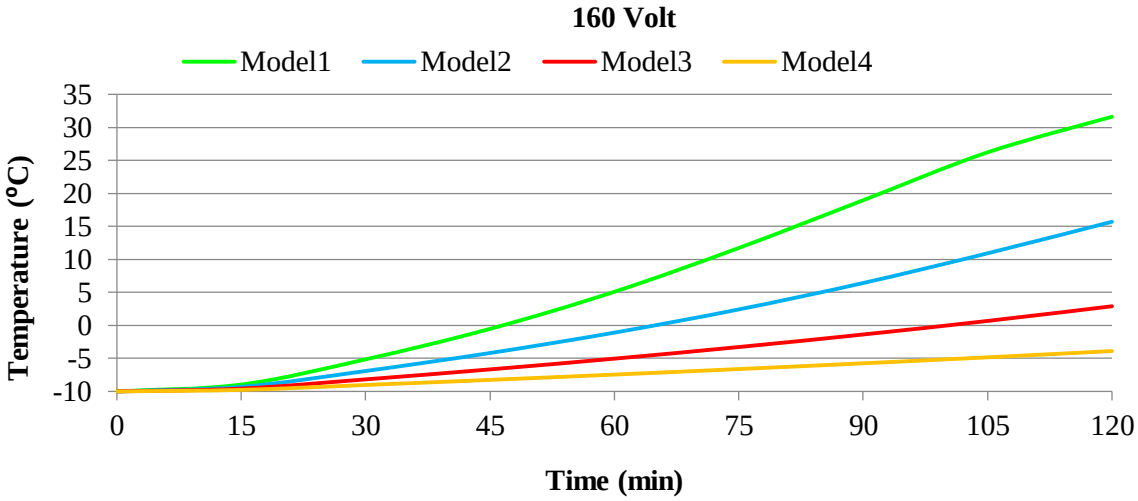


Fig. 3. Temperature-Time diagram after application of 160 V voltage for all models.

The temperature values obtained for all models after applying 180 V voltage are compared in Fig. 4. After two hours, +41.6, +26.1, +8.2, and -2 °C mean temperature values for Model 1, Model 2, Model 3 and Model 4, respectively, has appeared. Models (Model 1 - Model 3) with temperatures above 0 °C are visible models suitable for this voltage.

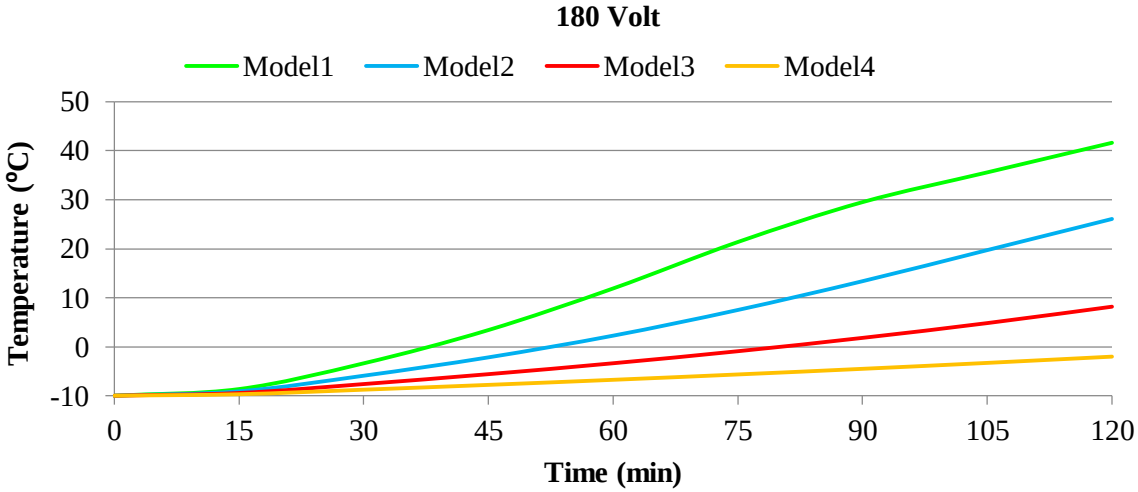


Fig. 4. Temperature-Time diagram after application of 180 V voltage for all models.

According to Fig. 5, when the 200 V voltage is applied to the models for two hours, all model temperatures may rise above almost 0 °C. However, Model 1, 32, Model 2, 44, Model 3, 67 and Model 4, have taken 120 minutes to increase from -10 °C to this temperature. The temperature values obtained after the application of 200 V voltage has showed an increase of about 30% compared to 180 V and about 117% compared to 160 V. The tilt of the curves in Model 1 and Model 2 after a period of time

is due to the decrease in the conductivity of the concrete after 25 °C, as mentioned above. Model 3 is considered to be more suitable for this applied voltage in terms of time and temperature.

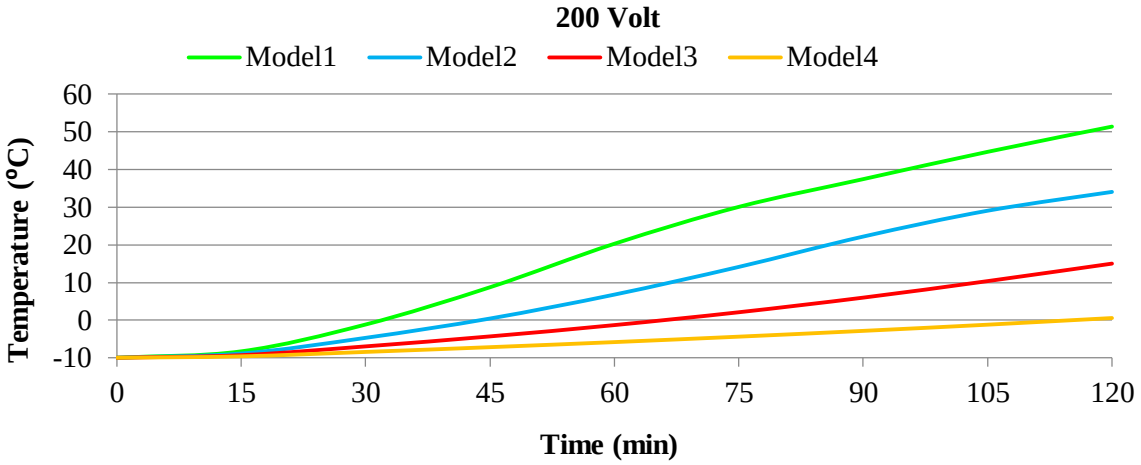


Fig. 5. Temperature-Time diagram after application of 200 V voltage for all models.

At 220 V the temperature of all models rose above the freezing point within 2 hours (Fig. 6). In Models 1, 2, 3 and 4 have took 35, 50, 70 and 120 min, respectively, for the temperature to rise from -10 ° C to about + 5 ° C.

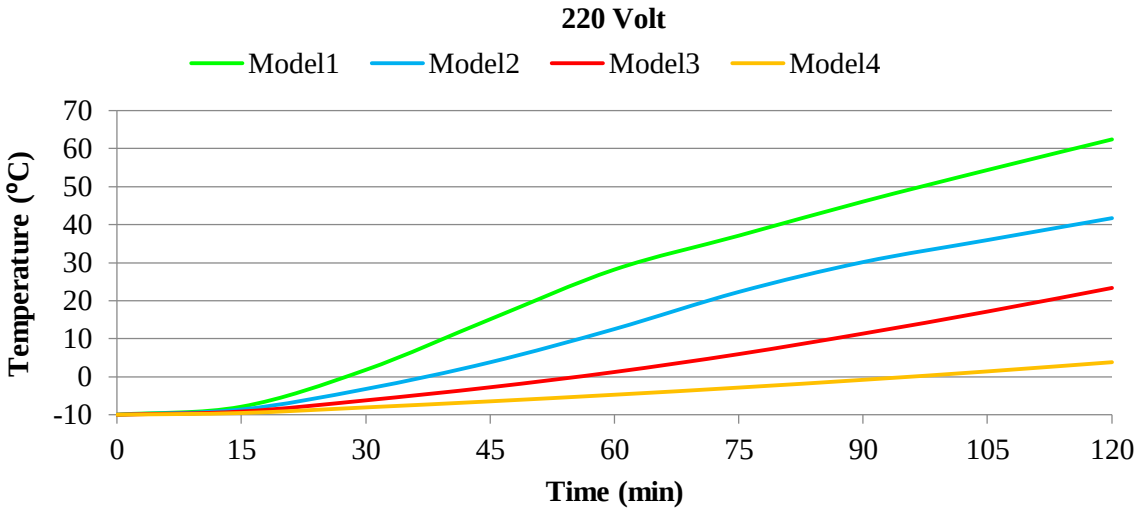


Fig. 6. Temperature-Time diagram after application of 220 V voltage for all models.

Fig. 7 summarizes the power consumed at different voltages for all models. Power values have calculated by the following equation:

$$P=V.I \quad (1)$$

In this equation, P is the power value in W/m^2, V is the amount of applied voltage and I is the average electrical current value in Ampere.

Power values vary between 280 (Model 4 - 160 V) and 1540 W/m^2 (Model 1 - 220 V) according to different voltage and electrode ranges. According to the literature study, it is stated that 300-550 W/m^2 power is sufficient for melting of snow and ice in cold weather [2, 28]. The power value below this limit is insufficient for melting the ice. Furthermore, power values that are higher than this limit are not considered appropriate in terms of operating cost. Therefore, taking into consideration the literature

studies, according to the results obtained from this study Model 3 for 160 and 180 V and Model 4 for 220 V are recommended. The power value for model 3 - 160 V has calculated 497, 559 for model 3 - 180 V, and 385 W/m^2 for model 4 - 220 V.

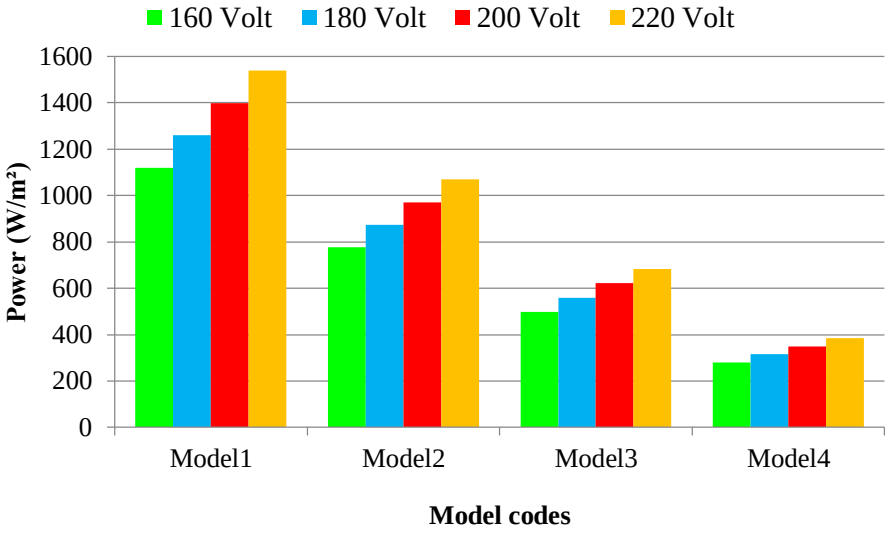


Fig. 7. Power consumption at different voltages for all models.

The temperature contour of the models according to the temperature, time and power value results are given in Fig. 8. The temperature contour in the photograph shows the temperature distribution of the models at (-7.56) – (10.41) °C over 2 hours. The average temperature values for Model 3 - 160 V, Model 3 - 180 V and Model 4 - 220 V have obtained as 3, 8.2 and 4 °C, respectively.

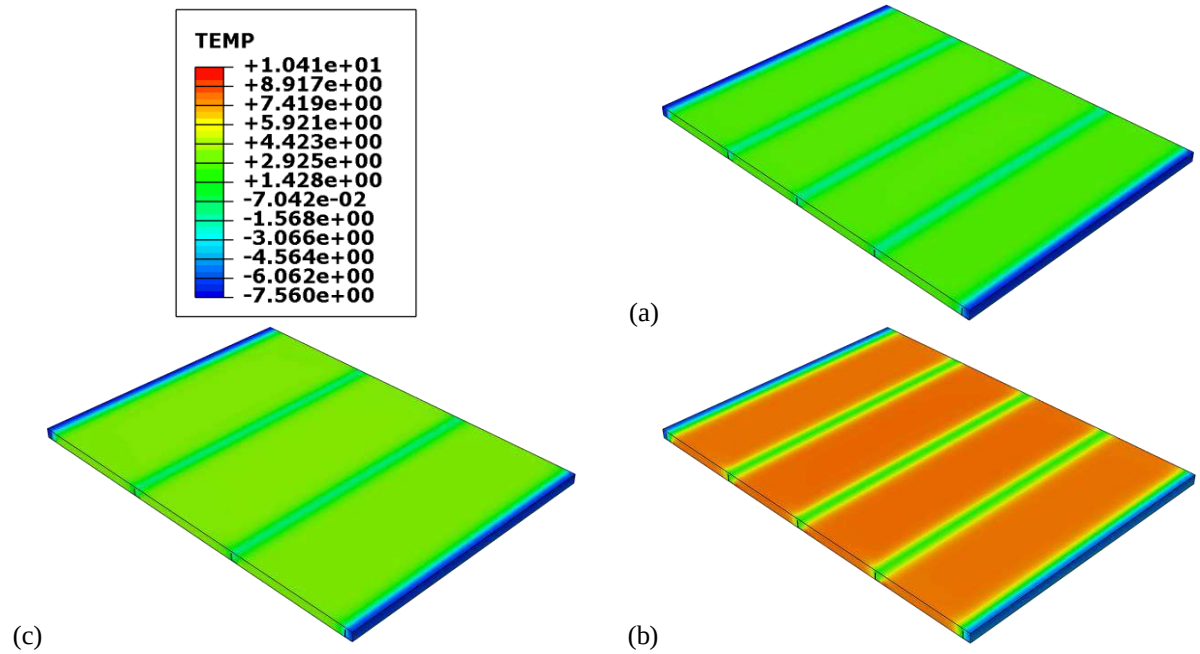


Figure 8. The temperature contour of the models; Model 3 – 160 V (a), Model 3 – 180 V (b) and Model 4 – 220 V (c).

4. CONCLUSIONS

In this study, temperature behavior of ECON plates in four different electrode ranges had investigated by applying four different potential differences with Abaqus program. Thermal-Electrical analysis had used as an FE method to perform the simulation and all models had solved without any error. The results obtained are consistent with the literature studies.

The temperature of all models, except Model 4, can rise from -10 ° C to well above the melting point in two hours after each applied voltage. The power consumed as a result of different voltages applied for different models has been obtained between 280 and 1540 W/m2.

As a result, according to these working data, Model 3 - 160 V, Model 3 - 180 V and Model 4 - 220 V can be recommended for application. Compared to the literature, these models are suitable both as snow-ice remover and in terms of economy. For further studies, it is recommended that different ECON thicknesses and electrode geometry be examined by FE method.

ACKNOWLEDGEMENTS

Authors wish to thank Erzurum Technical University and Sakarya University for technical assistance. Also, authors would like to thank TÜBİTAK for their financial support, Project number: 119M164.

REFERENCES

1. Sassani, A., Ceylan, H., Kim, S., Arabzadeh, A., Taylor, P.C., and Gopalakrishnan, K., Development of carbon fiber-modified electrically conductive concrete for implementation in Des Moines International Airport. Case studies in construction materials, 2018. **8**: p. 277-291.
2. Abdualla, H., Design, construction, and performance of heated concrete pavements system. 2018.
3. Galao, O., Bañón, L., Baeza, F.J., Carmona, J., and Garcés, P., Highly conductive carbon fiber reinforced concrete for icing prevention and curing. Materials, 2016. **9**(4): p. 281.
4. Galao, O., Baeza, F.J., Zornoza, E., and Garcés, P., Strain and damage sensing properties on multifunctional cement composites with CNF admixture. Cement and concrete composites, 2014. **46**: p. 90-98.
5. Khalid, T., Albasha, L., Qaddoumi, N., and Yehia, S., Feasibility study of using electrically conductive concrete for electromagnetic shielding applications as a substitute for carbon-laced polyurethane absorbers in anechoic chambers. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2017. **65**(5): p. 2428-2435.
6. Yehia, S. and Tuan, C.Y., Conductive concrete overlay for bridge deck deicing. Materials Journal, 1999. **96**(3): p. 382-390.
7. Yehia, S., Tuan, C.Y., Ferdon, D., and Chen, B., Conductive concrete overlay for bridge deck deicing: mixture proportioning, optimization, and properties. Materials Journal, 2000. **97**(2): p. 172-181.
8. Zhao, H.-M., Wang, S.-G., Wu, Z.-M., and Che, G.-J., Concrete slab installed with carbon fiber heating wire for bridge deck deicing. Journal of Transportation Engineering, 2009. **136**(6): p. 500-509.
9. Barnard, E., Electrically Conductive Cement and Concrete. US3166518 A, 1965.
10. Howser, R., Dhonde, H., and Mo, Y., Self-sensing of carbon nanofiber concrete columns subjected to reversed cyclic loading. Smart materials and structures, 2011. **20**(8): p. 085031.
11. Wang, S., Wen, S., and Chung, D., Resistance heating using electrically conductive cements. Advances in cement research, 2004. **16**(4): p. 161-166.
12. Gomis, J., Galao, O., Gomis, V., Zornoza, E., and Garcés, P., Self-heating and deicing conductive cement. Experimental study and modeling. Construction and Building Materials, 2015. **75**: p. 442-449.
13. Sassani, A., Ceylan, H., Kim, S., Gopalakrishnan, K., Arabzadeh, A., and Taylor, P.C., Influence of mix design variables on engineering properties of carbon fiber-modified electrically conductive concrete. Construction and Building Materials, 2017. **152**: p. 168-181.

14. Wu, J., Liu, J., and Yang, F., Three-phase composite conductive concrete for pavement deicing. Construction and Building Materials, 2015. **75**: p. 129-135.
15. Arabzadeh, A., Ceylan, H., Kim, S., Gopalakrishnan, K., and Sassani, A. Fabrication of polytetrafluoroethylene-coated asphalt concrete biomimetic surfaces: a nanomaterials-based pavement winter maintenance approach. in International Conference on Transportation and Development 2016. 2016.
16. Arabzadeh, A., Ceylan, H., Kim, S., Gopalakrishnan, K., Sassani, A., Sundararajan, S., and Taylor, P.C., Superhydrophobic coatings on Portland cement concrete surfaces. Construction and Building Materials, 2017. **141**: p. 393-401.
17. Ceylan, H., Arabzadeh, A., Sassani, A., Kim, S., and Gopalakrishnan, K. Innovative nano-engineered asphalt concrete for ice and snow controls in pavement systems. in Proc., 6th Eurasphalt &Eurobitume Congress. 2016.
18. Arabzadeh, A., Ceylan, H., Kim, S., Gopalakrishnan, K., Sassani, A., Sundararajan, S., Taylor, P.C., and Abdullah, A., Influence of deicing salts on the water-repellency of Portland cement concrete coated with polytetrafluoroethylene and polyetheretherketone, in Airfield and Highway Pavements 2017. 2017. p. 217-227.
19. Dehghanpour, H., Yilmaz, K., and Ipek, M., Evaluation of recycled nano carbon black and waste erosion wires in electrically conductive concretes. Construction and Building Materials, 2019. **221**: p. 109-121.
20. Wu, S., Mo, L., Shui, Z., and Chen, Z., Investigation of the conductivity of asphalt concrete containing conductive fillers. Carbon, 2005. **43**(7): p. 1358-1363.
21. Dehghanpour, H. and Yılmaz, K., MECHANICAL AND IMPACT BEHAVIOR ON RECYCLED STEEL FIBER REINFORCED CEMENTITIOUS MORTARS. Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture & Civil Engineering., 2018. **39**(3).
22. Dehghanpour, H. and Yılmaz, K., Microstructure Characterization of Nano Carbon Black Obtained by Combustion Method for Use in Concrete, in 1st International Symposium on Light Alloys and Composite Materials (ISLAC'18). 2018, UHAKS: Karabuk, Turkey. p. 511-512.
23. Dehghanpour, H., Afshari, F., and Yılmaz, K., ABAQUS Modeling and Investigation of Nuclear Central Cooling Tower Reinforced by CFRP. ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi: p. 59-70.
24. Dehghanpour, H. and Yılmaz, K. ABAQUS Modeling and Investigation of Thermal Conductivity of Nano-Porous Alumina Coating. in 1st International Symposium on Light Alloys and Composite Materials (ISLAC'18). 2018.
25. Dehghanpour, H. and Yılmaz, K. Simulation and Characterization of Thermal Conductivity of Nano Silica Based Aerogel. in 1st International Symposium on Light Alloys and Composite Materials (ISLAC'18). 2018.
26. Systèmes, D., Abaqus 6.10 online documentation. Abaqus User Subroutines Reference Manual, 2010.
27. Systèmes, D., Abaqus 6.10: Analysis user's manual. Providence, RI: Dassault Systèmes Simulia Corp, 2010.
28. Tuan, C.Y., Implementation of conductive concrete for deicing (Roca Bridge). 2008.

EVALUATION OF CARBOXYMETHYL CELLULOSE AS FIBER DISTRIBUTOR IN ELECTRICALLY CONDUCTIVE CONCRETES CONTAINING CARBON FIBER

Dr. Heydar DEHGHANPOUR
Sakarya University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department
Prof. Dr. Kemalettin YILMAZ
Sakarya University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department
Dr. Faraz AFSHARI
Erzurum Technical University, Department of Mechanical Engineering

ABSTRACT
Electrical conductive concrete (ECON)s are generally used for road and runways that prevent accumulation of snow and ice in the construction industry. Carbon fiber (CF) is used as an effective conductive additive in the production of ECONs. Since CF are thin and soft material, it is not possible to distribute them homogeneously when added to the concrete mixture. Many previous studies have used methyl cellulose as a fiber dispersant. In this study, the investigation of the carboxymethyl cellulose (CMC), which is suitable, for the ECONs as a fiber dispersant is discussed. In this regard, one control and six conductive concrete mixtures containing CF were produced. 0%, 0.2% and 0.4% CMC and 0.3-0.8 % CF were used in the mixtures. Three cylindrical and prismatic specimens were obtained from each mixture for electrical conductivity and mechanical tests. According to the results, electrical conductivity of the mixtures containing 0.2% CMC was higher than the others. Also, CMC had no adverse effect on its mechanical properties.

Keywords: electrical conductive concrete; carboxymethyl cellulose; carbon fiber

1. INTRODUCTION
In recent years, the examination of different materials in electrically conductive concrete has become an interesting subject. ECONs can be used in different areas. ECON is a recommended type of concrete to prevent accumulation of snow and ice in the construction industry [1]. Several methods are used to deal with ice in pavements through winter maintenance, such as plowing, natural melting, traffic movement, and chemical treatment. Most highway winter maintenance techniques depend on the use of chemicals and fine aggregates as the primary means of deicing and anti-icing. Although sodium chloride is considered the most cost-effective product, the use of chloride can reinforce bar corrosion, pavement erosion, and environmental pollution. The use of electrically conductive concrete for deicing is a relatively new material technology. Conductive concrete is a heterogeneous material that is composited by binding and conductive materials, dielectric aggregates, and water. Conductive materials replace ordinary concrete aggregates formulated for the concrete provided high electrical conductivity and high mechanical strength [2]. Electrical resistivity of open air dried concrete is determined as $6.54 \times 10^5 - 11 \times 10^5$ Ω-cm [3-9]. In addition, according to different research, electrical resistance of saturated concrete and dry concrete was reported as 106 Ω-cm and 109 Ω-cm, respectively [10, 11]. CF is a material that has been used and tested as an electrically conductive additive in the production of electrically conductive cementitious composites [3]. In addition, from the previous studies, it has been determined that the concretes containing CF is physically and mechanically resistant [12-14].

Sassani et al. [3] Investigated the effect of five different variables on the engineering properties of electrically conductive concretes. Variables; CF dosage, fiber length, coarse-fine aggregate volume ratio (C/F), conductivity ıncreasing agent (CIA) dosage and fiber dispenser agent (FDA) dosage.

According to the findings, the decrease in electrical resistance was observed with increasing CF dosage, and long fiber was determined to be insignificant in decreasing resistance compared to short fibre. The resistance increased with increasing C / F ratio. The increase in the amount of CIA significantly reduced the resistance. The presence of FDA decreased resistance, but no significant difference was observed in the change of resistance with the increase in FDA. In concretes containing CF, methyl cellulose agent is generally used as dispersant [3,13].

On the contrary, the dosage of methylcellulose as a fiber-dispersive agent in carbon fiber-modified concrete/mortar can be as low as 0.4% by weight of cementitious materials (Sassani). The aim of this study was to investigate the utility of CMC instead of methylcellulose. Methylcellulose is not easily located in Turkey.

2. EXPERIMENTAL

2.1. MATERIALS

2.1.1. CEMENT AND AGGREGATE

In the experiments, CEM I 42.5 N cement was chosen as binder. (Fig. 1.a). This cement was purchased from NUH CEMENT company. Coarse aggregate (CA) and fine aggregates (FA) were used as filler material (Fig. 1.b). Table 1 shows the grading of used aggregates.

Table 1. Gradation tables of coarse and fine aggregates.

Coarse aggregate		Fine aggregate	
sieve size (mm)	cumulative retained (%)	sieve size (mm)	cumulative retained (%)
20	0	4.75	0
16	17	2.36	18
12.5	62	0.60	43
10	78	0.30	79
4.75	100	0.15	91
		<0.15	100

2.1.2. CARBON FIBER (CF)

In this study the effect of CF on the electrical properties of concrete were investigated utilizing three different amount of CF in the mixture. Carbon fiber used has a filament diameter of 7.2 μm and a length of 6 mm (Fig. 1.c). In previous studies, CF containing batches were shown to having better resistance to freezing-thawing, tensile strength, fatigue, shrinkage potential and expansion sensitivity [15-17]. The properties of CF used in this study are given in Table 2.

Table 2. Properties of used CF.

Tensile Strength	3800 MPa
Modulus of Elasticity	228 GPa
Electrical resistance	0,00155 ohm-cm
Specific weight	1,81 gr/cc
Carbon Percentage	%95

2.1.3. CHEMICAL ADDITIVES

Fine CF containing concrete mixtures require excessive water due to the high specific surface area of these materials. A superplasticizer (SP) with a commercial name of CHRYSO® Delta 2220 was used to reduce the need for water. Methyl cellulose was used in most studies to ensure the good distribution of CF in the concrete mixture. In this study, carboxymethyl cellulose (CMC) was used as fiber

dispersing agent (Fig. 1.d). The CMC was dissolved in water in 0.2 and 0.4% wt% of the binder and added to the concrete mixture.

2.2. MIX DESIGN

The mix design used for this study and detail of produced specimens is given in Table 3. Water:cement:aggregate ratio was 0.45:1:4 in concrete mixtures. The mixtures were mixed with a mixer machine, molded and then vibrated with a vibrating table. So that three specimens were obtained for each test. All specimens demoulded after 24 hours and cured in room temperature water for 28 days until the test day.

2.3. TEST METHODS

2.3.1. COMPRESSIVE AND FLEXURAL TESTS

A 2500 KN capacity laboratory compressive tester was used for compressive tests, and also a 200 KN capacity bending tester was used for flexural tests (Fig. 2.). For the flexural test of all mixtures, binary 10 x 10 x 40 cm prismatic specimens were produced. For the compressive strength test and ER measurement of the produced electrical conductive concretes, cylindrical specimen molds of 10 cm diameter and 20 cm height were used, thus, 3 cylinder specimens were produced from each mixture. After 24 hours, all the specimens were removed from the molds and subjected to curing in a pool filled with drinking water for 28 days. After curing, the heads of the cylinder specimens were cut with a 1 cm thick cutting machine to remove roughness for good contact in the ER measurement.

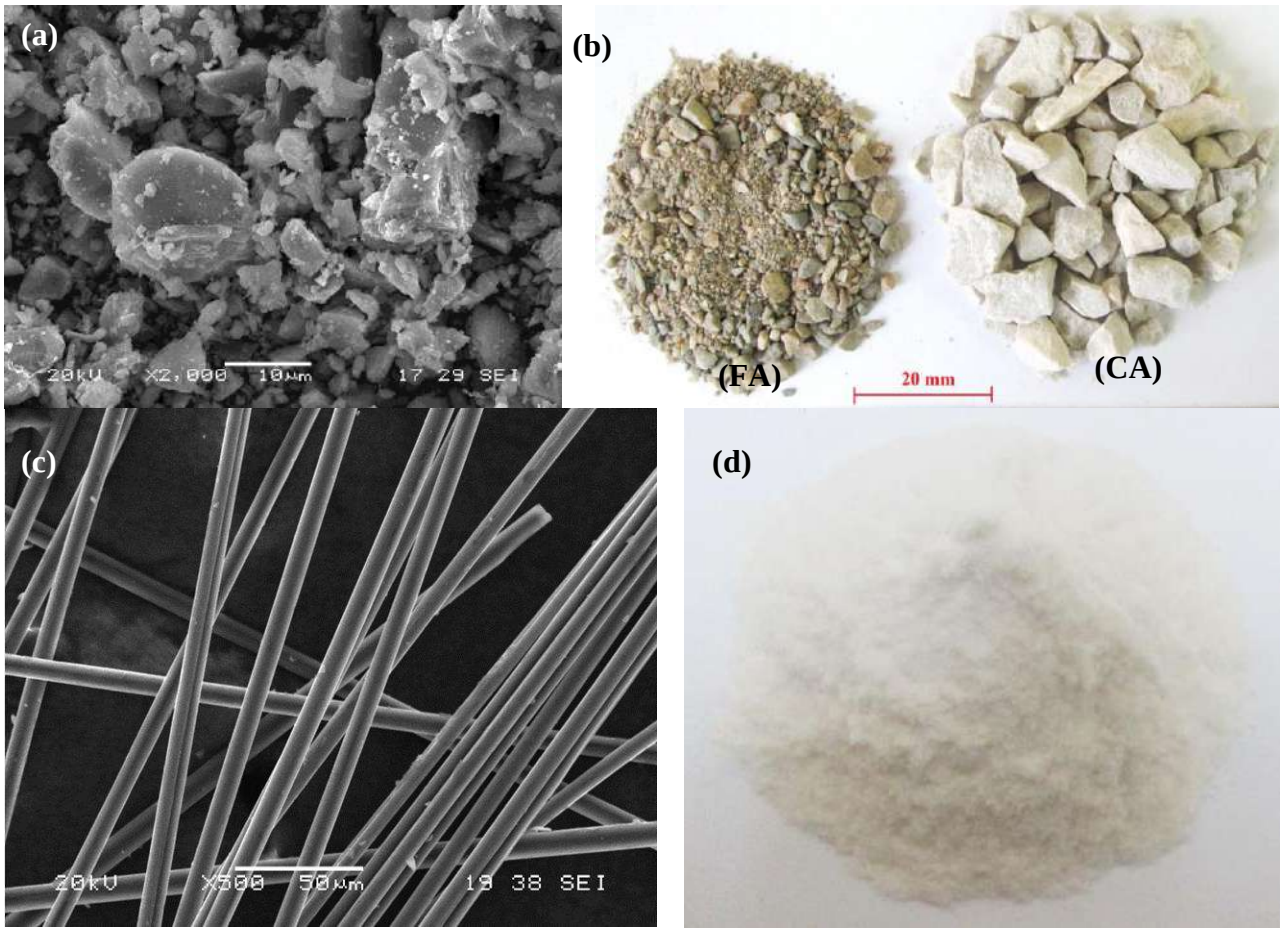


Fig. 1. Used materials; (a) SEM image of cement, (b) aggregates, (c) SEM image of CF and (d) CMC.

Table 3. Materials used in 1 m^3 mixture, F: CF, C: CMC.

No	Mix. Code	FA (kg)	CA (kg)	Cement (kg)	Water (kg)	SP (Wt. %)	CF (kg)	CMC (Wt. %)
1	Control	850	850	425	181	0.00	0	0.0
2	F0.3C0.2	850	850	425	181	0.50	0.3	0.2
3	F0.3C0.4	850	850	425	181	1.50	0.3	0.4
4	F0.8C0.2	850	850	425	181	1.25	0.8	0.2
5	F0.8C0.4	850	850	425	181	1.60	0.8	0.4
6	F0.3C0	850	850	425	181	0.30	0.3	0.0
7	F0.8C0	850	850	425	181	0.50	0.8	0.0

Fig. 2. Compressive (a) and flexural (b) tests machines.

2.3.2. IMPACT TEST

Impact situations can be reserved into two classes, high and low velocity impact [30]. According to ACI Committee 544 drop weight impact test is the most appropriate test to measure the impact strength of a cementitious materials plate [18]. J. Yahaghi et al. examined Based on the drop weight impact test method Concrete slabs in 40 mm, 30 mm, and 20 mm thickness. And they using a self-fabricated tool dropped from 28 cm height 0.380 kg steel ball for slabs with thicknesses of 20 mm and 30 mm and 1.25 kg steel ball for slabs with thickness of 40 mm [19]. In this study, 10 x 10 x 2.5 cm plate specimens were produced for impact test. For the realization of the experiment, the impact tool designed in the laboratory was used (Fig. 3.). In this experiment, the plate specimen is placed on the square-shaped support located at the bottom of the instrument. From a height of 28 cm, a mass of 0.430 kg is dropped to the center of the specimen and the impact test is performed. The multiplication process continues until the final crack occurs in the specimen. The amount of energy according to the number of repetitions is calculated from equation 2.

$$e=m\times g\times h \quad (1)$$

$$E_u=N_u\times e \quad (2)$$

Here, e, energy (Joules) for each impact, m, the weight of the mass, g (gravity), 9.81 m / s^2, h, the drop height of the mass, Eu, the ultimate energy adsorbed, N, the impact number.

Fig. 3. Drop weight impact testequipment.

2.3.3. ELECTRICAL RESISTANCE MEASUREMENT TEST METHODS:

Electrical resistance of the produced concretes were measured using standard cylinder specimens of 20 cm height and 10 cm diameter. The resistance of the electrical conductive concrete can be measured by different methods. In this study, the current values passing through concrete specimens were measured by bulk method. In this method, a specific potential difference is applied between the two surfaces of the specimen (Fig. 4). As a result of the applied voltage, electrical current between two surfaces of the specimen is measured. Electrical resistance of the specimen is then measured using the Eqs. 3– 5 [3,20].

$$V=IR \quad (V) \tag{3}$$

$$R = \frac{V}{I} \quad (\Omega) \tag{4}$$

$$\rho = R\frac{A}{L} \ (\Omega.cm) \tag{5}$$

Here, V is the applied voltage difference, I, current, R, the resistance of the specimen and $\boldsymbol{\rho}$, the resistivity of the specimen.

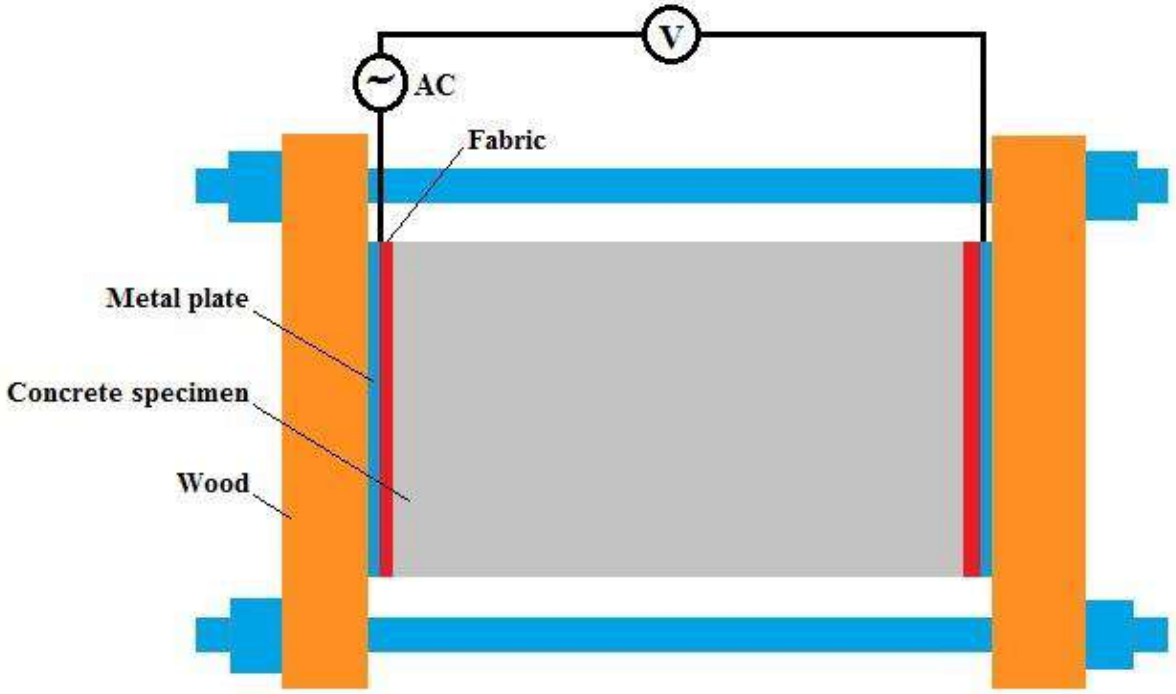


Fig. 4. Electrical resistance measuring equipment.

3. RESULT AND DISCUSSION

Electrical, mechanical and impact properties of specimens produced from different mixtures in laboratory were investigated and all results are given in Table 4. In this table; BR, σ_c, σ_f and Eu are bulk resistance, Compressive strength, flexural strength and ultimate energy.

Table 4. Electrical, mechanical and impact Results, F: CF, C: CMC.

No	Mix. Code	BR (Ω.cm)	σ_c (Mpa)	σ_f (Mpa)	Eu (J)
1	Control	10200	45.5	4.8	18.6
2	F0.3C0.2	1962	46.5	5.2	43.8
3	F0.3C0.4	1457	39.0	5.0	24.5
4	F0.8C0.2	113	42.3	5.8	89.7
5	F0.8C0.4	119	32.0	4.6	68.0
6	F0.3C0	2833	52.0	5.5	22.0
7	F0.8C0	193	44.2	6.0	30.7

The compressive strengths of conductive concretes containing 0.3% and 0.8% CF are given in Fig. 5.a with the change of CMC content. For all mixtures, the compressive strength of the concretes containing 0.8% CF was lower compared to concretes containing 0.3% CF. The compressive strength of conductive concretes containing both 0.3% and 0.8% CF decreased with increasing CMC content from 0 to 0.4%. The maximum compressive strength of 52.0 MPa was obtained for F0.3C0 specimen and the minimum compressive strength of 32.0 MPa was obtained for F0.8C0.4 specimen.

There was little negative effect on the flexural strength of conductive concrete containing CF (Fig. 5.b). It is less effective on concrete containing 0.3% CF. In concrete containing 0.8% CF, flexural strength decreased to 4.6 MPa with increased CMC ratio to 0.4%. However, approximately equal

results were obtained compared to the control specimen. The maximum flexural strength was obtained as 6.0 MPa for the CMC-free specimen containing 0.3% CF.
CMC had a positive effect on impact energy in concretes containing both 0.3% and 0.8% CF. Maximum impact energy values were obtained by adding 0.2% CMC for both mixture groups. The energy of both groups has decreased with 0.4% increase of CMC ratio (Fig. 5.c). The maximum impact energy value was 89.7 J for the F0.8C0.2 specimen and the minimum value was 18.6 for the control specimen.

The resistance of the concretes containing 0.3% CF has decreased 7 times compared to the control specimen and the resistance of the concretes containing 0.8% CF has decreased 90 times compared to the control specimen. CMC has a positive effect on conductivity in all conductive concretes (Fig. 5.d). In the mixture group containing 0.3% CF, the resistance has decreased by 30% with the addition of 0.2% CMC, the resistance has decreased by 49% with the addition of 0.4% CMC. In the mixture group containing 0.8% CF, the resistance decreased by 41% with the addition of 0.2% CMC, the resistance has decreased by 38% by the addition of 0.4% CMC.

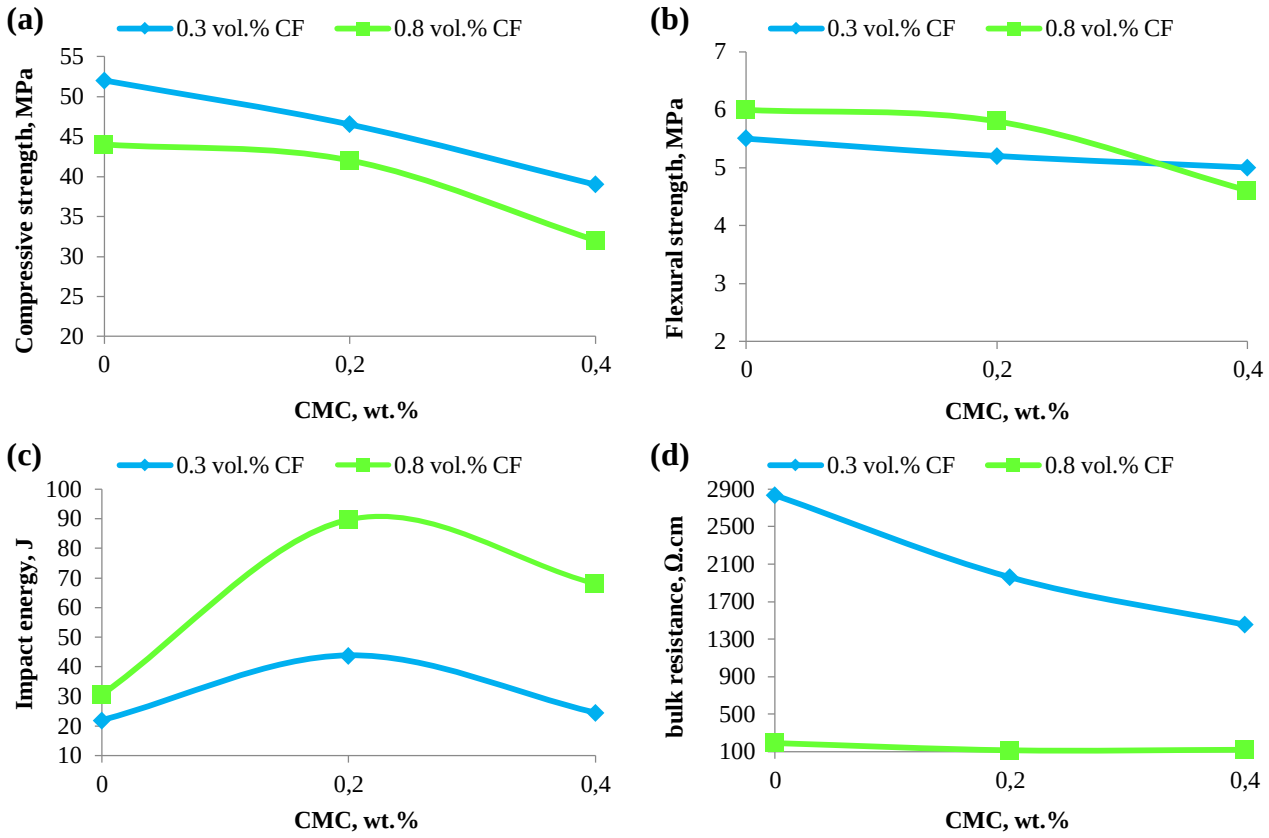


Fig. 5. Compressive strength (a), Flexural strength (b), Implact test and results Results.

4. CONCLUSIONS

CF and CMC adversely affected compressive strength. Since the main match here is to reduce the electrical resistance, the importance of this negative effect is reduced. However, CF and CMC had no significant effect on the flexural strength of conductive concrete.
The impact energy values obtained with the impact test instrument designed and manufactured in the laboratory were verified with the literature values. [20,21]. F0.8C0.2 has showed the highest energy against impact.

As determined from the literature studies, CF is the most important material that reduces the resistance of concrete. [3,20]. In this study, the lowest resistance values were obtained when CF was used at maximum rate (0.8%).

The use of CMC has resulted in positive effects on the reduction of resistance. Methylcellulose has been used as a fiber distributor in the some literature studies. [3]. In this study, the utility of CMC instead of methylcellulose was investigated. According to the positive results, CMC can be used as a fiber distributor in electrically conductive concretes which are economically suitable and easy to find.

ACKNOWLEDGEMENTS
Authors wish to thank Erzurum Technical University and Sakarya University for technical assistance. Also, authors would like to thank TÜBİTAK for their financial support, Project number: 119M164.

References

1. Dehghanpour, H. and K. Yilmaz, Heat Behavior of Electrically Conductive Concretes with and Without Rebar Reinforcement. Materials Science (Medžiagotyra)., 2020(26): No,4.
2. J. Wu, J. Liu, F. Yang, Three-phase composite conductive concrete for pavement deicing, Constr. Build. Mater. 75 (2015) 129–135.
3. A. Sassani, H. Ceylan, S. Kim, K. Gopalakrishnan, A. Arabzadeh, P.C. Taylor, Influence of mix design variables on engineering properties of carbon fibermodified electrically conductive concrete, Constr. Build. Mater. 152 (2017) 168–181.
5. A. Arabzadeh, H. Ceylan, S. Kim, K. Gopalakrishnan, A. Sassani, Fabrication of polytetrafluoroethylene-coated asphalt concrete biomimetic surfaces: a nanomaterials-based pavement winter maintenance approach, in International Conference on Transportation and Development 2016. 2016.
6. A. Arabzadeh, H. Ceylan, S. Kim, K. Gopalakrishnan, A. Sassani, S. Sundararajan, P.C. Taylor, Superhydrophobic coatings on Portland cement concrete surfaces, Constr. Build. Mater. 141 (2017) 393–401.
7. H. Ceylan, A. Arabzadeh, A. Sassani, S. Kim, K. Gopalakrishnan, Innovative nano-engineered asphalt concrete for ice and snow controls in pavement systems, in Proc., 6th Eurasphalt & Eurobitume Congress, 2016
8. A. Arabzadeh, H. Ceylan, S. Kim, K. Gopalakrishnan, A. Sassani, S. Sundararajan, P.C. Taylor, A. Abdullah, Influence of deicing salts on the water-repellency of Portland cement concrete coated with polytetrafluoroethylene and polyetheretherketone, in Airfield and Highway Pavements 2017. 2017. p. 217–227.
9. H. Whittington, J. McCarter, M. Forde, The conduction of electricity through concrete, Mag. Concr. Res. 33 (114) (1981) 48–60.
10. A.S. El-Dieb, M.A. El-Ghareeb, M.A. Abdel-Rahman, A.N. El Sayed, Multifunctional electrically conductive concrete using different fillers, J. Build. Eng. 15 (2018) 61–69.
11. Z. Tang, Z. Li, J. Qian, K. Wang, Experimental study on deicing performance of carbon fiber reinforced conductive concrete, J. Mater. Sci. Technol. 21 (1) (2005) 113–117.
12. C.Y. Tuan, Implementation of conductive concrete for deicing (Roca Bridge), 2008.
13. O. Galao, F.J. Baeza, E. Zornoza, P. Garcés, Strain and damage sensing properties on multifunctional cement composites with CNF admixture, Cem. Concr. Compos. 46 (2014) 90–98.

14. A.L. Materazzi, F. Ubertini, A. D'Alessandro, Carbon nanotube cement-based transducers for dynamic sensing of strain, Cem. Concr. Compos. 37 (2013) 2– 11.

15. J. Cao, D. Chung, Carbon fiber reinforced cement mortar improved by using acrylic dispersion as an admixture, Cem. Concr. Res. 31 (11) (2001) 1633– 1637.

16. A. Peyvandi, P. Soroushian, A.M. Balachandra, K. Sobolev, Enhancement of the durability characteristics of concrete nanocomposite pipes with modified graphite nanoplatelets, Constr. Build. Mater. 47 (2013) 111–117.

17. B. Chen, J. Liu, Effect of fibers on expansion of concrete with a large amount of high f-CaO fly ash, Cem. Concr. Res. 33 (10) (2003) 1549–1552.

18. Nili M. and Afroughsabet V. The effects of silica fume and polypropylene fibers on the impact resistance and mechanical properties of concrete. Construction and Building Materials, 2010. 24(6): p. 927—933.

19. Yahaghi J., Muda Z. C. and Beddu S. B. Impact resistance of oil palm shells concrete reinforced with polypropylene fibre. Construction and Building Materials, 2016. 123: p. 394—403.

20. Dehghanpour, H., K. Yilmaz, and M. Ipek, Evaluation of recycled nano carbon black and waste erosion wires in electrically conductive concretes. Construction and Building Materials, 2019. 221: p. 109-121.

21. Dehghanpour, H. and K. Yilmaz, Mechanical and impact behavior on recycled steel fiber reinforced cementitious mortars. Russian journal of building construction and architecture, 2018(3): p. 67-84.

ARTVİN YUSUFELİ PİRİNÇ KABUĞU KÜLÜNÜN BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ
THE EFFECT OF ARTVIN YUSUFELI RİCE HUSK ASH ON CONCRETE PROPERTIES

Öğt. Gör. Harun Yüksel GÜLYAPRAK
Artvin Çoruh Üniversitesi İnşaat Bölümü
Prof. Dr. Rüstem GÜL
Iğdır Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü

ÖZET
Beton dünyada üretimi gün geçtikçe artan önemli bir yapı malzemesidir. Bu durum betonu oluşturan bileşenlerin de artması anlamına gelmektedir. Bu bileşenler içerisinde en önemli ve en pahalı olanı çimentodur. Beton maliyetini düşürmek ve çimento üretimi kaynaklı çevre kirliliğini azaltmak adına konu üzerinde çalışmalar artmaktadır. Çimento kullanımını azaltabilecek bir çözüm de çimento özelliği gösterebilecek malzemelerin betona dahil edilmesidir. Çimentonun bir kısmi ile yerdeğiştirme şeklinde kullanılabilecek bu malzemeler ayrıca betonun birçok özelliğini de iyileştirebilmektedir. Bu malzemelerden biri olan pirinç kabuğu külü beton içerisinde kullanıma uygun yapısıyla betona önemli katkılar sağlayabilmektedir. Külün elde aşamaları ve pirinç kabuklarının toplandığı bölge farklılıkları küllerin yapısında da değişikliğe sebep olabilmektedir. Çalışma kapsamında yöresel pirinç kabuklarının beton üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Çalışmada pirinç kabuğu külü %0 (referans), %5, %10 ve %15 oranlarında çimento ile ikame edilerek su/çimento oranı 0,53 olan C25/30 sınıfı dört farklı beton üretimi yapılmıştır. Elde edilen taze betonların birim ağırlık ve işlenebilirlikleri ölçülerek, küp kalıplara dökülmüştür. 7 ve 28. Günlerde küp numuneler üzerinde schmidt, ultrases ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada Artvin-Yusufeli bölgesinden temin edilen pirinç kabukları kullanılmıştır. Bölgesel pirinç kabuklarının beton özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışma sonuçlarına göre ikame oranı arttıkça birim hacim ağırlıklarda ve işlenebilirliklerde düşüşler gözlenmiştir. Tüm beton örneklerinin ise hedef basınç dayanımını sağladığı görülmüştür. Pirinç kabuğu külü ikame oranının %5 olduğu örnekler, referans örneklerinin yaklaşık %94'ü kadar dayanım sergilemiştir. Bu oran %10 ve %15 ikameli örneklerde %91 ve %86'dır. Schmidt ve ultrases geçiş hızı deneyleri sonucunda bulunan değerler de basınç deneyi sonuçlarıyla paralellik göstermiştir. Beton özelliklerini iyileştirmesi ve çimentodan tasarruf sağlaması bakımından yöresel pirinç kabuğu külünün beton imalatlarında kullanımının uygun olacağı kanısına varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Pirinç kabuğu, çimento, beton

ABSTRACT
Concrete is an important building material whose production is increasing day by day in the world. This means that the constituents of the concrete also increase. The most important and the most expensive of these components is cement. In order to reduce the cost of concrete and reduce environmental pollution caused by cement production, studies on the subject are increasing. One solution that can reduce the use of cement is the inclusion of materials that can be cemented. These materials, which can be used as a partial displacement of cement, can also improve many properties of concrete. Rice husk ash, which is one of these materials, can provide significant contributions to concrete with its structure suitable for use in concrete. The stages of ash collection and the differences in the region where the rice husks are collected can also cause a change in the structure of the ash. In this study, the effects of local rice husks on concrete were investigated.

In this study, rice husk ash is substituted with 0% (reference), 5%, 10%, 15% cement and four different types of C25/30 concrete were produced with water/cement ratio of 0,53. Unit weight and slump amount of fresh concrete was determined and concrete was poured into cube molds. Schmidt hammer, ultrasonic pulse velocity and compressive strength tests were performed on cube samples on 7th and 28th days.

Rice husks obtained from Artvin-Yusufeli region were used in the study. The effect of regional rice husks on concrete properties was investigated. Unit weight decreased as the rate of substitution increased. The slump amount decreased with the addition of ash. As a result, all concrete types provide target compressive strength in concrete class C25/30. Samples with a rice husk ash substitution rate of 5% exhibited about 94% strength of reference samples. This ratio is 91% and 86% in 10% and 15% substituted samples. The values obtained from the schmidt hammer and ultrasonic pulse velocity test were in parallel with the compressive strength test results. It is concluded that regional rice husk ash will be suitable for use in concrete manufacturing. Because the use of regional rice husk ash ash improves concrete properties and saves cement.

Keywords: Rice husk, cement, concrete

1. GİRİŞ

Günümüzde bir çok yapı çeşidinde kullanılan en önemli ve popüler yapı malzemesi olan betonun üretim miktarı her geçen gün artmaktadır. Artan beton üretimi betonu oluşturan hammaddelere olan ihtiyacı da artırmaktadır. Bu hammaddeler içinde en önemli ve en pahalı olanı ise betonda bağlayıcı olarak kullanılan çimentodur.

Çimento üretiminin artması bazı olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Artan çimento üretimi doğal kaynakları azaltmakta, üretim aşamasında yüksek enerji tüketmekte ve büyük miktarlarda sera gazı salmaktadır . Bir tonluk sıradan portland çimentosu üretimi yaklaşık bir ton karbondioksit salınımı yaptığı için küresel karbondioksit emisyonlarının neredeyse %7'sini oluşturmaktadır (Thomas, 2018). Ayrıca dünyadaki enerjinin %2'lik kısmı çimento üretimi sürecinde harcanmaktadır (Ghia, 2014).

Çimento endüstrisiyle ilgili ciddi çevre kirliliği ve sağlık tehlikeleri nedeniyle konu üzerinde çalışmalar önem kazanmıştır. Çimento üretimi kaynaklı zararları azaltmak için alınabilecek olası önlemlerden biri de bağlayıcı özellik gösterebilecek malzemeleri (ek çimentolama malzemeleri) çimentonun bir kısmı yerine kullanmaktır (Christopher vd., 2017). Genelde çimento ile yer değiştirme şeklinde kullanılan bu malzemelerin birçoğu puzolanik özelliklidir. Yani kendi başlarına bağlayıcılık özelliği olmamasına karşın uygun koşullar oluştuğunda bağlayıcılık özelliği gösterebilen

malzemelerdir. Bu alternatif bağlayıcılar betonun dayanım ve durabilite özellikleri üzerinde olumlu etkiler yaratabilmektedir. Ayrıca çimento kullanım miktarını da düşürerek beton maliyetinden tasarruf imkanı sunmaktadır. Aynı zamanda bu malzemelerin kullanılması depolama alanlarına atılması gereken birçok atık yan ürünlerinin azaltılmasına ve tehlike oluşturabilecek bazı atıkların da stabilizasyonuna imkan tanımaktadır (Najimi ve Ghafoori, 2019). Kullanılacak bu ilave malzemeler hem çimentonun üretiminden kaynaklanan zararların azaltılmasını sağlamakta hem de betonun performansını artırıcı etki meydana getirmektedir.

Uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu, mısır koçanı külü, pirinç kabuğu külü vb. gibi çeşitli tarımsal ve endüstriyel atıkların betonda kullanımı araştırmacılar tarafından incelenmektedir. Bunlar içerisinde pirinç kabuğu külü ile ilgili çalışmalar özellikle pirinç tarımı yapılan bölgelerde yaygındır. Pirinç kabuğu külü, pirinç kabuklarının yakılmasıyla elde edilen yüksek yüzey alanı ve içeriğinden dolayı yüksek oranda reaktif puzolan olarak kabul edilen bir malzemedir. Pirinç kabuğu, çeltik ağırlığının yaklaşık % 20 ila 23'ünü oluşturan pirinç öğütme işleminin bir yan ürünüdür. % 75 organik uçucu madde içeren pirinç kabukları, yanma sırasında ağırlığının yaklaşık % 25'ini kül olarak üretirler (Olutoge, 2019). Pirinç kabuklarının betonda kullanılması çeşitli avantajlar sağlar. Beton karışımlara katılan pirinç kabukları sayesinde hem tarımsal bir atık malzeme olan pirinç kabuklarının bertaraf edilebilmesi sağlanabilmekte hem de pirinç kabuklarının yapısından dolayı beton özellikleri iyileştirilebilmektedir.

Pirinç özellikle Çin, Hindistan, Endonezya gibi Asya ülkelerinde önemli bir besin kaynağıdır. Dünya genelinde yaklaşık olarak yılda 760 milyon ton çeltik üretilmektedir. Ayrıca bu üretimin artarak devam edeceği de görülmektedir. Dünya genelinde çeltik tarımı yapan ülkelerin yıllık çeltik üretim miktarları Tablo 1'de verilmiştir (URL 1).

Tablo 1. Dünyada çeltik üretim miktarları

	Çeltik Üretim Miktarı (Milyon ton)			
	2015	2016	2017	2018
Çin	210	209	210	
Hindistan	157	163	166	
Endonezya	73	73	74	
Dünya	740,3	751,9	758,9	
Türkiye	0,92	0,92	0,90	0,94

Türkiyede de çeltik üretim miktarları artan bir seyir izlemektedir. 2018 yılında ülkemizde 118 100 hektarda 940 000 ton çeltik üretimi yapılmıştır. Son yıllarda ülkemizde üretilen çeltik miktarları Tablo 2'de verilmiştir (URL 2).

Tablo 2. Ülkemizde çeltik üretim miktarları

Yıllar	Ekiliş Alanı (Ha)	Üretim (Ton)	Verim (Kg/Da)
2014	110 884	830 000	764
2015	115 856	920 000	794
2016	116 046	920 000	793
2017	110 000	900 000	818
2018	118 100	940 000	796

Çeltik tarımı ülkemizde Edirne, Çanakkale, Balıkesir, Samsun, Çorum gibi illerimizde yoğun olarak yapılmaktadır. Bu illere göre daha düşük miktarlarda olsa da Artvin ilinin Yusufeli ilçesinde de çeltik tarımı yapılmaktadır. Artvin valiliği verilerine göre Yusufeli ilçesinde 380 dekar alanda yılda yaklaşık 450 ton çeltik üretilmektedir (URL 3).

Pirinç kabuğu külünün eldesi aşamasında uygulanan işlemler küllerin yapısını etkilemektedir. Pirinç kabuklarının yakma aşaması uygun yapıdaki küllerin oluşabilmesi için büyük önem arz eder. Kabuğun yanma sıcaklık aralığına ve yanma süresine bağlı olarak kristal ve amorf silika formları elde edilir. Oluşan yapılar külün reaktivitesi üzerinde önemli bir paya sahiptir (Christopher vd., 2017). Pirinç kabuğunu 700 °C'nin altında bir sıcaklıkta yakmak, külün iç yapısında istenilen bir yapı olan amorf silika üretir. Bu kontrolsüz koşullarda, reaktivite elde etmek için külleri çok ince bir tanecik boyutuna öğütülmesi gerekebilir. Kontrollü yanma ile üretilen küller, yüksek konsantrasyonlu (ağırlıkça % 85–95) amorf silika içeren gözenekli bir yapıya sahip olurlar. En yüksek amorf silika içeriğini elde etmek için en uygun yanma sıcaklığı 500–700 °C'dir (Kang vd., 2019).

Yanma koşullarının dışında kabukların kimyasal yapısı da küllerin özelliklerini farklılaştırır. Pirinç kabuğu külünün kimyasal bileşimi büyük ölçüde pirinç kabuğunun kaynağına ve bunların organik bileşimine bağlıdır. Farklı kaynakların kimyasal bileşimi, bölgenin doğal iklim ve coğrafi durumuna bağlı olarak farklılık göstermektedir (Khan vd., 2018). Pirinç ekimi sırasında, bitkiler silikayı topraktan alırlar ve yüksek silika toprağı yüksek silika içerikli kül ile sonuçlanır. Coğrafi ve iklim koşulları, pirincin üretimini ve mineral içeriğini ve bunların küllerini etkileyebilir. Ayrıca, gübre seçimi, küllerin yanmadaki kimyasal bileşimini değiştirebilir ve bu da betondaki faydalarını etkileyebilir (Miller vd., 2019). Pirinç kabuğu külü ile alakalı önceki yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Pirinç kabuklarından kül eldesinde yanma koşullarının değişimini inceleyen çalışmalarda, De souza vd. ve Kang vd., kontrollü (belirli sıcaklık ve zaman aralığında) yakma ile elde edilen küllerin kontrolsüz yakma ile elde edilen küllere göre daha reaktif olduklarını göstermişlerdir (De souza vd. 2011 ve Kang vd. 2019). Kabukların yakma sıcaklığı ve süresi de küllerin reaktifliğini etkileyen faktörlerdendir. Nair vd. (2008) 500 ^{0}C'de 12 saat, Bie vd. (2015) 600 ^{0}C'de 2 saat, Ramezanianpour vd. (2009) 650 ^{0}C'de 1 saat süreyle yakmanın uygun özellikte kül eldesi için yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Kabukların yakılmasının ardından belli bir öğütme aşamasından geçirilerek beton üretiminde değerlendirilmektedir. Yapılan çalışmalara bakıldığında genel olarak kül inceliğinin artması ile reaktifliğinin de arttığı görülmüştür (Habeeb ve Fayyadh, 2009 ve " Jamil vd., 2016).

Yapılan çalışmalarda pirinç kabuğu küllerinin harçlara farklı oranlarda katıldığı görülmektedir. Pirinç kabuğu külü ile yapılan çalışmalarda araştırmacılar belli oranlara kadar kül ikamesinin betonun dayanım ve durabilite özelliklerine olumlu yönde etki yaptığını vurgulamaktadır. İşbilir (2012) %5, Yıldız vd. (2007) %10, He vd. (2017) %15, Ferraro vd. (2012) %15, Madandoust vd. (2011) %20, Chindaprasirt ve Rukzon (2008) %40 oranlarına kadar külün çimento ile ikame edilebileceğini yaptıkları çalışmalarda göstermişlerdir.

Görüldüğü üzere yanma sıcaklık ve süreleri ile küllerin inceliği reaktiflik üzerinde pay sahibidir. Bu faktörlerin dışında coğrafi ve iklim koşulları farklılığı da pirinç kabuğunun reaktifliğine etki etmektedir. Değişen bu parametreler sebebiyle yapılan çalışmalarda da farklı sonuçlar görülmektedir. Bu bakımdan olumlu sonuçlar verebilecek uygulanabilir yöntemler önemli hale gelmektedir (Abalaka, 2012). Bu çalışma kapsamında Artvin Yusufeli bölgesinden toplanan pirinç kabukları yakılmış, öğütülmüş ve çeşitli oranlarda çimento yerine ikame edilerek beton örnekleri hazırlanmıştır. Yapılan taze ve sertleşmiş beton deneyleri sonucunda küllerin betonda kullanılabilirliği hakkında fikir elde edilmiştir

.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

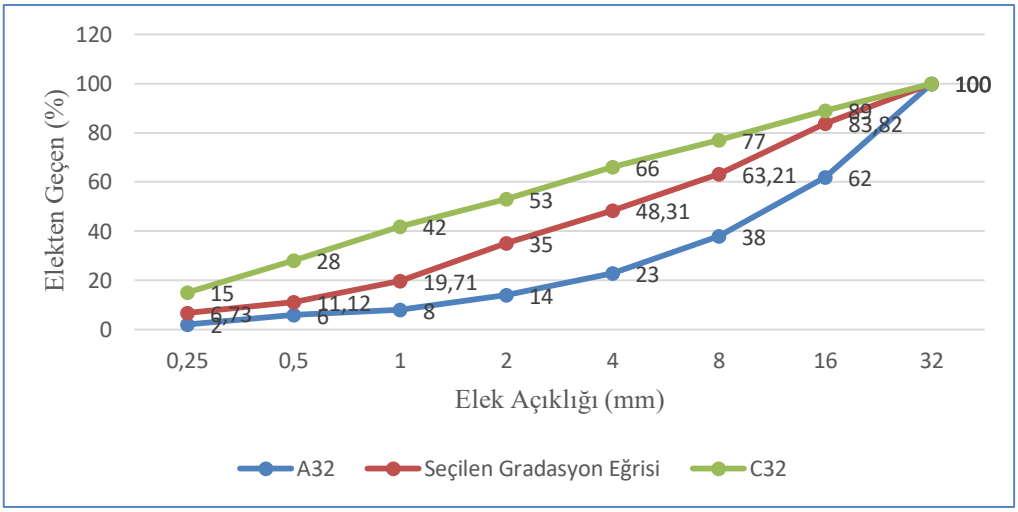
Yapılan çalışmada, Aşkale ürünü olan CEM I 42.5 R çimentosu, Artvin-Borçka yöresine ait kırmataş agrega, Borçka şehir şebeke suyu, Artvin-Yusufeli yöresinden tedarik edilen pirinç kabuğu ve süper

akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır. CEM I 42.5 R çimentosuna ve pirinç kabuğu (PK) külüne ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Çimento ve PK külüne ait kimyasal ve fiziksel özellikler

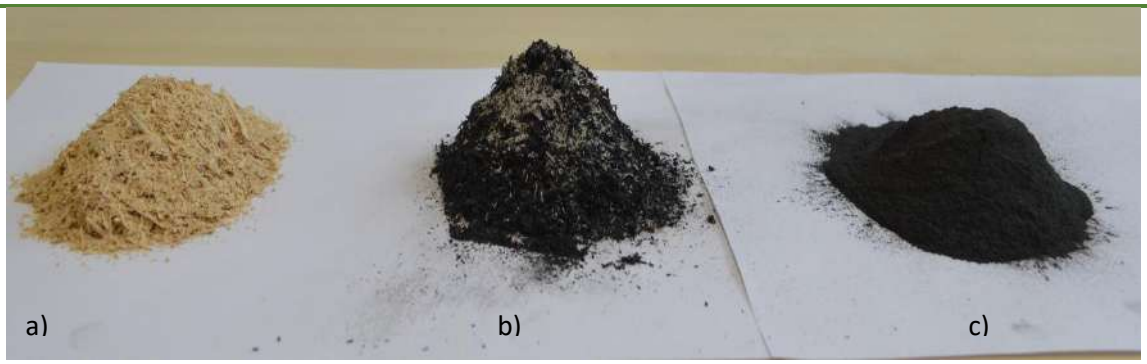
Kimyasal kompozisyon	Çimento (%) ağırlıkça	PK külü (%) ağırlıkça	Fiziksel özellikler	Değer (Çim)	Değer (Kül)
SiO_2	19,98	53,53	Özgül ağırlık, (g/cm³)	3,12	1,99
Al_2O_3	4,96	0,64	Özgül yüzey (cm²/g)	3703 (Blaine)	912589 (BET)
Fe_2O_3	3,13	0,28			
CaO	61,94	0,70			
MgO	2,65	1,52			
SO_3	3,01	0,13			
Na_2O	0,58	0,09			
K_2O	0,75	4,01			
Kızd. Kaybı	2,36	34,3			

Çalışmada kullanılan agregaların tane dağılımı TS 706 EN 12620+A1 ve TS EN 933-1 standardında belirtilen esaslara uygun şekilde belirlenmiştir (TS 706 EN 12660+A1, 2009 ve TS EN 933-1, 2012). Standartlara uygun özelliklere sahip agregalara ait deneysel granülometri eğrisi Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Agregalara ait deneysel granülometri eğrisi

Beton örneklerinde kullanılan PK külü Artvin Yusufeli bölgesinden alınan pirinç kabuklarının yakılıp kül haline getirilmesi daha sonra küllerin öğütülmesi ile elde edilmiştir. Pirinç kabukları 600^0C'de 2 saat süreyle fırında yakılmıştır. Fırından çıkarılan kabuklar soğuduktan sonra öğütülmüş ve elenmiştir. Karışımlara ikame edilen atık malzeme en az %75'i 90 mikron, %40'ı 45 mikron elekten geçen bir partikül büyüklüğüne sahiptir. Betonlarda kullanılan PK Külünün elde aşamaları Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. a) Pirinç Kabuğu b) Yanmış Pirinç Kabuğu c) Pirinç Kabuğu Külü

Farklı oranlarda PK külü takviyeli beton örneklerine ait beton karışım hesabı standartlara uygun olarak belirlenmiştir (TS 802, 2016). PK külü takviyesiz 1 m3 beton karışımına gerekli malzemeler hesaplandıktan sonra sırasıyla 0 (PK0), 16 (PK5), 32 (PK10), 48 (PK15) kg PK külü takviye edilerek 4 farklı beton karışımı hazırlanmıştır. PK0 karışımına ait 1 m³ malzeme miktarı Tablo 4'de verilmiştir.

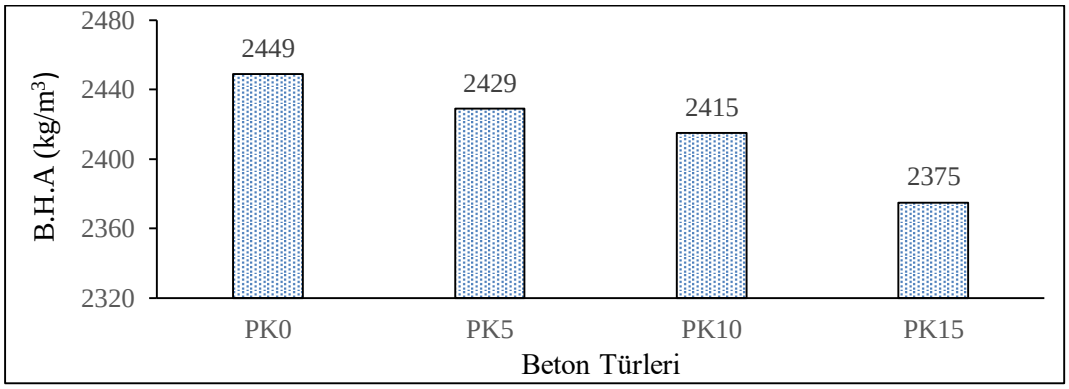
Tablo 4. Kül ilavesiz karışıma ait 1 m³ malzeme miktarı

Karışım ismi	PK Külü, kg	Su, litre	Çimento, kg	Katkı maddesi, kg	0-5, kg	0-5 (Yıkanmış), kg	5-12, kg	12-25, kg
PK0	0	169	320	3,2	590	269	559	380

Beton karışımları laboratuar tipi beton mikserinde hazırlanmış olup birim hacim ağırlıkları TS EN 12350-6 standardına göre, çökme miktarları TS EN 12350-2 standardına göre tespit edilmiştir (TS EN 12350-6, 2010, TS EN 12350-2, 2010). Hazırlanan taze beton, beton test çekici (TS EN 12504-2, 2013), ultra ses geçiş hızı (TS EN 12504-4, 2004) ve basınç dayanımı (TS EN 12390-3, 2010) için 150 mm x 150 mm x 150 mm kalıplara dökülmüştür. 7 ve 28 gün kür havuzunda bekleyen beton örnekler üzerinde sertleşmiş beton deneyleri gerçekleştirilmiştir.

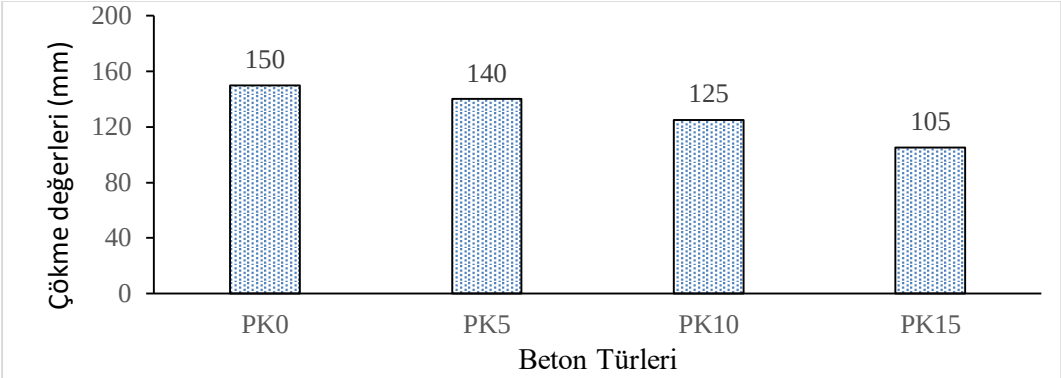
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı oranlarda PK külü ikamesi ile hazırlanan beton türleri üzerinde taze beton deneylerinden çökme miktarı ve birim hacim ağırlık deneyleri standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Birim hacim ağırlıklarının (B.H.A) beton türleriyle değişimi Şekil 3'de verilmiştir. Beton içerisine katılan pirinç kabuğu kül miktarı arttıkça taze betonun birim ağırlığının da düştüğü görülmüştür. Beton içerisine çimento ağırlığının %5, 10 ve 15 oranlarında pirinç kabuğu külü ilavesi ile taze betonun birim ağırlığında sırasıyla %0.82, 1.39 ve 3.02 oranında azalmalar meydana gelmiştir. Pirinç kabuğu küllerinin birim ağırlığının çimento birim ağırlığından düşük olmasından dolayı, karışımdaki kül miktarı arttıkça taze ve sertleşmiş betonun birim ağırlığında azalma gözlenmiştir.



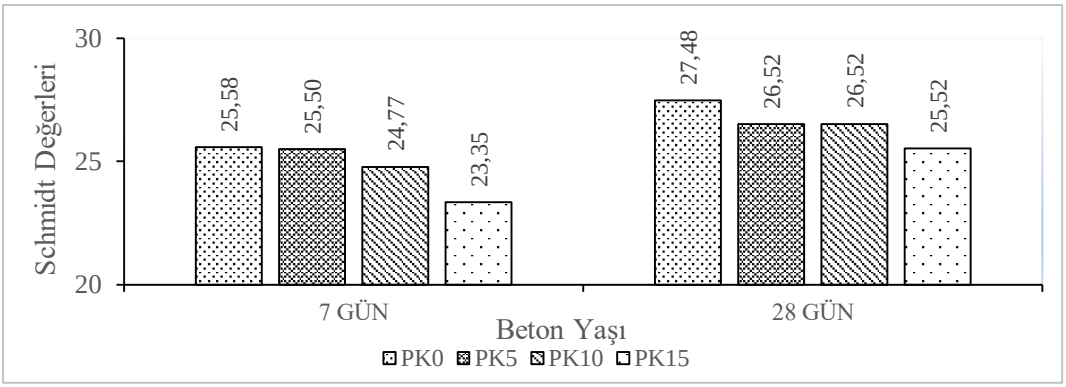
Şekil 3. Birim hacim ağırlık değerleri

PK külü ikame oranının artmasıyla betonun çökme miktarının da düştüğü belirlenmiştir. Referans örneklere göre çökme miktarlarında PK5, PK10 ve PK15 karışım örneklerinde sırasıyla %6,67, 16,67 ve %30 oranlarında azalmalar gözlenmiştir. Çökme miktarındaki azalma küllerin yüksek yüzey alanına sahip olmaları sebebiyle su emme kapasitelerinin yüksek olmasından ileri gelmektedir (Salas vd., 2009).



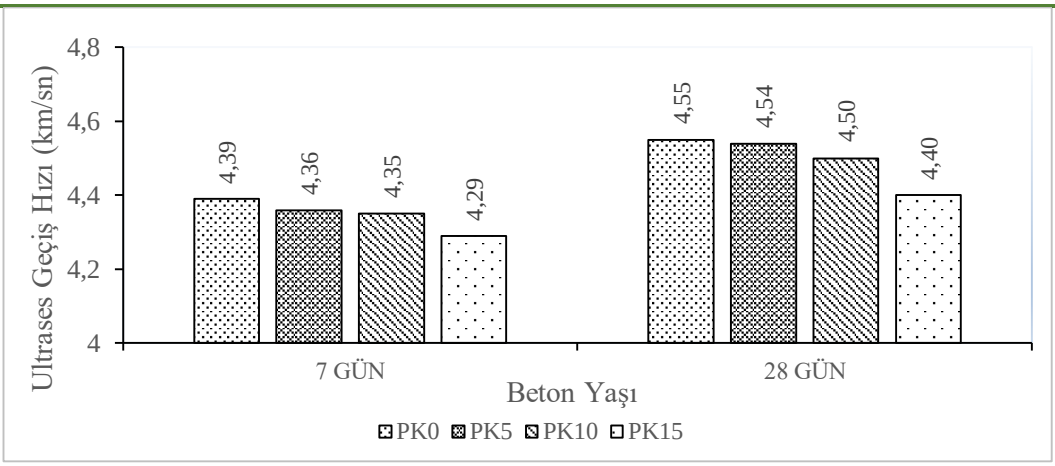
Şekil 4. Çökme değerleri

Çalışma kapsamında küp numunelerin tamamına schmidt test çekici ile schmidt deneyi yapılmıştır. 7 ve 28. günlerde gerçekleştirilen beton test çekici sonuçlarına göre, en yüksek test çekici değerini referans numuneleri vermiştir. Schmidt çekici betonun basınç dayanımı ile yüzey sertliği arasındaki açık ilişkiye dayanarak betonun dayanımı hakkında bilgi vermektedir (Panedpojoman, 2018). Kül ikame oranının artmasıyla betonların yüzey sertliğinin azaldığı ve dolayısıyla basınç dayanımlarının da düştüğü söylenebilir.



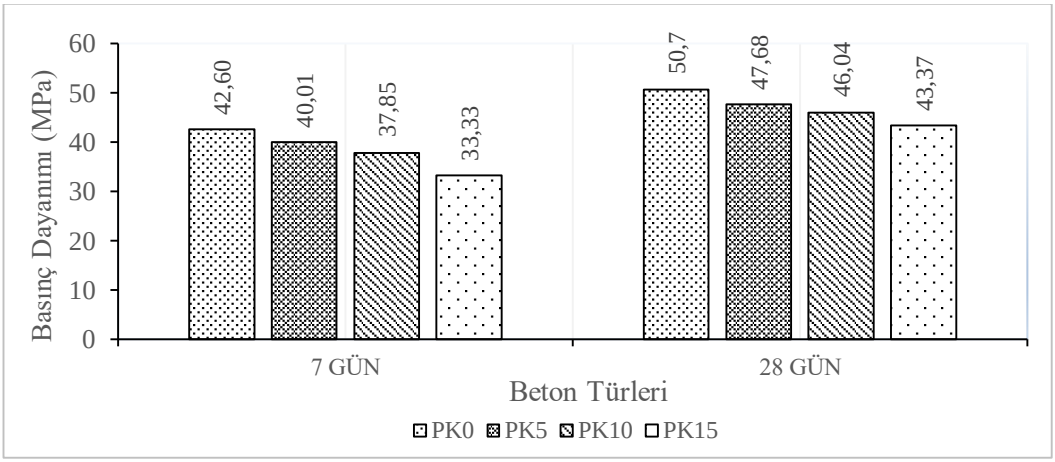
Şekil 5. Beton test çekici değerleri

Çalışma kapsamında küp numunelerin tamamına ultrases geçiş hızı deneyi yapılmıştır. 7 gün sonunda en yüksek ultrases geçiş hızı referans örneklerde gözlenirken ikame oranı arttıkça ultrases geçiş hızının düştüğü görülmüştür. Benzer durum 28 gün sonunda da gözlenmiştir. 28 gün sonunda yapılan deney sonuçlarına göre de en yüksek hız referans betonlarında ölçülmüştür.



Şekil 6. Ultrases geçiş hızı değerleri

Bu çalışmada, PK külü içeren ve içermeyen beton numunelerin basınç dayanımları 7 ve 28 günün sonunda belirlenmiştir. Betonun diğer özelliklerini yaklaşık belirleyen bir parametre kabul edilen basınç deneyi sonuçlarına göre 7 gün sonunda en yüksek dayanımı referans numuneleri göstermiştir. Kül ikame oranı arttıkça basınç dayanımlarının da düştüğü görülmüştür. Benzer durum 28 gün sonunda yapılan deney sonuçlarında da görülmüştür. 28 gün sonunda referans numunesi en yüksek dayanımı göstermiş olmasına karşın kül ikamesi ile basınç dayanımlarının kademeli olarak düştüğü görülmüştür. 28 gün sonunda PK5, PK10 ve PK15 betonları, referans betonlarının sırasıyla %94, %91 ve %86'sı kadar dayanım sergilemişlerdir. Basınç dayanımları düşse de 7 ve 28 gün sonunda tüm örnekler hedeflenen basınç dayanım değerlerini sağlamıştır. Pirinç kabuğu külünün çimento yerdeğiştirme malzemesi olarak kullanıldığı birçok çalışmada erken yaşlarda referans örneklerden düşük dayanım sergileyen ikameli betonlar, ileri yaşlarda referans örneklerinin üzerinde dayanım göstermişlerdir. (Madandoust vd., 2011 ve Khassaf vd., 2014).



Şekil 7. Basınç dayanımı değerleri

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, pirinç kabuğu külü ikame edilerek üretilen betonların fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen 7 ve 28 günlük deney sonuçları irdelendiğinde şunları söylemek mümkündür:

Referans ve ikameli beton türlerine ait taze beton deneyleri sonucunda birim hacim ağırlık değerlerinde ikame oranı arttıkça düşüş gözlenmiştir.

Taze beton örnekleri üzerinde yapılan slump (çökme) deneyi sonuçlarına göre karışımlara katılan kül miktarının artması ile harçların çökme miktarında düşüş gözlenmiştir.

Schmidt çekici deney sonuçlarına göre 7 ve 28 gün sonunda en yüksek değerleri referans örnekleri vermiştir.

Ultrases geçiş hızı deney sonuçlarına göre 7 ve 28 gün sonunda referans örnekleri en yüksek ultrases değerine sahiptir.

7 ve 28 gün sonunda küp numuneler üzerinde basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. 7 ve 28 günlük kür süresi sonunda en yüksek basınç dayanımı değeri referans betonlarda ölçülmüştür.
Sonuç olarak çalışmada ele alınan bütün pirinç kabuğu külü ikame oranlarının (%5~%15) hedeflenen C25/30 dayanım sınıfını sağlamış olması dolayısıyla beton yapımında kullanılabileceği kanısına varılmıştır. Pirinç tarımı yapılan alanlara yakın beton imalatlarında sağlayacağı ekonomik, teknik ve çevresel avantajlarından dolayı pirinç kabuğu külünün kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Literatürde yapılan çalışmalarda puzolanik karakterli malzemelerin özellikle ilerleyen yaşlarda beton üzerindeki katkısının arttığını göstermiştir. Bu bakımdan PK külü ile yapılan çalışmalarda da ileri yaşlarda deneyler yapılması küllerin betona olabilecek katkısını daha iyi gösterebilmesi bakımından uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Abalaka, A. E., (2013). Strength and some durability properties of concrete containing rice husk ash produced in a charcoal incinerator at low specific surface. International Journal of Concrete Structures and Materials, 7(4), 287-293.
2. Bie, R. S., Song, X. F., Liu, Q. Q., Ji, X. Y., Chen, P., (2015). Studies on effects of burning conditions and rice husk ash (RHA) blending amount on the mechanical behavior of cement. Cement and Concrete Composites, 55, 162-168.
3. Rukzon, S., Chindaprasirt, P., Mahachai, R. (2009). Effect of grinding on chemical and physical properties of rice husk ash. International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials, 16(2), 242-247.
4. Christopher, F., Bolatito, A., Ahmed, S., (2017). Structure and properties of mortar and concrete with rice husk ash as partial replacement of ordinary Portland cement. International Journal of Sustainable Built Environment, 6, 675-692.
5. De Souza Rodrigues, C., Ghavami, K., Stroeven, P., (2010). Rice Husk Ash as a Supplementary Raw Material for the Production of Cellulose–Cement Composites with Improved Performance. Waste and Biomass Valorization, 1(2), 241-249.
6. Ferraro, R. M., Nanni, A., (2012). Effect of off-white rice husk ash on strength, porosity, conductivity and corrosion resistance of white concrete. Construction and Building Materials, 31, 220-225.
7. Ghiasvand, E., Ramezanianpour, A. A., Ramezanianpour, A. M., (2014). Effect of grinding method and particle size distribution on the properties of Portland-pozzolan cement. Construction and Building Materials, 53, 547-554.
8. Habeeb, G. A., Fayyadh, M. M., (2009). Rice Husk Ash Concrete: the Effect of RHA Average Particle Size on Mechanical Properties and Drying Shrinkage. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(3), 1616-1622.
9. He, Z. H., Li, L.Y., Du, S. G., (2017). Creep analysis of concrete containing rice husk ash. Cement and Concrete Composites, 80, 190-199.
10. İşbilir, B., (2012). Pirinç kabuğu külü ikameli çimento numunelerinin mekanik özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
11. Jamil, M., Han, M. N. N., Karim, M. R., Kaish, A.B. M. A., Zain, M. F. M., (2016). Physical and chemical contributions of Rice Husk Ash on the properties of mortar. Construction and Building Materials, 128, 185-198.
12. Kang, S. H., Hong, S. G., Moon, J., (2019). The use of rice husk ash as reactive filler in ultra-high performance concrete. Cement and Concrete Research, 115, 389-400.
13. Khan, W., Shehzada, K., Bibi, T., Islam, S. U., Khan, S. W., (2018). Performance evaluation of Khyber Pakhtunkhwa Rice Husk Ash (RHA) in improving mechanical behavior of cement. Construction and Building Materials, 176, 89-102.
14. Khassaf, S. I., Jasim, A. T., Mahdi, F. K., (2014). Investigation The Properties Of Concrete Containing Rice Husk Ash To Reduction The Seepage In Canals. Internatıonal Journal Of Scıentıfic and Technology Research, 3(4).
15. Madandoust, R., Ranjbar, M. M., Moghadam, H. A., Mousavi, S. Y., (2011). Mechanical properties and durability assessment of rice husk ash concrete. Biosystems Engineering, 110(2), 144-152.
16. Miller, S. A., Cunningham, P. R., Harvey, J. T., (2019). Rice-based ash in concrete: A review of past work and potential environmental sustainability. Resources, Conservation and Recycling, 146, 416-430.
17. Nair, D. G., Fraaij, A., Klaassen, A. A., Kentgens, A. P., (2008). A structural investigation relating to the pozzolanic activity of rice husk ashes. Cement and Concrete Research, 38(6), 861-869.
18. Najimi, M., Ghafoori, N., (2019). Engineering properties of natural pozzolan/slag based alkali-activated concrete. Construction and Building Materials, 208, 46-62.

19. Olutoge, F. A., Adesina, P. A., (2019). Effects of rice husk ash prepared from charcoal-powered incinerator on the strength and durability properties of concrete. Construction and Building Materials, 196, 386-394.
20. Panedpojaman, P., Tonnayopas, D., (2018). Rebound hammer test to estimate compressive strength of heat exposed concrete. Construction and Building Materials, 172, 387-395.
21. Ramezanianpour, A. A., Khani, M. M., Ahmadibeni, G., (2009). The Effect of Rice Husk Ash on Mechanical Properties and Durability of Sustainable Concretes. International Journal of Civil Engineering, 7(2), 83-91.
22. Salas, A., Delvasto, S., de Gutierrez, R. M., Lange, D., (2009). Comparison of two processes for treating rice husk ash for use in high performance concrete. Cement and concrete research, 39(9), 773-778.
23. Thomas, B. S., (2018). Green concrete partially comprised of rice husk ash as a supplementary cementitious material–A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 3913-3923.
24. TS 1247, (2018). Beton yapım, döküm ve bakım kuralları (Normal hava koşullarında). TSE., Ankara.
25. TS 706 EN 12620+A1, (2009). Beton agregaları. TSE., Ankara.
26. TS 802, (2016). Beton karışım tasarımı hesap esasları. TSE., Ankara.
27. TS EN 197-1, (2012). Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri. TSE., Ankara.
28. TS EN 206:2013+A1, (2017). Beton- Özellik, performans, imalat ve uygunluk. TSE., Ankara.
29. TS EN 450-1, (2013). Uçucu kül - Betonda kullanılan - Bölüm 1: Tarif, özellikler ve uygunluk kriterleri. TSE., Ankara.
30. TS EN 1008, (2003). Beton-Karma suyu. TSE., Ankara.
31. TS EN 933-1, (2012). Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler- Bölüm 1:Tane büyüklüğü dağılımının tayini- Eleme yöntemi. TSE., Ankara.
32. TS EN 1097-3, (1999). Agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri için deneyler bölüm 3: Gevşek yığın yoğunluğunun ve boşluk hacminin tayini. TSE., Ankara.
33. TS EN 12350-1, (2010). Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 1: Numune Alma. TSE., Ankara.
34. TS EN 12350-2, (2010). Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme Deneyi. TSE., Ankara.
35. TS EN 12350-6, (2010). Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 6: Yoğunluk. TSE., Ankara.
36. TS EN 12390-1, (2013). Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 1: Deney Numunesi ve kalıplarının şekil, boyut ve diğer özellikleri. TSE., Ankara.
37. TS EN 12390-2, (2010). Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Küre Tabi Tutulması. TSE., Ankara
38. TS EN 12390-3 (2010). Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. TSE., Ankara.
39. TS EN 12504-2, (2013). Yapılarda beton deneyleri - Bölüm 2: Tahribatsız muayene - Geri sıçrama sayısının belirlenmesi. TSE., Ankara.
40. TS EN 12504-4, (2004). Beton deneyleri - Bölüm 4: Ultrases geçiş hızının tayini. TSE., Ankara.
41. TS ISO 3310-2, (2015). Deney elekleri - Teknik özellikler ve deneyler - Bölüm 2: Delikli metal plakalı deney elekleri. TSE., Ankara.
42. Yıldız, S., Balaydın, İ., Ulucan, Z. Ç., (2007). Pirinç kabuğu külünün beton dayanımına etkisi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(1), 85-91.
43. URL 1. http://www.fao.org
44. URL 2. http://www.tmo.gov.tr
45. URL 3. http://www.artvin.gov.tr

POLİMER KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE LİMONİT MİNERALİNİN ETKİSİ

THE EFFECT of LIMONITE MINERAL on THE MECHANICAL PROPERTIES of POLYMER COMPOSITES

Öğr. Gör. Hasan POLAT

Bingöl Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Meral OLTULU

Atatürk Üniversitesi

ÖZET

İnşaat sektöründe polimer kompozitlerin uygulamaları her geçen gün artmaktadır. Polimer kompozitler, farklı iki veya daha fazla malzemeden oluşmuş kompozit malzemelerdir. Matris yapısı, doymamış reçine, sertleştirici ve hızlandırıcı matris yapıya takviye faz malzemeler bileşenlerdir. Bu çalışmada doymamış polimer matrisinin ağırlıkça %0, 10, 20, 30 ve %40'ı oranlarında bileşen, su ihtiva eden oksitli bir demir minerali olan ve oksitlenme derecesine bağlı olarak sarıdan koyu kahverengi renge sahip olan Limonit minerali ($2Fe_20_3.\ 2H_20$) ilave edilerek beş farklı polimer kompozit grubu hazırlanmıştır. Üretilen numuneler uygun koşullarda kür edildikten sonra numuneler üzerinde, Birim hacim ağırlık, ultrases geçiş hızı, basınç dayanımı ve eğilme dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, basınç dayanımı değerleri incelendiğinde %10 limonit minerali oranına kadar artış gözlemlenirken diğer oranlarda azalma meydana gelmiştir. Ayrıca eğilme dayanımı değerleri incelendiğinde limonit minerali bağlı olarak olumlu sonuçlar gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Limonit Minerali, Polimer Kompozit, Mekanik Özellikler, Basınç dayanımı

ABSTRACT

The applications of polymer composites in the construction sector are increasing day by day. Polymer composites are composite materials composed of two or more different materials. The matrix structure, unsaturated resin, hardener and accelerator are components of phase materials that are reinforced to the matrix structure. In this study, limonite mineral ($2Fe_2O_3$, $2H_2O$), which is an oxidized iron mineral containing water, and has a dark brown to brown color depending on the degree of oxidation five different polymer composite groups were prepared. After the samples were cured under appropriate conditions, the tests were carried out on the unit volume weight, ultrasound velocity speed, compressive strength and flexural strength. According to the results, when the compressive strength values were examined, an increase up to 10% limonite mineral ratio was observed, while other ratios decreased. In addition, when flexural strength values were examined, positive results were observed depending on limonite mineral.

Keywords: Limonite Mineral, Polymer Composite, Mechanical Properties, Compressive strength

1.GİRİŞ

Polimerler, monomer denilen kimyasal ünitelerden meydana gelen, zincirler şeklinde bir yapıya sahip olan sentetik malzemelerdir [1]. Malzeme yapılarından kaynaklanan avantajları sayesinde günümüzde birçok doğal ve yapay malzemelerin yerini almaktadır. Polimerler günümüzde mühendislik (makine-maden-inşaat mühendisliği) ve ulaşım (otomotiv-uçak-gemi-uzay araçları) gibi sektörlerden, ev eşyası, sağlık, haberleşme vb. sektörlere kadar birçok alanda artan oranlarda kendine uygulama alanı bulmuştur [2]. Polimer kompozitlerin diğer malzemelere göre düşük yoğunlukları, yüksek işlenebilirlik, yüksek korozyon, oksidasyon ve kimyasal dirençleri, kısa kür süresi, yüksek basınç-eğilme ve çekme mukavemetleri, darbe direnci donma-çözülme dirençleri avantajları arasında sayılabilir [3-5]. Polimer içeren betonların özellikleri birçok değişkene bağlıdır; bu değişkenler polimerin türü, faz malzeme türü, faz malzeme tane boyutu, kür koşulu, kullanılan kimyasalların tipi vb. gibi değişkenlerdir [6-7].

Dünyadaki doğal taş rezervlerinin %40'ına sahip olan Türkiye doğal taş rezervleri çeşitliliği bakımından dünyada önemli bir yere sahiptir [8]. Bu doğal taş rezervlerinden biri limonit minerali olup, değişik renk türlerine (sarıdan koyu kahverengi) sahip ($2Fe_20_3$. $2H_20$) olup magmatik kökenli bir doğal taştır [9]. Bu mineralin betonda agrega olarak kullanıldığı çalışmalarda su emme yüzdesi artmış, dayanım değerlerinde azalmalar görülmüş, betonda özellikle radyasyon soğurma açısından ve nötron soğurganlığı açısından önemli sonuçlar elde edilmiştir [10-11]

Polimer kompozitlerde agrega olarak farklı malzemelerin kullanıldığı çalışmalarda Sınıksaran [12] Kapadokya bölgesindeki volkanik tüf atıklarını kullanarak polimer beton özelliklerini incelemiş ve bu malzemenin yapı sektöründe kullanılabileceğini belirtmiştir. Karışımdaki volkanik tüf tozu oranı arttıkça malzemenin su emme oranının arttığı, tek eksenli basınç dayanımı ve nokta yükü dayanımında düşüş görüldüğü belirlenmiştir. Rebeiz ve ark., [13] geri dönüştürülmüş plastik atık kullanarak polimer betonun ısıl genleşme ve sıcaklığın mukavemet üzerindeki etkisini araştırmış ve belli bir orana kadar olumlu sonuçlar elde etmişlerdir Varughese ve ark., [14] çalışmalarında ince agrega olarak uçucu kül, nehir kumu ve kaba agrega olarak granit kullanarak polimer betonun mekanik ve fiziksel özelliklerini incelemiş ve %70 oranından sonra mekanik özelliklerinin olumsuz etkilendiğini ayrıca bu özelliklerin bağlayıcı miktarı artırılarak iyileştirilebileceği sonucuna varmışlardır. Polat ve Oltulu [15] tane çapına bağlı olarak andezit atığının polimerlerin mekanik özelliklerini iyileştirdiğini yaptıkları diğer bir çalışmada ise %10 atık mermer tozu içeren polimerlerin mekanik özelliklerinde olumlu sonuçlar elde ettiklerini görmüşlerdir [16] .

Tüm bu bilgilerin ışığı altında matris malzeme olarak polimer ve faz malzeme kullanılan pek çok malzemeye alternatif faz malzemesi olarak limonit minerali kullanarak özellikleri iyileştirilmiş polimer kompozit elde etmek ve mekanik özelliklerini incelemek çalışmanın temel amacı olarak belirlenmiştir.

2. MATERYAL METOD

2.1.MATERYAL

2.1.1. Faz Malzeme

Çalışmada faz malzeme olarak kullanılacak limonit minerali Malatya Hekimhan madencilikten temin edilmiş olup kimyasal formülü olan özgül ağırlığı 2,9 – 4,3 gr/cm^3 arasında bir demir minerali olan limonit kullanılmıştır. Limonit mineraline ait kimyasal özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo – 1. Limonit mineraline ait kimyasal özellikler (%)

Mineral	**SiO_2**	**Al_2O_3**	**Fe_2O_3**	**CaO**	**MgO**	**Kızdırma kaybı**
Limonit	3.31	3.85	60.65	3.39	5.85	15.90

2.1.2.Matris Malzeme

Polimer kompozitler; matris malzeme ile fazın birleşiminden oluşmakta matris olarak polimer reçine, sertleştirici olarak Mekp (metil etil keton peroksit), reaksiyon hızlandırıcı olarak kobalt ve üretilen numunelerin kalıptan çıkarılması için kalıp ayırıcı vaks kullanılmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışmada genel özellikleri Tablo 2'de verilen Birim ağırlığı 1.113 gr/cm^3 olan Polipol 314 dolgu tipi polyester reçine kullanılmıştır.

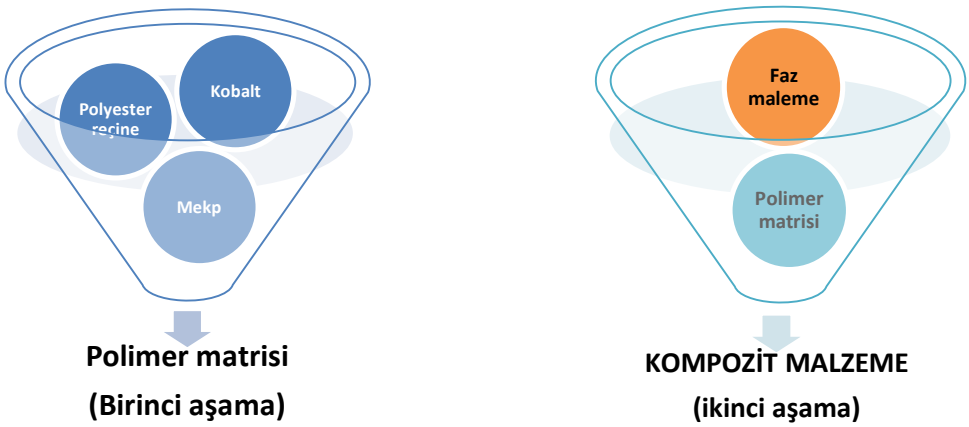
Tablo-2. Polyester reçine özellikler

Test	**Metod**	**Değer**
Renk	ISO 2211	Açık gri, Opak
Yoğunluk	ISO 1675	1.353 gr/cm^3
Asit Değeri	ISO 2114	11 mg KOH/gr
Vizkozite 1 Brookfield	ISO 2555	1450 cp
Jel süresi	ISO 2535	16'
Monomer Oranı	-	%33
Parlama Noktası	Abel - Pernsky	34 ^oC

3.YÖNTEM

3.1.Karışımların üretilmesi

Polimer kompozitlerde, uygun mekanik ve fiziksel özelliklerin elde edilebilmesi için, bağlayıcı olarak doymamış polyester reçine, sertleştirici olarak Mekp (metil etil keton peroksit), ve priz hızlandırıcı olarak kobalt oktaoat (katalizör) kullanılmıştır. Polimer kompozitlerin üretimi iki farklı aşamada gerçekleştirilmiş olup, birinci aşamada doymamış polyester reçine mekp ve kobalt uygun miktarlarda karıştırarak polimer matrisi elde edilmiştir. İkinci aşamada, polimer matrisinin içerisine doymamış polyesterin ağılığının %10, %20, %30 ve %40 oranında limonit minerali katılarak polimer kompozitler üretilmiştir. Üretilen polimer kompozitlerin üretim aşamaları şekil - 1 de verilmiştir.



Şekil – 1. Polimer kompozit numune üretim yöntemi

Polyester reçine, mekp, kobalt 300 saniye (sn) karıştırılarak polimer matrisi edilmiştir. Elde edilen polimer matrislerinin içerisine %0, 10, 20, 30 ve 40 oranlarında atık mermer tozu ilave edilerek polimer kompozit numuneleri oluşturulmuştur. Polimer kompzitler her bir grup için 3 tane 5×5×5 cm'lik küp numune ve 3 tane 4x4x16cm'lik eğilme numuneleri üretilmiştir. Üretilen numuneler Şekil 2'de gösterilmiştir. Polimer kompozitler uygun ortamda kür edildikten sonra, birim hacim ağırlık, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve ultrases geçiş hızı deneyleri yapılmıştır.

Şekil – 2. Üretilen polimer kompozit numuneler

1.1.Birim ağırlık ve Utrases Geçiş Hızı Deneyi

Birim ağırlık deneyi TS EN 1015- 10 (2001)'e [17] göre yapılmıştır. Numuneler deneyden önce 0.01 gr hassasiyetinde tartılarak birim ağırlıkları bulunmuştur. Ultrases geçiş hızı tayini ASTM C 597 (1997)'ye [18] göre yapılmıştır. Deney sonucunda elde edilen Ultrases geçiş hızı (t) µsn olarak ölçülmüştür ve hesaplamalarda denklem 1.1 kullanılmıştır. Ölçülen değerler, ölçümün alındığı mesafeye (L) bölünerek ultrases geçiş hızı değerleri "V" hesaplanmıştır. Numuneler üzerinde utrases geçiş hızı deneyinin yapılışı şekil 3'te gösterilmiştir.

$$V = L / t \times 10^3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1.1)$$

Şekil – 3: Ultrases geçiş hızı deneyinin yapılışı

1.2. Basınç ve eğilmede çekme dayanım deneyleri

Numunelerdeki dayanım değerleri polimer kompozit numuneler üzerinde yapılan basınç dayanımı deneyi ile belirlenmiştir. Basınç dayanımı deney TS EN 12390-3 (Anonim 2010)'e [19] ve Eğilme dayanımı deneyi TS EN 12390 -5 (Anonim 2010)'a [20] göre yapılmıştır.

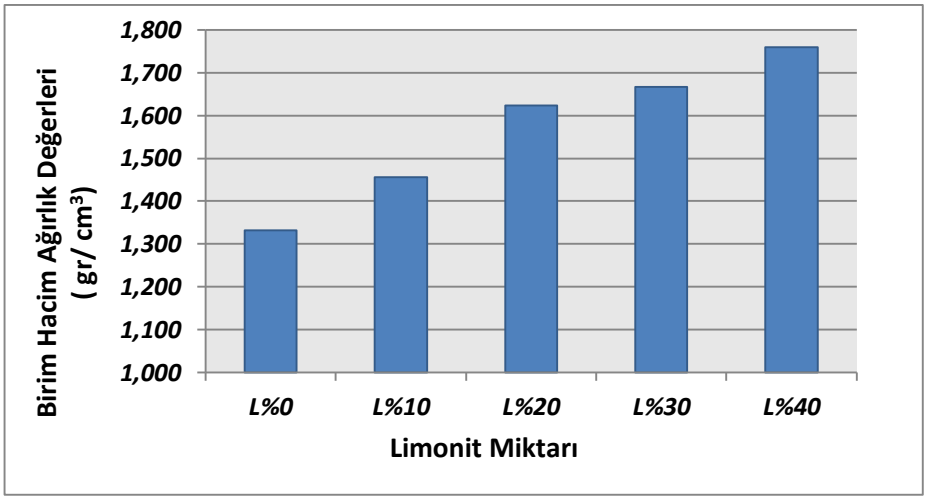
4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1.Birim Hacim Ağırlık deney sonuçları

Tüm grupların yapılan tüm deney sonuçları Tablo 3'de verilmiştir. Şekil 4'te sertleşmiş polimer kompozitlerin birim hacim ağırlık değerleri verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde grupların birim hacim ağırlık değerleri Limonit minerali oranı artıkça artış göstermektedir. Birim hacim ağırlık değerlerinde artış oranı %9.3 -%32 arasında değişirken en yüksek birim hacim ağırlık değerleri %40 Limonit minerali oranı kullanarak elde edilen polimer kompozit numunelerden elde edilmiştir.

Tablo-3. Polimer Kompozitlerin Deney Sonuçları

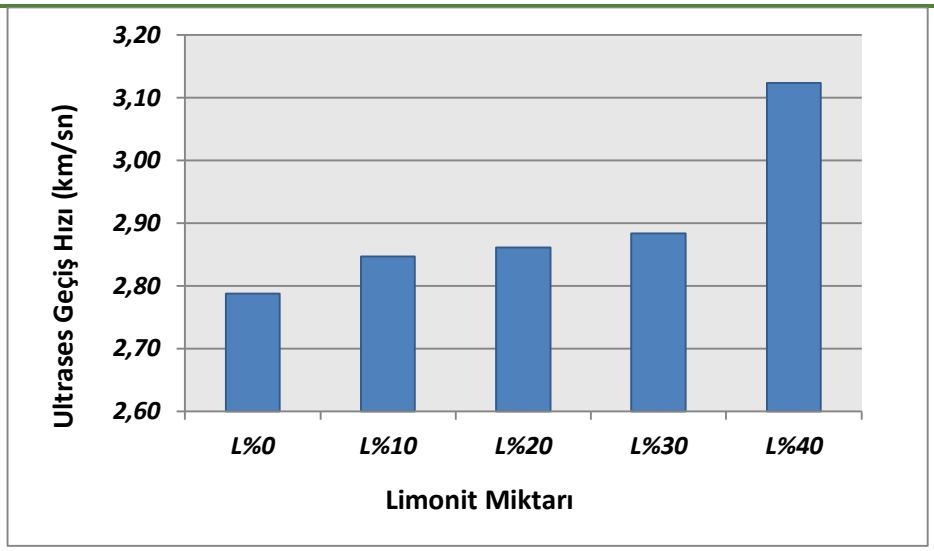
Numuneler	B.H.A (gr/cm^3)	Utrases Geçiş Hızı (km/sn)	Basınç Dayanımı (MPa)	Eğilme Dayanımı (MPa)
L%0	1.332	2.79	108.12	24.77
L%10	1.456	2.85	108.06	21.92
L%20	1.624	2.86	99.69	18.82
L%30	1.667	2.88	96.85	16.57
L%40	1.760	3.12	95.14	15.32



Şekil -4. Birim Hacim Ağırlık Değerleri

4.2. Ultrases geçiş hızı deney sonuçları

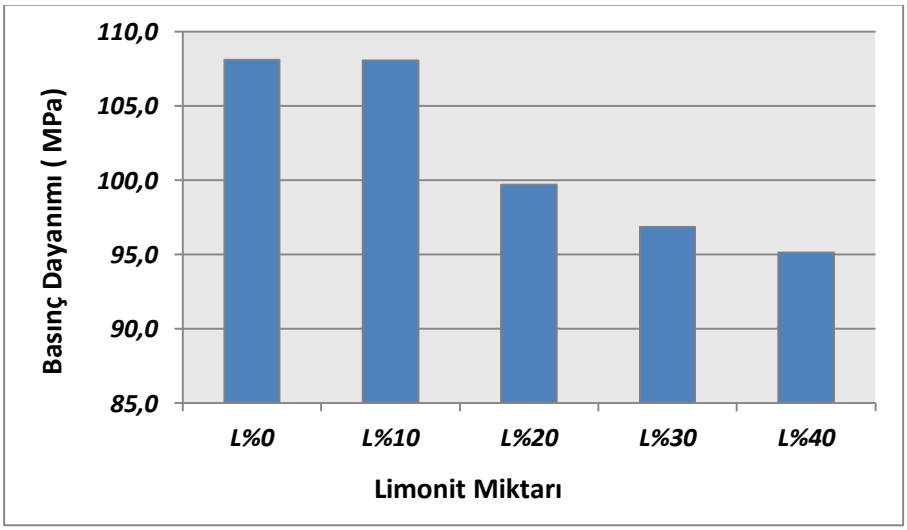
Faz malzemesi oranının ultrases geçiş hızı değerleri üzerindeki etkisi Şekil 5'de gösterilmiştir. Faz malzeme oranına bağlı olarak ultrases geçiş hızı değerlerinde artış elde edilmiştir. Artış değerleri incelendiğinde en yüksek ultrases geçiş hızı değerinin %40 limonit minerali katkılı numunelerden elde edildiği ve %0 limonit minerali katkılı numunelere göre %12,08 oranında değişim olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil -5. Ultrases geçiş hızı değerleri

4.3. Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Basınç dayanımı deneyi TS EN 12390-3 (Anonim 2010)' göre yapılmış olup elde edilen deney sonuçları Şekil 6'da verilmiştir. Deney sonuçları incelendiğinde %10 limonit minerali kullanımı yaklaşık olarak şahit (%0) numuneyle aynı dayanım değerini vermiştir. Ancak %10 'dan sonraki değerler de sırasıyla şahit numuneye göre %7.12-%12 arasında azalma göstermiştir.

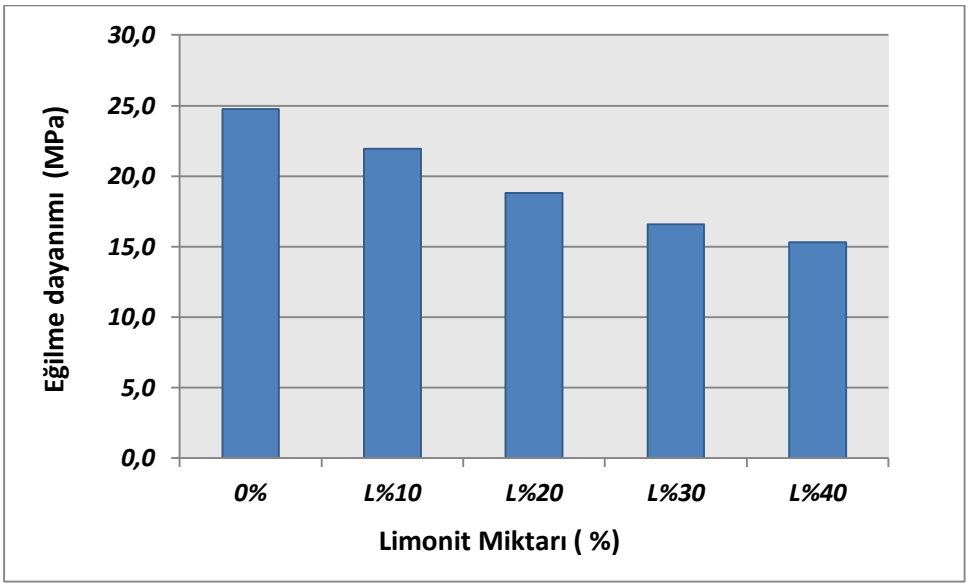


Şekil -6. Basınç dayanımı deney sonuçları

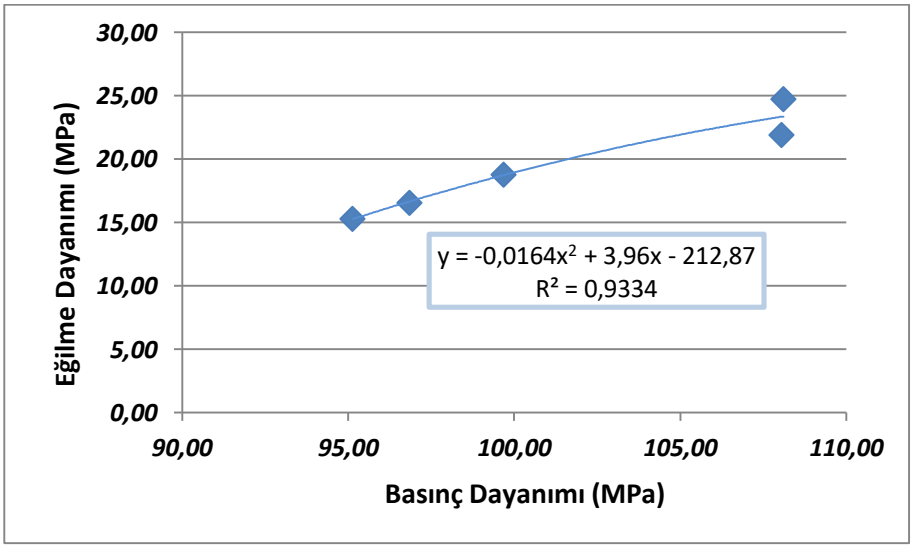
4.4. Eğilme dayanımı Deney Sonuçları

Eğilme dayanımı deneyi TS EN 12390 -5 (Anonim 2010)'a göre yapılmış olup elde edilen deney sonuçları Şekil 7'de verilmiştir. Elde edilen eğilme dayanımı değerleri incelendiğinde limonit minerali

oranının artmasıyla eğilme dayanımında azalmalar meydana gelmiştir. Şekil 8'da eğilme dayanımı ve basınç dayanımı arasında ilişki gösterilmiş olup aralarında yüksek bir ilişki katsayısı (R^2 = 0,9334) elde edilmiştir.



Şekil -7. Eğilme dayanımı deney sonuçları



Şekil -8. Eğilme dayanımı ve Basınç dayanımı ilişkisi

5. SONUÇLAR

Limonit kullanılarak üretilen polimer kompozit numunelerinin üzerinde yapılan birim ağırlık, basınç dayanımı, Schmidt test çekici deneyi ve eğilme dayanımı deneyleri sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Limonit minerali oranı artıkça birim hacim ağırlık değerleri artış göstermekte bu artış %9.3-%32 arasında değişmektedir. En yüksek birim hacim ağırlık değerleri %40 limonit mineralli kompozitlerde görülmüştür.

- Faz malzeme oranına bağlı olarak ultrases geçiş hızı değerlerinde artış elde edilmiştir. Artış değerleri incelendiğinde birim hacim ağırlık değerlerinde olduğu gibi %40 limonit minerali katkılı numunelerden elde edildiği ve %0 limonit minerali katkılı numunelere göre %12,08 oranında değişim olduğu gözlemlenmiştir.

- Basınç dayanımı açısından %10 limonit minerali kullanımı şahit (%0) numuneyle aynı dayanım değerini vermiştir. Ancak %10'dan sonraki değerlerde sırasıyla şahit numuneye göre %7.12- %12 oranlarında azalma göstermiştir.

- Eğilme dayanımlarında basınç dayanımlarında olduğu gibi limonit minerali oranının artmasıyla azalmalar meydana gelmiştir. Şekil 9'da eğilme dayanımı ve basınç dayanımı arasında ilişki gösterilmiş olup aralarında yüksek bir ilişki katsayısı (R^2 = 0,9334) elde edilmiştir.

- Limonit minerali oranının (%10'a kadar) polimer matris özelliklerine olumlu etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Daha yüksek oranlar kullanıldığında özelliklerde düşük değerler alınması; limonit oranının %10'dan daha düşük değerler alınarak test edilmesinin gerekliliğini göstermektedir.

- Sonradan yapılacak çalışmalarda çimentolu kompozitlerde radyasyon soğurganlığı için önerilen bu mineralin polimer kompozitlerde kullanımı ile belirtilen özelliğine de bakılması tavsiye edilmektedir.

6. KAYNAKALAR

1. Hazer B., 1993. Polimer Teknolojisi, KTÜ Matbaası, Trabzon, 156 s.
2. Kazancı, A., 2010. Polimer Schiff Bazları ve Metal Komplekslerinin Sentezi ve Katalizör Özelliklerinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 108 sayfa, Isparta
3. Weber, E. H., 2001. Development and Modeling of Thermally Conductive Polymer/Carbon Composites, Michigan Technological University, Chemical Engineering, Doctor of Philosophy, 278 p., Houghton, Michiga.
4. Garas, V. Y., Vipulanandan, C., 2004. Review of Polyester Polymer Concrete Properties. Construction, Geotechnical and Flooding Issues Related to Houston & Other Major Cities (CIGMAT), March 5, Texas, 3 p.
5. Mishra, D., Mohapatra, L., Satapathy, A., Patnaik, A., 2011. Determination of Thermal Conductivity of Polymer Composites Filled with Solid Glass Beads, International Conference on Advancement in Polymeric Materials, March 25th to 27th, CIPET, Chennai, 1-12.
6. Feldman, D., (1989). Polymeric Building Materials. Elsevier Science Publishers. 575 p.. London/New York.
7. Pareek, S.N., Ohama, Y., Demura, K., (1995). Evaluation Method for Adhesion Test Results of Bonded Mortars to Concrete Substrates by Square Optimization Method. ACI Materials Journal, 92 (4), 355-360.
8. Gencel, O., Özel, C., Köksal, F., Erdoğmuş, E., Barrera, G. M., Brostow, W., 2012. Properties of Concrete Paving Blocks Made With Waste Marble, Journal of Cleaner Production, 21(201) s. 62-70.
9. Doğan, Z. M. (2012). Limonit ve siderit agregalarının ağır beton üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması/The name of the thesis, the investigation of usability of limonite and siderite aggregates in production of heavy concrete.
10. Esen Y., Doğan Z.M., Investigation of usability of limonite aggregate in heavy-weight concrete production
11. Oto B., Yıldız N., Korkut T. Neutron shielding qualities and gamma ray buildup factors of concretes containing limonite ore.
12. Gençel, O., Uygunoğlu, T., köksal, F., & Durgun, M. Y. (2016). Hafif Agregalı Polimer Betonların Özellikleri. Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi, 3(2), 42-50.
13. Sınıksaran, M. (2012). Volkanik tüf tozları ile polimer esaslı kompozit malzeme üretimi (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
14. Rebeiz, K. S. (1995). Time-temperature properties of polymer concrete using recycled PET. Cement and Concrete Composites, 17(2), 119-124.
15. Polat H., Oltulu M., "Andezit Atıklı Polimer Kompozitlerin Fiziko Mekanik Özellikleri", 1. Uluslararası Battalgazi Multi Disipliner Çalışmalar Kongresi, 7-9 Aralık 2018, Malatya
16. Polat, H., Oltulu, M., "Atık Mermer Tozu Katkılı Polimer Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi" II. Uluslararası Battalgazi multidisipliner çalışmalar kongresi, 15-16-17 MART 2019, Malatya
17. TS EN 1015-10 (2001). Kâgir Harcı-Deney Metotları- Bölüm 10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlesinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
18. ASTM C 597, (1997). Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. Annual Book of ASTM Standards, 4p. USA..
19. TS EN 12390-5, 2010. Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 5: Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

20. TS EN 12390-3, 2010. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımını Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

2007 VE 2018 DEPREM YÖNETMELİKLERİNİN ERZURUM İLİ ÖZELİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF 2007 AND 2018 TURKISH EARTHQUAKE CODE FOR THE PROVINCE OF ERZURUM

Dr. Öğr. Üyesi Erdem BAYRAK

Atatürk Üniversitesi, Oltu Yer Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Türkiye sismik olarak çok aktif bir bölgede bulunmaktadır. Bu nedenle Türkiye ve civarında çok yıkıcı depremler meydana gelmekte, bu depremler nedeni ile çok sayıda can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Aletsel dönemde meydana gelen en büyük depremlerden biri olan 1939 Erzincan depremi sonrası deprem yönetmelikleri hazırlanmaya başlanmış ve belirli dönemlerde bu yönetmelikler güncelleştirilmiştir. Son olarak "Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği" 1.1.2019 tarihinde yürürlüğe girmiş, bu yönetmelik ile hem deprem tehlike haritası güncellenmiş hem de parametre hesaplamalarda yeni yaklaşımlar getirilmiştir. Deprem sırasında yapıları etkileyecek kuvvetler statik ve dinamik yöntemlerle belirlenebilmektedir. Fakat hesaplamaları daha pratik hale getirmek için statik yöntem olan spektral analiz yöntemi çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntem ise deprem yönetmeliğinde tasarım spektrumu olarak isimlendirilmiştir. Bu çalışmada, Erzurum ili için farklı zemin türleri dikkate alınarak, 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine (TBDY-2018) göre spektral ivme değerleri hesaplanmıştır. Tasarım spektrumlarının hesaplanacağı konum 1996 deprem bölgeleri haritasına göre ikinci deprem bölgesinde bulunmaktadır. Yapılması planlanan yapı için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan (geri dönüş periyodu 475 yıl, Deprem Yer Hareket Düzeyi-2) bir deprem için ivme spektrumları hesaplanmıştır. Tasarım spektrumları grafiksel ve tablo olarak hazırlanmış, aralarındaki fark ortaya koyulmuştur. Özellikle TDBY 2018'in eski yönetmelikten en büyük farklarından biri, deprem bölgesi kavramının kaldırılarak doğrudan yer ivmesi kavramının getirilmesidir. Diğer bir fark ise, zemin gruplarının değiştirilmesidir. Bu parametrelerin daha gerçeğe yakın olmasından dolayı TBDY 2018 ile yapılan hesaplamaların daha güvenilir olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Deprem Tehlike Haritası, Spektral İvme, TBDY 2018, TDY 2007

ABSTRACT

Turkey is located on seismically very active region. Therefore, very destructive earthquakes occurred in Turkey and around, and caused loss of life and property. After the 1939 Erzincan earthquake, one of the biggest earthquakes in the instrumental period, earthquake codes were started to be prepared and these codes were updated in certain periods. Finally, "Turkey Building Seismic Code" entered into force on 01.01.2019, the earthquake hazard maps updated and new approaches in parameters calculation have been introduced. The forces affecting structures during the earthquake can be determined by static and dynamic methods. However, in order to make the calculations more practical, the spectral analysis method, which is the static method, is widely used. This method is named as design spectrum in earthquake codes. In this study, the spectral acceleration values were obtained as defined in Turkish Seismic Code 2007 (TSC 2007) and Turkish Building Seismic Code 2018 (TBSC 2018) using different soil types for Erzurum province. The location where the design spectra will be calculated is located in the second earthquake zone according to the 1996 earthquake zones map. The acceleration spectra were calculated for an earthquake with a probability of exceeding 10% probability in 50 years for the planned structure (return period 475 years, Earthquake Ground Motion Level-2). The design spectra were prepared in graphical and tabular form and the difference between them was observed. One of the biggest differences of TBSC 2018 from the old code is the abolition of the concept of earthquake zone and the introduction of the concept of direct ground acceleration. Another difference is the change of soil groups. Since these parameters are closer to reality, the calculations made with TBSC 2018 are more reliable.

Keywords: Earthquake Hazard Map, Spectral Acceleration, TBSC 2018, TSC 2007

1. GİRİŞ

Türkiye Sismik Tehlike haritası Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP-2023) kapsamında güncelleştirilmiş ve aynı eylem planı çerçevesinde 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren bina yönetmeliği de güncelleştirilmiştir. Yeni yönetmelikle birlikte, tasarım spektrum hesaplarında büyük değişikliklere gidilmiştir. 2007 deprem yönetmeliğinde deprem bölgelerine kullanılan sabit T_A-T_B periyotlarının yerine güncellenen deprem tehlike haritasından konuma göre elde edilen ivme değerlerinin kullanılmaya başlanması da bu değişikliklerden biridir. Deprem yer hareketi spektrumu, diğer adı ile davranış spektrumu, göz önüne alınan bir deprem yer hareketinin etkisi altında, belirli bir sönüm oranı için doğal titreşim periyodu T olan doğrusal elastik tek serbestlik dereceli bir sistemde meydana gelen maksimum toplam ivmenin (spektral ivme) veya maksimum yapısal yer değiştirmenin (spektral yer değiştirme) T'ye bağlı olarak ifade edildiği bir fonksiyondur (URL-1).

Gökbulut ve Sevim (2017), Yıldız Teknik Üniversitesi'nde seçilen iki nokta için 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerini karşılaştırmışlardır. Karşılaştırmayı genel olarak tasarım spektrumlarına göre yapmışlardır. 2018 yönetmeliğinde kısa periyodlarda daha büyük ivme değerlerinin elde edildiğini gözlemlemişlerdir.

Keskin ve Bozdoğan (2018), 2007 ve 2018 deprem yönetmeliklerini Kırklareli özelinde incelemişlerdir. Kırklareli il merkezinde seçilen bir nokta için tasarım spektrumlarını iki farklı zemin koşulunu dikkate alarak her iki yönetmelik için de hesaplamışlardır. Yapılan karşılaştırma sonucunda, 2018 yönetmeliği kullanılarak hesaplanan tasarım ivme değerlerinde ciddi oranda artış olduğu ve bu artışın Kırklareli özelinde daha gerçekçi sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) kullanılarak tasarım spektrumlarının elde edilmesi ve bu spektrumların Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında

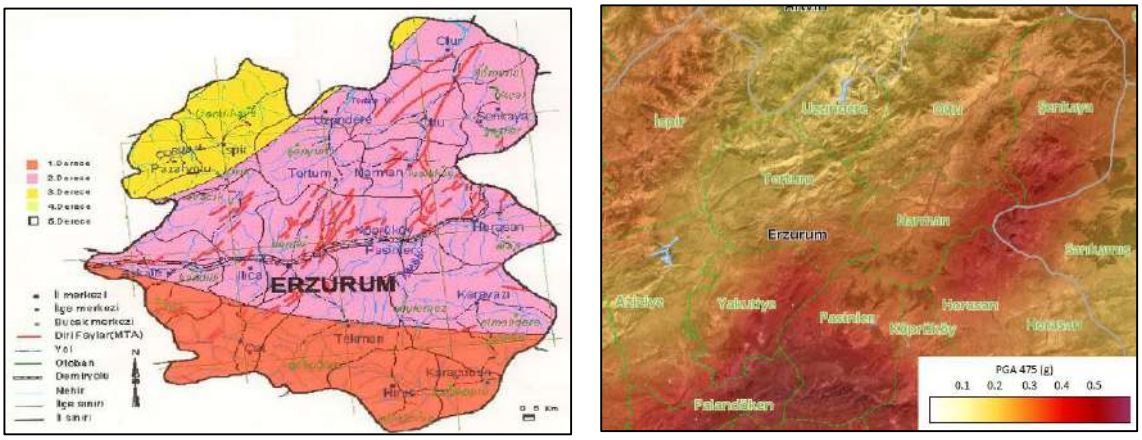
Yönetmelik (DBYBHY 2007)'ten elde edilen tasarım spektrumları ile karşılaştırılmasıdır. Bu amaç için Erzurum ilinde bulunan Atatürk Üniversitesi kampüsünde bir nokta seçilmiştir. Bu noktalara ait ivme değerleri Türkiye Deprem Tehlike Haritasından elde edilmiş, her iki yönetmelik için de tasarım spektrumları elde edilmiştir. Tasarım spektrumları elde edilirken hem farklı deprem davranış modelleri hem de farklı zemin türleri dikkate alınmıştır.

2. Çalışma Alanının Depremselliği

2.1. Erzurum İlinin Depremselliği

Erzurum ve civarı depremsellik açısından çok aktif olan Kuzey Anadolu, Doğu Anadolu ve Kuzey Doğu Anadolu Fayları etkisi altında bulunmaktadır (Şekil 1a, b). Çalışma alanında hem aletsel hem de tarihsel dönemde birçok yıkıcı deprem oluşmuş ve büyük ölçüde can ve mal kaybına neden olmuştur. Bu depremlerden başlıcaları; 26 Aralık 1939'da Erzincan, 24 Kasım 1976 Çaldıran, 30 Ekim 1983 Horasan-Narman, 7 Aralık 1988 Spitak-Ermenistan ve 23 Ekim 2011 Tabanlı (Van) Ms = 7.2 depremleridir (Ambraseys, 2001; Cisternas vd., 1989; Eyidoğan vd., 1991; Irmak vd., 2012; Tan vd., 2008).

25 Mart 2004 Perşembe günü, Erzurum ili Aşkale ilçesinin yaklaşık 17 km doğusunda, saat 21.30'da (yerel saat) orta büyüklük (Mw = 5.6) ve sığ-odaklı (h = 10 km) bir deprem meydana gelmiştir. Bu depremden üç gün sonra, 28 Mart 2004 Pazar günü, saat 06.51'de (yerel saat), yine orta büyüklükte (Mw = 5.5) ve sığ-odaklı (h = 5 km) bir deprem meydana gelmiştir. Her iki deprem de Erzurum şehri, Aşkale, Ilıca, Çat ilçeleri, Kandilli ilçesi ve aynı bölgede yer alan bir dizi köyü kapsayan bir alan üzerinde hissedilmiştir.



Şekil 1. a)"1996 Deprem Bölgeleri Haritasına" göre deprem tehlikesi durumu, b) 2018 Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre deprem tehlike durumu

3. Tasarım Spektrumlarının Hesaplanması

Yeni yönetmelik ile birlikte tasarım spektrumu hesaplarken kullanılan sabit T_A-T_B periyodu değerleri terk edilmiş olup, bu parametrelerin hesabı kısa ve uzun periyot (T=0.2 s ve T=1 s) değerlerine karşılık gelen S_S ve S_1 değerleri kullanılarak yapılmaktadır (TBDY Madde 2.3.2.1). Bu katsayılar, web uygulamasından (https://tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml) elde edilmektedir. Katman kontrolü bölümünden deprem durumuna göre istenilen S_S (2475-475-72-43) ve S_1 (2475-475-72-43) haritası çizdirilir. Daha sonra bilgi al bölümünden koordinat veya adres girilerek istenilen noktanın S_S ve S_1 değerleri elde edilir. Hesaplamalar ile ilgili tablolar yönetmeliğin 2.3. bölümünde detaylı olarak anlatıldığı için bu çalışmada o kısımlara değinilmeyecektir.

Türk bina deprem yönetmeliğine göre yatay tasarım spektrumu ivmesi, S_{ae} (T) ; Şekil 2'de gösterilen dört farklı bölgeye göre yerçekimi ivmesi, g, cinsinden aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmaktadır.

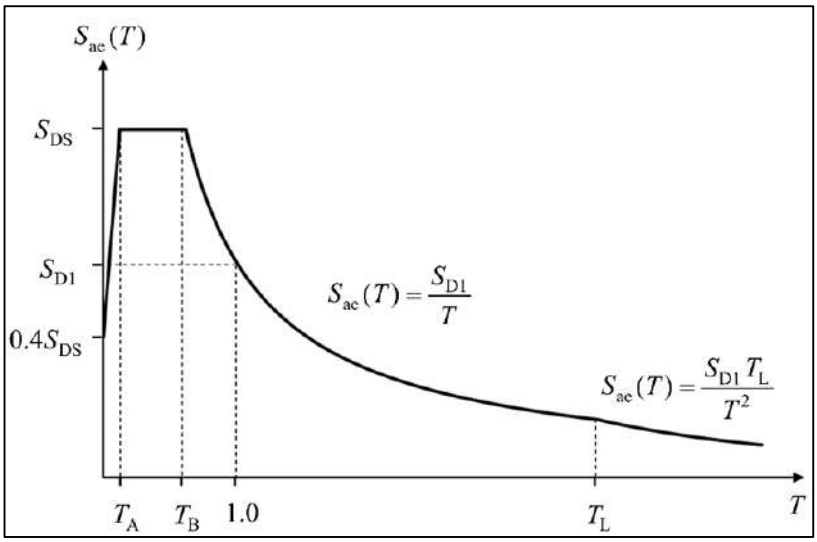
$$S_{ae}(T) = (0.4+0.6\,T/T_A)S_{DS} \qquad (0 \le T \le T_A)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \qquad (T_A < T \le T_B) \qquad (1)$$

$$S_{ae}(T) = S_{D1}/T \qquad (T_B < T \le T_L)$$

$$S_{ae}(T) = S_{D1}(T_L / T^2) \qquad (T_L < T)$$

Elastik tasarım spektrumunun T_A ve T_B köşe periyodları, S_{DS} ve S_{D1} (TBDY, Bölüm 2.3.2.2) katsayılarına bağlı olarak değişim göstermektedir ($T_A = 0.2*S_{DS}/S_{D1}$; $T_B = S_{D1}/S_{DS}$). 2007 Deprem yönetmeliğinde ise köşe periyodları zemin sınıflarına göre sabit bir değer olarak verilmiştir. Denklem 1'de bulunan T_L ise sabit yer değiştirme bölgesine geçiş periyodu olarak belirtilmiş ve hesaplarda T_L = 6s olarak alınacaktır.



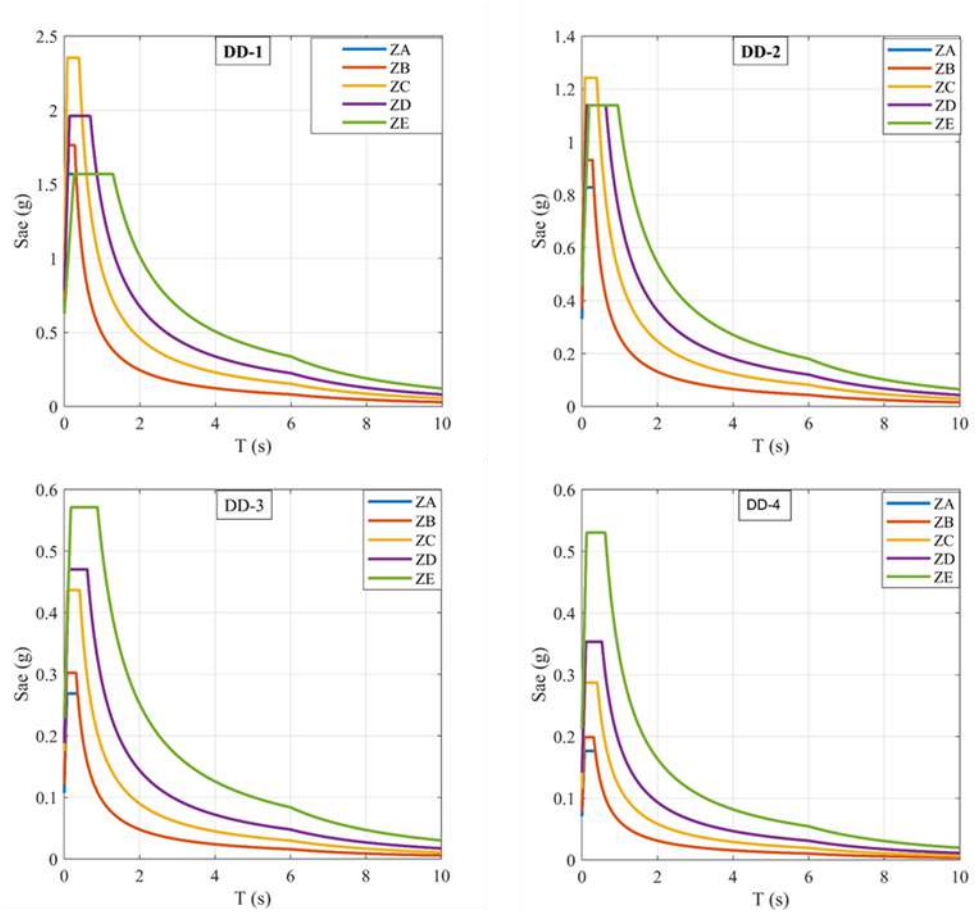
Şekil 2. Yatay Elastik tasarım spektral ivmesi S_{ae} (T)'nin doğal titreşim periyoduna göre değişimi (TBDY, 2018)

4. Sonuçlar

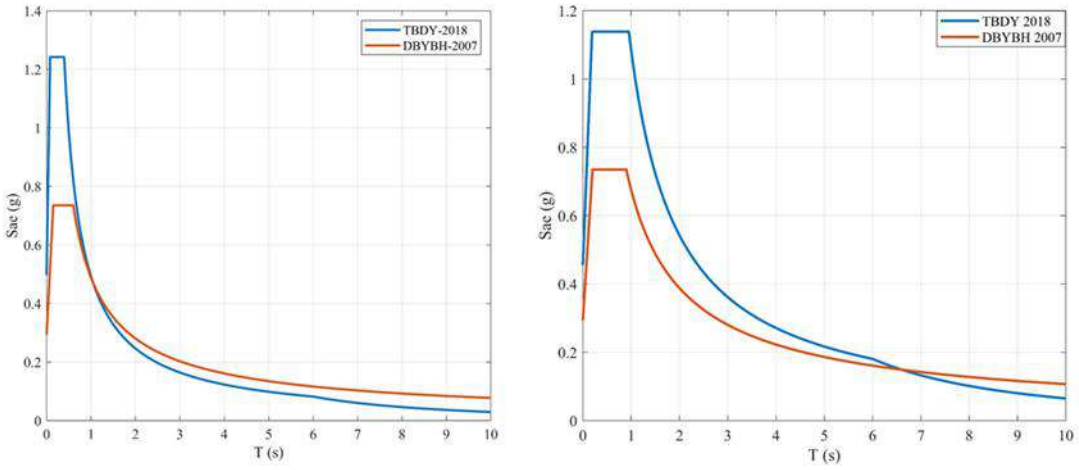
Erzurum il merkezinde bulunan Atatürk Üniversitesi kampüsünde yapılması planlanan yapı (Boylam:41.2391^{0}D, Enlem:39.8989^{0}K) 1996 deprem bölgeleri haritasına göre ikinci deprem bölgesinde bulunmaktadır (Şekil 1a). Bu yapıya ait tasarım spektrumları 2018 yönetmeliğine göre farklı deprem durumları ve farklı zemin koşulları dikkate alınarak hesaplanmıştır (Şekil 3). 2018 ve 2007 yönetmeliklerini karşılaştırmak için de 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan (DD-2) deprem için tasarım spektrumları hesaplanmıştır (Şekil 4). 2007 ve 2018 yönetmeliklerinde zemin sınıflama tablosu da değiştirilmiş olup zemin sınıfları tam olarak birbirine denk gelmemektedir. Fakat karşılaştırma yapabilmek için 2007 yönetmeliğine göre sırası ile Z3 ve Z4 olan zemin sınıflarını yeni yönetmelikte ZC ve ZE'ye denk geldiği varsayımı yapılmıştır. Erzurum ili için hesaplamalarda kullanılan parametreler Tablo 1'de, belirtilmiştir. En büyük spektral ivme değerleri DD-1 ve DD-2 koşulu için ZC zemin sınıfında elde edilmesine rağmen, DD-3 ve DD-4 koşullarında ZE zemin sınıfı için en büyük ivme değerleri elde edilmiştir. T_A ve T_B köşe periyotları arasındaki farkta, DD-1'den DD-4'e doğru gidildikçe azaldığı görülmektedir. 2018 ve 2007 yönetmelikleri göre elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında ise, her iki zemin koşulu içinde 2018 yönetmeliği daha yüksek ivme değerleri vermektedir (Şekil 4). Fakat ZC-Z3 kıyaslamasında yaklaşık 1 sn periyodundan sonra yeni yönetmeliğe

göre daha düşük ivme değerleri elde edilmektedir. ZE-Z4 kıyaslamasında ise 6.5 sn periyodundan sonra bu durum gözlenmektedir. 2018 yönetmeliğinde daha kötü zemin koşullarında T_A-T_B arasındaki farkın arttığı ve daha gerçekçi spektrumlar elde edildiği görülmektedir (Tablo 2).

Sonuç olarak, 2018 deprem yönetmeliği ile birlikte kullanılmaya başlanan zemin sınıflaması, Türkiye deprem tehlike haritası ve spektral parametre hesabındaki yeniliklerin, spektrum hesaplamasına pozitif katkı yaptığı ve daha gerçekçi spektrumların elde edildiği söylenebilir. Spektrumlardaki doğruluk payını arttırmak için, zemin özelliklerin yerinde jeofizik, jeolojik ve geoteknik etütlerle belirlenmesinin gerekliliği de aşikârdır.



Şekil 3. Erzurum ilinde seçilen nokta için farklı zemin koşulları dikkate alınarak hesaplanan yatay elastik tasarım spektrumları (Bayrak, E., 2019)



Şekil 4. Erzurum ili için, a) TBDY 2018 ZC sınıfı ile DBYBHY 2007 Z3 sınıfı karşılaştırılması, b) TBDY 2018 ZE sınıfı ile DBYBHY 2007 Z4 sınıfı karşılaştırılması (Bayrak, E., 2019)

Tablo 1. Erzurum ili için deprem tehlike haritasından elde edilen değerler

Deprem Durumu	PGA	PGV	SS	S1	Lf*
DD-1	0.787 g	48.450 cm/sn	1.961 g	0.511 g	1.0 km
DD-2	0.434 g	26.368 cm/sn	1.035 g	0.274 g	1.0 km
DD-3	0.145 g	9.171 cm/sn	0.336 g	0.100 g	1.0 km
DD-4	0.096 g	5.955 cm/sn	0.221 g	0.065 g	1.0 km

* Faya olan uzaklık (Bu değer deprem tehlike haritası interaktif web uygulaması kullanılarak elde edilmiştir)

Tablo 2. Erzurum ilin için farklı zemin koşullarına göre hesaplanan T_A-T_B periyotları

		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
DD-1	T_A	0.0620	0.056	0.078	0.1376	0.258
	T_B	0.3127	0.278	0.391	0.6879	1.290
DD-2	T_A	0.064	0.056	0.079	0.127	0.191
	T_B	0.318	0.282	0.397	0.635	0.953
DD-3	T_A	0.071	0.063	0.082	0.122	0.177
	T_B	0.357	0.318	0.412	0.612	0.882
DD-4	T_A	0.071	0.063	0.081	0.106	0.124
	T_B	0.352	0.314	0.407	0.529	0.618

KAYNAKÇA

URL-1;https://www.insaport.com/makale/yuksel-kaya/deprem-yer-hareketi-spektrumlari-nasil-olusturulacak/

Bayrak, E., (2019). Evaluation of 2007 and 2018 Turkish Earthquake Code For The Provinces of Erzurum and Erzincan (in Turkish). International Journal of Scientific and Technological Research, 5, 12.

Gökbulut, E., & Sevim, B. (2017). Ytü Davutpaşa Kampüsündeki Yapılara Ait Tasarım Spektrumlarının TDBY 2016 ve DBYBHY 2007'ye Göre Kıyaslanması. 7. Geoteknik Sempozyumu, (s. 707-716). İstanbul.

Keskin, E., & Bozdoğan, K. B. (2018). 2007 VE 2018 Deprem Yönetmeliklerinin Kırklareli İli Özelinde Değerlendirilmesi. Kırklareli University Journal of Engineering and Science, 4(1), 74-90.

Türkiye Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2018). Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı.

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007). Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.

Ambraseys, N. N. (2001). Reassesment of earthquakes. Geophysical Journal Internatinal, 145(2) 471-485.

Cisternas, A., Philip, H., J, C. B., Cara, M., Deschamps, A., Dorbath, L., & Rivera, L. (1989). The Spitak (Armenia) Earthquake of 7 December 1988: Field Observations, Seismology and Tectonics. Nature, 339(6227), 675.

Eyidoğan, H., Güçlü, U., Utku, Z., & Değirmenci, E. (1991). Türkiye Büyük Depremleri Makrosismik Rehberi (1900-1988). İTÜ MF Jeofizik Mühendisliği Bölümü Yayınları.

Irmak, T. S., Doğan, B., & Karakaş, A. (2012). Source Mechanism of the 23 October, 2011, Van (Turkey) Earthquake (M w= 7.1) and Aftershocks with its Tectonic Implications. Earth, planets and space, 64(11), 991-1003.

Tan, O., Tapirdamaz, M. C., & Yörük, A. (2008). The Earthquake Catalogues for Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 17(2), 405-418.

TÜRKİYE İÇİN EN BÜYÜK YER İVMESİ-ŞİDDET İLİŞKİSİNİN BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF PEAK GROUND ACCELERATION-INTENSITY RELATIONSHIP for TURKEY

Dr. Öğr. Üyesi Erdem BAYRAK

Atatürk Üniversitesi, Oltu Yer Bilimleri Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,

Prof. Dr. Yusuf BAYRAK

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Depremin yer üzerindeki etkisi nitel veya nicel olarak ifade edilir. Birincisi genel olarak deprem şiddeti olarak ifade edilir, ikincisi ise kaydedilen yer hareket parametreleri üzerinden belirlenebilir. Depremin öznel bir ölçüsü olan deprem şiddeti, insanların depremi ne kadar hissettiği ve deprem sonucu yapıların gördüğü hasarın değerlendirilmesi ile belirlenebilir. Şiddet genellikle MMI şiddet cetveli ile ölçülür ve I ile XII arasında değişen Roma rakamlarıyla ifade edilir. Yer hareketi parametreleri, pik yer ivmesi (PGA), pik yer hızı (PGV), pik yer değişimi (PGD) veya ilgili spektral nicelikler açısından sürekli sayısal değerlerle ifade edilmektedir. Bu çalışmada, Türkiye için deprem şiddeti ve pik yer ivmesi arasında bir ilişki geliştirilmiştir. Bu ilişkiler sahada şiddet bilgisinin bulunduğu fakat ivme kaydı bulunmayan bölgelerde PGA'nın hesaplanması için kullanılabilir. Diğer bir kullanım alanı ise, eş şiddet haritası olan tarihsel depremlerin ivmesinin tahmin edilmesidir. Bu tarz bir çalışmayı yapmak için elde edilmesi gereken bilgiler, daha önce meydana gelen depremlerin hem eş şiddet haritaları hem de aynı depreme ait PGA değerleridir. Literatürde yapılan araştırmalar neticesinde 1976-2004 yılları arasında meydana gelen 10 adet depreme ait hem şiddet hem de ivme değerleri elde edilmiştir. İvme istasyonları, eş şiddet haritası üzerinde işaretlenerek hangi şiddet değerine karşılık geldiği belirlenerek regresyon analizinde kullanılacak veri tabanı oluşturulmuştur. Regresyon sonucunda, şiddet-PGA arasında log(pga)=0.3396*I-0.5451 ilişkisi elde edilmiştir. Elde edilen ilişki literatürde bulunan ilişkiler ile karşılaştırılmıştır ve genellikle bu çalışmada elde edilen ilişkinin daha uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: En Büyük Yer İvmesi, Şiddet, En Küçük Kareler Yöntemi

ABSTRACT

The impact of the earthquake on the ground is expressed qualitatively or quantitatively. The first is generally expressed as earthquake intensity, and the second can be determined from the recorded ground motion parameters. Earthquake intensity, which is a subjective measure of the earthquake, can be determined by assessing how much people feel the earthquake and assessing the damage to buildings as a result of the earthquake. Intensity is usually measured by the MMI intensity scale and is expressed in Roman numerals ranging from I to XII. Ground motion parameters are expressed in continuous numerical values in terms of peak ground acceleration (PGA), peak ground velocity (PGV), peak ground displacement (PGD) or related spectral quantities. In this study, a relationship between seismic intensity and peak ground acceleration was developed for Turkey. These relationships can be used to calculate PGA in areas where there is information on violence in the field but there is no acceleration record. Another area of use is the estimation of the acceleration of historical earthquakes, which are maps of intensity. The information required to carry out such a study is both the intensity maps of the previous earthquakes and the PGA values of the related earthquake. As a result of the researches in the literature, both the intensity and acceleration values of 10 earthquakes occurred between 1976 and 2004 were obtained. The acceleration stations were marked on the intensity map and determined which intensity value they corresponded to. The database to be used in the regression analysis was created. As a result of the regression, **log(pga) = 0.3396 * I-0.5451** relationship was obtained between intensity and PGA. The relationship was compared with the literature and it was generally found that the relationship obtained in this study was more consistent.

Keywords: Peak Ground Acceleration, Intensity, Least Squares Method

1. Giriş

Yer sarsıntısı nitel veya nicel olarak belirlenip ifade edilebilir. Birincisi genel olarak deprem şiddeti olarak ifade edilir, ikincisi ise kaydedilen yer hareket parametreleri üzerinden belirlenebilir. Depremin öznel bir ölçüsü olan deprem şiddeti, insanların depremi ne kadar hissettiği ve deprem sonucu yapıların gördüğü hasarın değerlendirilmesi ile belirlenebilir. Şiddet genellikle MMI şiddet cetveli ile ölçülür ve I ile XII arasında değişen Roma rakamlarıyla ifade edilir. Yer hareketi parametreleri, pik yer ivmesi (PGA), pik yer hızı (PGV), pik yer değişimi (PGD) veya ilgili spektral nicelikler açısından sürekli sayısal değerlerle ifade edilmektedir. Bu parametreler bir deprem sırasında kaydedilen yer hareketlerinin doğrudan fiziksel ölçütlerini verir.

Bu çalışmada, Türkiye için deprem şiddeti ile aletsel yer hareketi parametrelerinden pik yer ivmesi arasında bir ilişki geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu tür bir ilişki çeşitli amaçlar için kullanabilir ve en önemlisi yer hareketinin nicel bir özelliğine ihtiyaç duyulmasıdır. Ampirik şiddet-PGA ilişkilerinin bir diğer kullanımı, şiddet bilgisine sahip tarihi depremlerin PGA verilerini tahmin etmektir. Bu tür ilişkiler, sahada şiddet bilgisinin bulunduğu ve geniş çapta güçlü yer hareket ağları olmayan bölgelerde PGA değerleri elde etmek için de kullanılabilir.

Bu tür ilişkilerin kullanımı için bir diğer önemli alan ShakeMap uygulamalarıdır. ShakeMap, bir depremden etkilenen alanı gösteren dijital haritalardır. Sarsıntı yoğunluğunun hızlı bir şekilde değerlendirilmesini sağlar ve dolaylı olarak da hasar olabilecek alanların hızlı bir şekilde belirlenmesini sağlarlar. ShakeMap, afet yönetimi, hasar azaltma ve hızlı müdahale amaçları için yararlıdır. Bir depremden birkaç dakika sonra, bu haritalar kamuya açık olarak üretilebilir. Bu tür haritalarda yer hareketi öznel ya da nicel ölçütlerle gösterilebilir.

2. Kullanılan Veri ve Yöntem

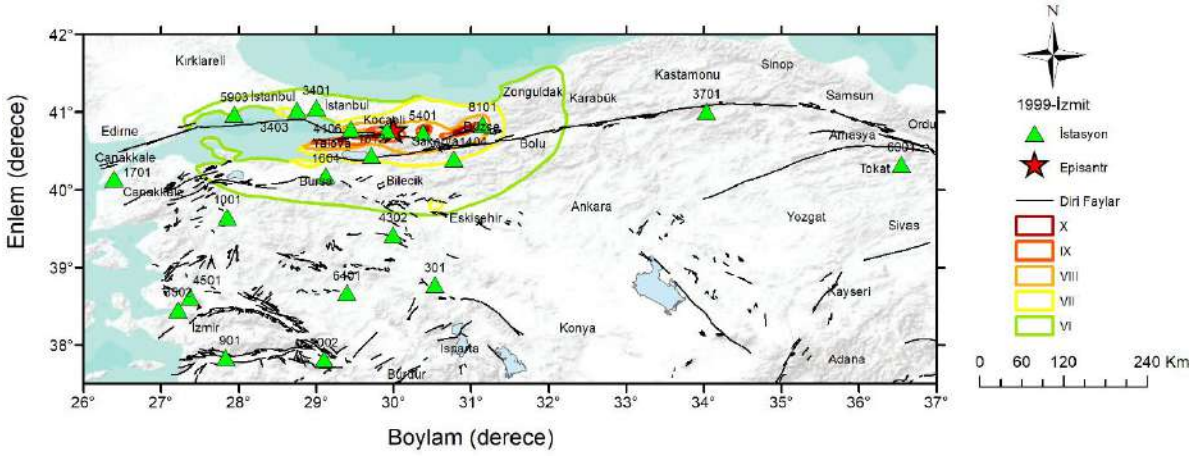
Bu çalışmada, makro sismik deprem şiddeti ile mühendislik yer hareketi parametresi PGA arasındaki ilişki geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu nedenle araştırmanın ana hedefleri şunlardır:

1) Daha önce Türkiye için rapor edilen deprem şiddet haritalarını ve bu haritalara ait PGA değerlerini toplamak,

2) Elde edilen bilgilerin birbirleri ile eşleştirilmesi ve aralarındaki ilişkinin regresyon analizi yapılarak belirlenmesi.

İstasyonların denk geldiği şiddetler I_s olarak değerlendirilmiştir. Fakat bazı durumlarda istasyonların olduğu yerlerde herhangi bir şiddet eğrisi çizilmemiştir. Bu durumda, istasyonun bulunduğu yerde bir ivme kaydı alınabildiği için buralarda da depremin hissedildiği açıkça görülmektedir. En uzak istasyona şiddet cetveline göre III şiddeti atanmıştır.

Şiddet-PGA arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için aynı depremin şiddet haritası ve PGA değerleri gereklidir. Bu amaç için daha önce rapor edilen depremlerin şiddet haritaları ve PGA değerleri farklı kaynaklardan derlenerek elde edilmiştir. Çalışma alanı için depremlerin PGA değerleri AFAD kuvvetli yer hareketi kataloğundan elde edilmiş ve bu bölümde kullanılan depremlere ait bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. 10 adet depreme ait hem şiddet hem de PGA değerleri elde edilmiş ve bu bilgiler regresyon analizinde kullanılmıştır. Tabloda verilen I_s değerleri PGA istasyonlarının şiddet haritaları üzerine yerleştirilmesi ile belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. 1999 İzmit depremine ait şiddet haritası ve ivme kayıt istasyonu (Bayrak, E., 2018)

Tablo 1. Şiddet-PGA ilişkisi için kullanılan depremler ve bu depremlere ait bilgiler

Yer	*Tarih*	M_w	I_o	*K-G* cm/sn^2	*D-B* cm/sn^2	*Düşey* cm/sn^2	*İstasyon Kodu*	I_s

Denizli	19.08.1976	5,10	VII	348.53	290.36	173.29	2001	5
İzmir	16.12.1977	5,30	VIII	391.41	125.40	93.81	3506	6
Horasan	30.10.1983	6,60	VIII	173.30	150.26	87.92	2503	9
				35.49	24.99	31.94	2502	8
Biga	05.07.1983	6,10	VIII	50.11	46.77	37.68	1014	7
				53.44	46.51	31.67	1012	6
				29.89	34.91	17.19	5901	6
				25.38	27.78	17.47	1013	6
İzmit	17.08.1999	7,60	X	171.17	224.91	146.39	4101	10
				0.21	407.04	259.00	5401	9
				264.82	141.45	198.49	4106	9
				91.89	123.32	82.31	1612	9
				60.67	42.66	36.22	3401	8
				117.90	137.69	129.90	1404	8
				373.76	314.88	479.94	8101	8
				118.03	89.61	49.80	3403	8
				54.32	45.81	25.73	1604	8
				90.36	101.36	56.98	5903	6
				50.05	59.66	23.25	4302	7
				17.76	18.19	7.60	1001	6
				13.50	15.00	5.00	301	6
				11.20	14.31	3.51	6401	6
				24.57	28.63	7.93	1701	5
				12.50	6.50	4.50	4501	5
				11.69	8.91	4.43	3701	5
				9.89	10.80	3.33	3502	5
				5.92	11.69	3.69	2002	5
				5.98	5.25	3.30	901	5
				0.85	1.16	0.37	6001	4
Düzce	12.11.1999	7,10	X	739.51	805.88	200.13	1401	8
				513.78	407.69	339.64	8101	10
				58.34	120.99	63.12	1406	8
				24.82	27.89	24.99	1404	8
				17.33	24.72	11.54	5401	7
				8.97	5.25	8.27	3401	6
				9.31	8.00	4.76	1604	6
				17.12	20.69	9.46	4302	6
				7.93	7.63	4.09	3701	6
				8.00	10.00	3.50	301	6
				3.05	3.08	1.43	6401	6
				5.71	6.10	1.89	5902	6
				2.72	2.38	1.68	1001	6
				3.69	3.48	1.68	2002	5
				3.94	3.33	1.07	1701	4
				1.59	1.86	0.89	3502	4

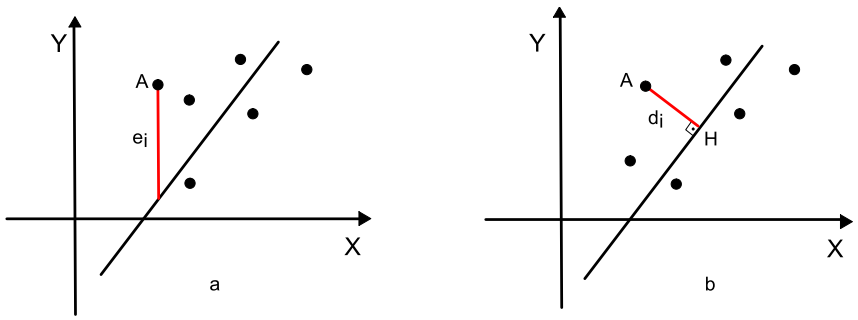
Tablo 3.4'ün devamı

Çankırı	06.06.2000	6,00		62.46	63.16	40.25	1801	7
				4.72	6.53	2.78	7801	6
				11.75	12.12	5.34	3701	5
				5.65	6.96	3.96	1401	5
				4.06	4.21	1.53	8101	5
				4.46	3.39	1.37	4302	4
Afyon-Çay	03.02.2002	6,50		113.50	94.00	35.50	301	8
				2.59	2.44	1.98	1502	6
				23.13	20.78	13.73	4302	5
				7.66	6.17	3.11	6401	5
				1.04	1.19	0.82	5401	4
				1.62	0.89	0.73	1001	4
				1.62	1.59	0.73	1006	4
Bingöl	01.05.2003	6,30		545.53	276.83	472.26	1201	8
				5.10	10.25	4.30	2406	7
				8.95	9.77	4.38	2401	6
				8.00	7.00	5.00	2301	6
				5.98	4.24	2.90	1301	5
Aşkale	25.03.2004	5,60		3.72	9.03	8.45	2406	5

2.1. Regresyon Analizi

Regresyon analizi bağımlı ve bağımsız veriler arasındaki ilişkiyi araştıran ve modelleyen bir istatistiksel yöntemdir (Montgomery vd., 2012). Regresyon analizinin kullanımı hemen her alanda mevcuttur (örneğin; mühendislik, fizik, kimya, yer bilimleri, eğitim bilimleri, ekonomi, astronomi vb.). Ölçülebilen iki büyüklük arasındaki ilişkinin belirlenmesi konusunda, regresyon analizi en çok ve en yaygın kullanılan istatistik tekniktir. Basit doğrusal regresyonun en faydalı amacı, bağımsız değer X'e karşılık bağımlı değer Y'nin elde edilmesidir. Y=f(X) denklemi bağımsız değer X'e karşılık bağımlı değer Y'nin elde edilmesinde kullanılır. Basit doğrusal regresyonun denklemi ise, Y=a+bX'dir. Burada a eğrinin düşey ekseni kestiği değer, b ise doğrunun eğimidir.

En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY), veri noktalarından regresyon çizgisine düşey mesafelerin karelerinin toplamını en aza indirgeyerek elde edilir (Şekil 2).

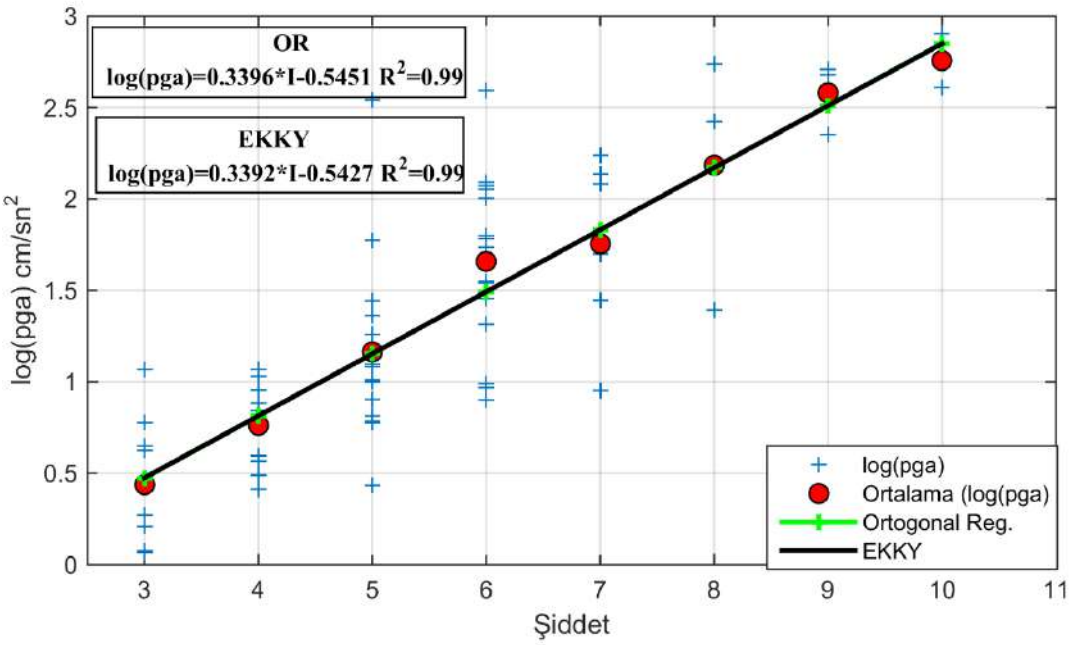


Şekil 2. a) Klasik en küçük kareler yöntemi, b) Ortogonal regresyon yöntemi

Bu yöntem yıllardır geliştirilmesine rağmen, EKKY hızlı ve kolay bir şekilde hesaplanabilmesinden dolayı daha çok tercih edilmektedir (Ludbrook, 2010). EKKY yönteminin varsayımlarından bir tanesi bağımsız değerlerin herhangi bir hata değerinin içermemesi, sadece bağımlı değerlerin hata payı içermesidir (Glaister, 2005). Fakat gerçekte iki değerin de hata payı içermesi durumu bulunmaktadır. Bu durumda, EKKY yöntemi yerine OR yöntemi daha duyarlı sonuçlar verebilmektedir (Glaister, 2005). Bu çalışmada şiddet-magnitüd arasındaki ilişkiyi belirlemek için En Küçük Kareler Yöntemi (EKKY) ve Ortogonal Regresyon (OR) yöntemleri kullanılmıştır.

3. Sonuçlar

İvme kaydı bulunan istasyonlar, şiddet haritaları ile çakıştırılarak o alana ait şiddetler (I_s) belirlenmiştir (Tablo 1). Daha sonra regresyon analizi için, her şiddete karşılık gelen PGA değerlerinin ortalaması alındıktan sonra logaritması alınıp, şiddet ile regresyon analizi yapılmıştır (Şekil 3). Regresyon analizi için Ortogonal regresyon ve EKKY yöntemleri kullanılmış ve hesaplamalar Matlab programında geliştirilen yazılım ile yapılmıştır.



Şekil 3. Şiddet-PGA regresyon analizi

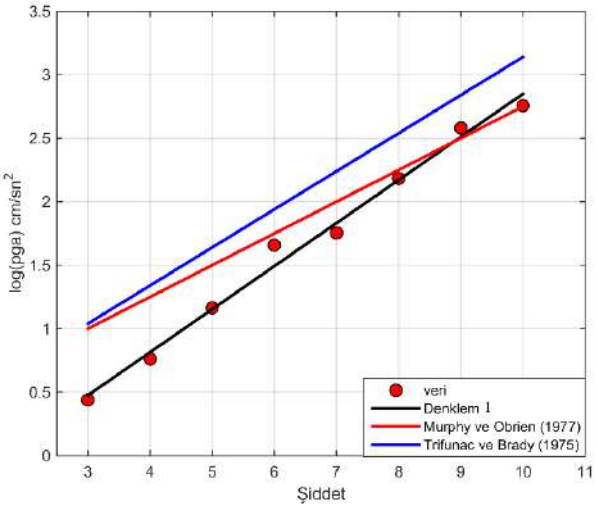
Regresyon sonucunda, şiddet-PGA arasında $R^2 = 0.99$ oranında uyumlu bir ilişki elde edilmiştir (Şekil 3).

$$\log(pga) = 0.3396 * I - 0.5451 \quad \text{(EKKY)} \qquad (1)$$

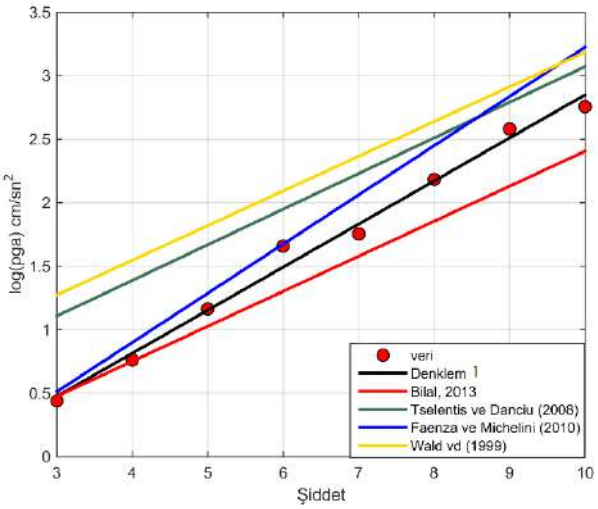
$$\log(pga) = 0.3392 * I - 0.5427 \quad \text{(OR)} \qquad (2)$$

Daha sonra elde edilen ilişki ile literatürde en çok kullanılan ilişkiler karşılaştırılmıştır. Şekil 4'de bağımlı değer olarak log(pga) değerini kullanan ilişkiler ile bu çalışmada elde edilen ilişki karşılaştırılmıştır. Şekilden de açıkça görülebileceği gibi, küçük şiddet değerlerinde Murphy ve O'Brien (1977) ile Trifunac ve Brady (1975) ilişkisi ile daha yüksek PGA değerleri elde edilmiş, fakat büyük şiddet değerlerinde Murphy ve O'Brien (1977) ilişkisi denklem 1'de elde edilen değerlere daha yakın değerler elde edilmiştir.

Genellikle bu tür denklemlerde bağımlı değer (dikey eksen) olarak şiddet kullanılmaktadır. Normalde regresyon analizi tek yönlü bir işlemdir yani her zaman sağa doğru hesaplama yapılır. Fakat sonuçları karşılaştırmak için bu tür hesaplanan denklemler de kullanılmış ve Şekil 5'de gösterilmiştir. Bu çalışmada elde edilen ilişki iyi bir uyum gösterirken, diğer çalışmalarda (Bilal ve Askan, 2014; Tselentis ve Danciu, 2008; Faenza ve Michelini, 2010; Wald vd., 1999) elde edilen eğrilerde büyük oranda sapmalar açıkça görülmektedir.



Şekil 4. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile literatürde en çok kullanılan ilişkilerin karşılaştırılması (Diğer denklemlerde de bağımlı değer İvme)



Şekil 5. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile literatürde en çok kullanılan ilişkilerin karşılaştırılması (Diğer denklemlerde de bağımlı değer Şiddet)

4. Kaynakça

Bayrak, E., 2018. Türkiye İçin Şiddet-Magnitüd Azalım İlişkisinin Geliştirilmesi Ve Makro Sismik Deprem Tehlike Haritasının Hazırlanması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bilal, M. ve Askan, A., 2014. Relationships Between Felt Intensity and Recorded Ground-Motion Parameters for Turkey, Bulletin of the Seismological Society of America, 104, 1, 484-496.

Faenza, L. ve Michelini, A., 2010. Regression Analysis of MCS Intensity and Ground Motion Parameters in Italy and Its Application in ShakeMap, Geophysical Journal International, 180, 3, 1138-1152.

Glaister, P., 2005. Robust Linear Regression using Theil's Method, Journal of Chemical Education, 82, 10, 1472-1473.

Ludbrook, J., 2010. Linear Regression Analysis for Comparing Two Measurers or Methods of Measurement: But Which Regression?, Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology, 37, 7, 692-699.

Montgomery, D. C., Peck, E. A. ve Vining, G. G., 2012. Introduction to Linear Regression Analysis, 821, John Wiley & Sons.

Murphy, J. R. ve O'Brien, L. J., 1977. The Correlation of Peak Ground Acceleration Amplitude with Seismic Intensity and Other Physical Parameters, Bulletin of the Seismological Society of America, 67, 3, 877-915.

Trifunac, M. D. ve Brady, A. G., 1975. Correlation of Seismoscope Response with Earthquake Magnitude and Modified Mercalli Intensity, Bulletin of the Seismological Society of America, 65, 2, 307-321.

Tselentis, G. A. ve Danciu, L., 2008. Empirical Relationships Between Modified Mercalli Intensity and Engineering Ground-Motion Parameters in Greece, Bulletin of the Seismological Society of America, 98, 4, 1863-1875.

Wald, D. J., Quitoriano, V., Heaton, T. H. ve Kanamori, H., 1999. Relationships between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California, Earthquake Spectra, 15, 3, 557-564.

ELEKTRODEPOZİSYON YOLUYLA BÜYÜTÜLEN WO_3 İNCE FİLMLER ÜZERİNE pH'IN ETKİSİ

EFFECT OF pH ON WO_3 THIN FILMS GROWN VIA ELECTRODEPOSITION

Dr. Öğr. Üy. Kübra ÇINAR DEMİR

Atatürk Üniversitesi, Oltu Yer Bilimleri Fakülte, Maden Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Elektrokimyasal büyütme metodu (ECD), büyük yüzey alanlara büyütme kolaylığı, homojen ince film oluşturma ihtimaliyeti, düşük maliyet gibi avantajlara sahiptir. Bu çalışmada, tungsten trioxide (WO_3) ince filmler (1.3, 1.93, 6.32 ve 10.2) farklı pH değerlerinde elektrokimyasal büyütme yoluyla Indium tin oxide (ITO) üzerine büyütüldü. WO_3 ince filmler büyütme sonrasında hava ortamında 450 °C'de 2 saat tavlandı. Filmlerin kalitesi üzerine pH, sıcaklık, katodik potansiyel ve zamanın etkileri analiz edildi. WO_3 ince filmlerin yapısal, optic ve morfolojisi X-şını-kırınımı (XRD), Raman, Soğurma, Taramalı electron Mikroskobu (SEM) ve Atomik kuvvet Mikroskobu (AFM) ölçüm teknikleriyle incelendi. WO_3 ince filmler yaklaşık 23.40 ° ve 24.55° açılarına karşılık gelen (020) ve (200) yönelimli β-WO_3 kristal fazlara sahiptir. XRD analizi hazırlanan WO_3 ince filmlerin polikristal faza sahip olduğunu doğruladı. Raman Spektroskopi analizi ITO altlık üzerine elektrokimyasal olarak büyütülen filmlerin yapısını ve kimyasal birikmelerin iyi olduğunu desteklemektedir. Soğurma ölçümlerine göre, WO_3 ince filmlerin optik band aralığı pH: 1.3'te Eg: 2.80 eV olarak elde edildi. AFM ve SEM görüntülerinin büyütme şartlarıyla WO_3 ince filmlerinin yüzey morfolojisinin etkilendiği söylenebilir. Raman Kısacası, büyütme şartlarına bağlı olarak yapısal parametrelerde bir değişim olduğu açıklanabilir

Anahtar Kelimeler: WO_3, elektrodepozisyon, XRD

ABSTRACT

The electrochemical deposition method (ECD) has advantages such as the possibility of the formation of homogeneous thin films, low-cost and the feasibility of large surface area depositions. In this work, tungsten trioxide (WO_3) thin films were growth on Indium tin oxide (ITO via electrochemical deposition (ECD) at different pH values (1.3; 1.93; 6.32 and 10.2). WO_3 thin films were annealed at 450 °C for 2 hours in an air atmosphere after deposition. The effects of cathodic potential, time, temperature and pH on the quality of the films were analyzed. Structural, optical and surface morphology of WO_3 thin films were investigated by X-ray diffraction (XRD), Raman, Absorption, Scanning Electron Microscopy (SEM) and Atomic Force Microscopy (AFM) measurement techniques. WO_3 thin films have β-WO_3 crystal phases with (020) and (200) orientations corresponding to angles of about 23.40 ° and 24.55°. XRD analysis confirmed that the prepared WO_3 thin films have crystalline phases. Raman spectroscopy analysis supports the good structure and chemical compositions of the electrochemically deposited films on the ITO substrate. According to the absorption measurements, the optical bandgap of the WO_3 film was obtained as Eg 2.80 eV at pH: 1.3. It is said that AFM and SEM images affect the surface morphology of the WO_3 thin films by deposition conditions. Raman spectroscopy analysis was also used to further examine of the thin films. It can be explained that there is a variation in the structural parameters depending on deposition conditions.

Keywords: WO_3, electrodeposition, XRD

1. GİRİŞ

WO_3, bir katalitik dönüştürücü, elektrokromik cihazlar veya gaz sensörleri gibi çeşitli teknolojik uygulamalar için uygun fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip n-tipi bir yarıiletkendir. WO_3 gaz sensörü, elektrik iletkenliğinde ölçülebilir bir değişiklik olması nedeniyle azalan gazların tespiti ve oksidasyon için uygundur [1]. Ayrıca günlük yaşamımızda birçok başka amaç için kullanılmaktadır. Örneğin, x-ışını fosfor ekranları için tungstat üretimi ve yangına dayanıklı kumaşlar yapmak için sıklıkla kullanılır [2] ve ayrıca yoğun sarı renginden dolayı seramik ve boyalarda pigment olarak kullanılır W03 için en yaygın kullanılan uygulamalardan biri, uygulanan voltajla değişen ışık geçirgenlik özelliklerine sahip elektrikli camlar olan elektrokromik veya akıllı pencerelerdir [3, 4].

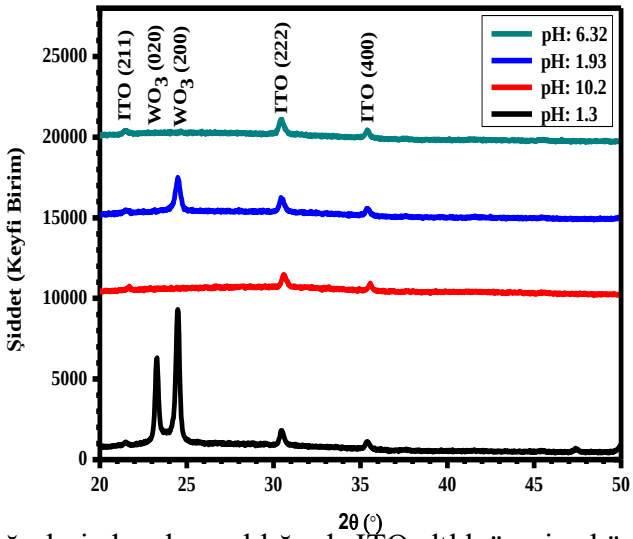
WO_3 doğal olarak tungstit ($WO_3.H_2O$), meymasit ($WO_3.2H_2O$) ve hidrotermi (H_2WO_4) minerallerini içeren hidrat formlarında meydana gelir. WO_3'ün kristal yapısı sıcaklığa bağlıdır. 740 ° C'nin üzerinde bir dörtgen yapı, 330 ° C ile 740 ° C arasında ortombik, 17 ° C ile 330 ° C arasında monoklinik yapı ve -50 ° C ila 17 ° C arasında triklinik yapı gösterir. P21 / n uzay grubuna sahip monoklinik bir yapı göstermektedir [5].

WO_3 ince filmler günlük yaşamımızda birçok amaç için kullanılmaktadır. Endüstride, x-ışını fosfor ekranlarında tungstat üretimi ve yangına dayanıklı kumaşlar yapılması için sıklıkla tercih edilir. WO_3 ince filmler aynı zamanda, yoğun sarı renklerinden dolayı seramiklerde ve boyalarda pigment olarak da kullanılır. Ayrıca, WO_3 filmleri gaz sensörü uygulamaları [6], termokromizm, fotokromizm [7], elektrokromizm [8] gibi çeşitli özelliklere sahiptir ve bazı geri dönüşümsüz renklendirme işlemleri göstermektedir. Bu camlar, voltaj uygulanan ışık iletim özelliklerine göre değişen elektrikli camlardır [3, 4].Bu çalışmada, WO_3 ince filmler, elektrodeppozisyon tekniği ile ITO altlıklar üzerine farklı pH değerinde oda sıcaklığında büyütülmüştür. Büyütülen ince filmlerin yapısal ve optik özellikleri ve yüzey morfolojisi özellikleri sırasıyla X-ışını kırınımı (XRD), Raman spektroskopisi, soğurma, SEM ve AFM ölçüm teknikleriyle incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

WO_3 ince filmler, Elektrokimyasal büyütme tekniği ile ITO (Sn: In2O3) altlıklar (Sigma-Aldrich'ten elde edilen 15-25 um direnç) üzerine büyütüldü. Büyütme işlemleri Gamry Interface1000E Potentiostat-Galvanostat / ZRA (Sıfır Direnç Ampermetre) kullanılarak yapıldı. Büyütmelerden önce, ITO altlıkalar triklorür etilen, aseton ve metanol ile 5 dakika boyunca temizlendi. ve bir Protherm üç bölgeli fırın kullanarak azot içinde yarım saat boyunca 300 ° C'de tavlandı. Elektrokimyasal büyütme işlemi, karşıt (Pt), referans (Ag / AgCl) ve çalışma elektrotlarına (ITO substratı) sahip üç elektrotlu bir elektrokimyasal hücre kullanılarak gerçekleştirildi. Elektrolit çözeltisi, 5mM $Na_2WO_4.2H_2O$ ve 15mM H_2O_2'den hazırlandı ve büyütmeler bu çözeltide gerçekleştirildi. İlk olarak, çözeltinin pH'ı 10.1 olarak ölçülmüş ve bu pH değerinde bir büyütme gerçekleştirilmiştir. Daha sonra çözeltinin pH'ı HNO_3 yardımı ile seyreltilmiş ve ince filmleri oluşturmak için 1.3, 1.9, 6.32 farklı pH değerine ayarlanmıştır. WO_3 ince filmlerin elektrodeppozisyonu, 600 saniyede -0.45 V'lik bir katodik büyütme potansiyelinde gerçekleştirildi. Büyütmeden sonra tüm filmler hava ortamında 2 saat boyunca 450 ° C sıcaklıkta tavlanmıştır [9]. Elde edilen numunelerin kristal yapısı, X-ışını kırınımı (CuKa, λ = 1.5418Å) ölçümleriyle değerlendirildi. Hazırlanan WO_3 ince filmlerinin yapısal, optik ve morfolojik özelliklerini belirlemek için XRD, Raman, Soğurma, SEM ve AFM ölçüm teknikleri kullanılmıştır.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

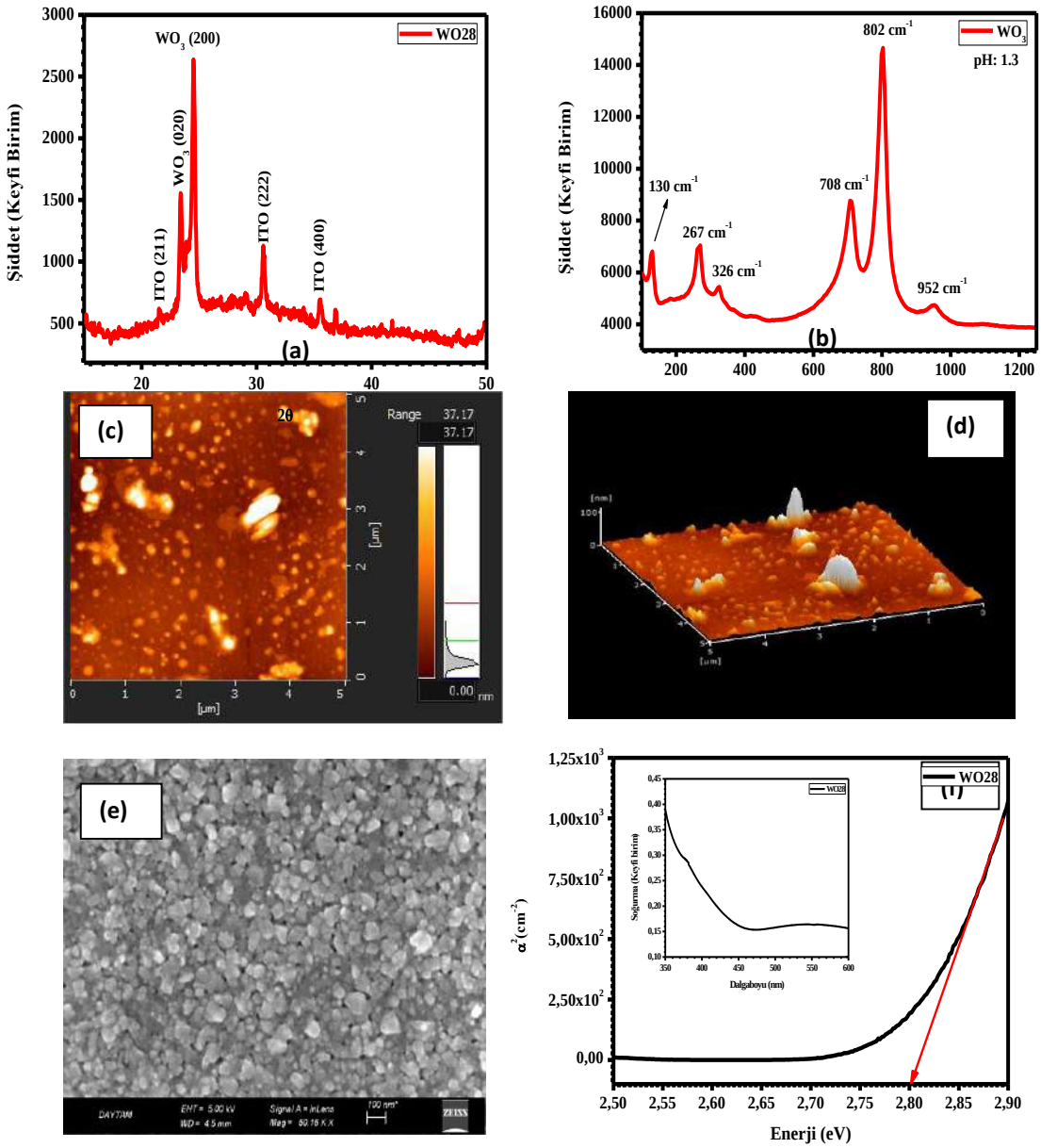


Şekil 1. Farklı pH değerlerinde oda sıcaklığında ITO altlık üzerine büyütülen WO_3 ince filmlerin XRD grafiği.

Şekil 1 dört farklı pH değerlerinde (10.2, 1.3, 1.93 ve 6.32) oda sıcaklığında ITO altlık üzerine elektrokimyasal olarak -0.45 V katodik potansiyelde 600 s'de büyütülen WO_3 ince filmlerinin XRD grafiğini göstermektedir. Bilindiği gibi WO3 ince filmler büyütüldüğünde amorf özellik göstermektedir. Büyütülen filmlere kristal özellik kazandırmak 450 °C'de 2 saat hava ortamında tavlanmıştır. XRD grafiğinden görüldüğü gibi elektrokimyasal olrak oda sıcaklığında pH: 10.2 ve pH: 6.32 değerlerinde büyütülen filmlerde herhangi bir WO_3 pikine rastlanmamıştır. pH: 1.93 değerinde elde edilen filmlerde ise yine düşük şiddette (200) yönelimine sahip WO_3 piki gözlenirken pH: 1.3 değerinde ise sırasıyla 23.40° ve 24.55° açılarına karşılık gelen (020) ve (200) yönelimlerinde şiddetli iki WO_3 pikleri gözlenmektedir. Grafikten görüldüğü gibi elektrokimyasal olarak oda sıcaklığında -0.45 V'ta asidik ortamda büyütülen filmlerde WO_3 ince filmleri elde edilmiştir. Bu dört farklı pH değerlerinde elde edilen numunelerin soğurma ölçümleri de gerçekleştirilmiş ve uygun soğurma band aralığı enerji değeri pH: 1.3'te elde edilen film yapısında gözlenmiştir.

Şekil 2 oda sıcaklığında ITO altık üzerine büyütülen ve büyütme sonrasında 450 C'de 2 saat hava ortamında tavlanan WO_3 filminin XRD grafiğini göstermektedir. Görüldüğü gibi, numunede yaklaşık olarak 21.34, 30.36, 35.50 and 50.75° açılarına karşılık (211), (222), (400) ve (441) yönelimlerine sahip altlığın pikleri mevcuttur. pH: 1.3 değerinde elde edilen filmlerde yaklaşık olarak 23.40 ve 24.55 ° açılarına karşılık gelen (020) ve (200) yönelimlerine sahip β-WO_3 kristal fazı mevcuttur (JCPDS card no: 01-089-4478). Literatürde de açıklandığı gibi büyütme sonrası elde edilen filmler amorf özellik göstermektedir [10]. Bu nedenle çalışmamızda elektrokimyasal olarak dört farklı pH değerinde elde edilen WO_3 filmler büyütme sonrası kristal özellik kazandırmak için tavlama işlemine maruz bırakılmıştır. Görüldüğü gibi en iyi kristal özellik gösteren numuneler pH: 1.3 asidik ortamında elektrokimyasal olrak oda sıcaklığında -0.45 V'ta 600 s'de büyütülen filmlerde gözlenmiştir. Elektrokimyasal büyütme tekniği ile oluşturulan ince filmlerin kalitesini etkileyen pek çok parametre vardır. Bir başka deyişle, büyütme potansiyeli, elektrolite eklenen maddelerin tipi ve miktarı, çözeltinin pH'ı, akım yoğunluğu, elektrolit sıcaklığı ve çözeltiye eklenen kimyasal katkılar filmin krsital yapısını etkilemektedir. Bu parametrelerden en önemlisi filmin kalitesini doğrudan etkileyen çözeltinin pH değeridir. pH'daki değişim ince filmin kristal yapısını etkiler. Çünkü ortamın pH'sı açıkça iyon

hareketine bağlıdır. pH'daki artış hidrojen elektrot potansiyelini artırır ve filmi büyütmek için gerekli olan gerçek potansiyel değerinin bile değişimine neden olmaktadır.



Şekil 2. ITO altlık üzerine oda sıcaklığında pH: 1.3'te büyütülen WO_3 ince filminin XRD, Raman, AFM, SEM ve soğurma görüntüleri

Tavlamalar sonucunda Şekil 2.(a)'da verildiği gibi ITO altlık üzerine oda sıcaklığında büyütülen WO_3 filminin XRD grafiği gösterilmiştir. Grafikte yaklaşık olarak 21.34°, 30.36°, 35.50° ve 50.75°'lik açılarda (211), (222), (400) ve (441) yönelimlerine sahip baskın olmayan altlığın pikleri mevcuttur. Literatürde de yaygın olarak belirtilen ve bizim numunemizde mevcut olan yaklaşık 23.40° ve 24.55°'lik açılara karşılık gelen (020) ve (200) yönelimlerine sahip şiddetli β-WO_3 kristal fazlarına rastlanmaktadır (JCPDS card no: 01-089-4478). WO_3 ince filmleri büyütüldüklerinde amorf

yapıdadırlar. Kristal özelliğe sahip olması için bu ince filmlerin büyütüldükten sonra tavlama işlemine maruz bırakılması gerekmektedir. Bu nedenle ITO altlık üzerine elektrokimyasal olarak büyüttüğümüz filmlerin kristal özelliği göstermesi için tavlama işlemi gerçekleştirilmiştir [9].

Şekil 2.(b) 450°C'de 2 saat hava ortamında tavlandıktan sonra alınan WO28 numunesinin Raman spektrumunu göstermektedir. Grafikte görüldüğü gibi 130, 267, 326, 708, 802 ve 952 cm^{-1}'de bandlar mevcuttur. Tavlanan filmin yapısında 952 cm^{-1}'deki pik W-O gerilme moduna karşılık gelmektedir. 952 cm^{-1}'den daha önceki bandlar hidratlı WO_3'in karakteristiğinden kaynaklanmaktadır. Genellikle $WO_3.1/3H_2O$, $WO_3.H_2O$ ve $WO_3.2H_2O$ gibi üç çeşit hidratlı WO_3 Raman spektrumu literatürde belirtilmiştir. Raman spektrumunda görüldüğü gibi 267, 326, 708 ve 802 cm^{-1}'deki pikler $WO_3.H_2O$'ye karşılık gelmektedir. Tavlanmadan önce elde edilen WO_3 ince filmi amorf yapıya sahiptir ve 450 C''de 2 saat tavlama yapıldıktan sonra kristal özellik göstermiştir. Monoklinik WO_3'te tungsten iyonlarının koordinasyon sayısı 6'dır. Amorf WO_3 düzensiz yapıya sahip olması nedeniyle daha düşük koordinasyon sayılı tungsten iyonları içermektedir. Tavlanan filmde 326 ve 267 cm^{-1}'deki bandlar O-W-O oksijen köprü oluşturduğu bükülme modlarına ve 802 ve 708 cm^{-1}'deki bandlar da gerilme modlarına karşılık gelmektedir [10]. Bu modlar kristal yapıda WO_3 oluşturulduğunu göstermektedir.

Şekil 2.(c) ve (d) ITO üzerine büyütülen WO28 ince filminin 2 boyutlu ve 3 boyutlu yüzey morfolojisini göstermektedir WO28 ince filminin yüzey pürüzlülüğü 4.3 nm'dir. 5x5 mikronluk alanda maksimum derinlik 37.17 nm'dir. Hem 2 boyutlu hem de 3 boyutlu AFM görüntüleri ITO altlık üzerine büyüyen WO_3 ince filminin tüm yüzeyde homojen olmayan bir büyüme fakat tüm yüzey üzerine dağılan bir büyüme gerçekleştiğini kanıtlamaktadır. Görüldüğü gibi altlık üzerindeki bazı bölgeler çok daha fazla açık renktedir. Bu da o bölgelerde büyümenin daha fazla kalın olduğu ve filmin kalınlığının her bölgede eşit olmadığını gösterir. Bunun nedeni WO_3 ince filmi büyütmek için hazırlanan elektrolit çözeltisinin iyon konsantrasyonu her noktada aynı olmadığı düşünülmektedir. Çünkü ITO altlık üzerine WO_3 ince filmi büyütmek için hazırlanan çözeltinin pH değeri tampon çözelti ile hazırlanmamıştır. Bu da elektrolit çözeltisinin altlığın üst yüzeyinde ve alt kısmındaki iyon konsantrasyonunu etkilediği düşünülmektedir. Bu nedenle altlığın üst kısmında ve alt kısmındaki büyüyen filmin yapısında değişikliğe neden olur. Altlık üzerine büyüyen filmin bazı bölgelerinde daha fazla büyüme gözlenirken bazı bölgelerinde daha az büyüme söz konusudur. Görüntülerden de anlaşıldığı gibi bu da daha fazla büyüyen kısmın daha açık renkte olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Şekil 2.(e) pH: 1.3 değerinde ITO altlık üzerine elektrokimyasal olarak büyütülen WO_3 ince filminin 10 K ve 50 K büyütmelerinde elde edilen SEM görüntülerini göstermektedir. Her iki alanda elde edilen görüntüde WO_3 ince filmi parçacıklar şeklinde düzenli olarak dağıldığı görülmektedir. Görüldüğü gibi filmin bazı noktaları daha koyu renkte bazı noktaları ise daha açık renktedir. ITO altlık üzerine büyütülen WO_3 ince filminin bazı bölgelerde daha fazla birikmesi ve bazı noktalarda ise daha az birikmesiyle açıklanabilir. Şekil 2.(f) ITO altlık üzerine oda sıcaklığında büyütülen WO_3 ince filminin Soğurma Katsayısına karşı enerji grafiğini göstermektedir. Görüldüğü gibi grafiğin iç kısmına yerleştirilmiş olan 350 ile 600 nm aralığında alınan soğurmaya karşılık dalgaboyu grafiği çizilmiştir. Soğurma katsayısına karşılık enerji grafiğinin eğiminden ITO altlık üzerine büyütülen ve büyütme sonrası 450°C'de hava ortamında 2 saat tavlanan ince filmin band aralığı 2.8 eV olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç literatürde de belirtildiği gibi hem elektrodepozisyonla hem de farklı tekniklerle büyütülen WO_3 ince filmi için elde edilen band aralığı değerleriyle uyumludur [11-15]. WO_3 ince filminin band aralığı değeri genellikle 2.5 ile 2.8 eV arasında değiştiği pek çok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

[1] T. Siciliano, A. Tepore, G. Micocci, A. Serra, D. Manno, E. Filippo, WO3 gas sensors prepared by thermal oxidization of tungsten, Sensor Actuat B-Chem, 133 (2008) 321-326.
[2] The Merck Index in: Tungsten trioxide, 2006.
[3] K.H. Lee, Y.K. Fang, W.J. Lee, J.J. Ho, K.H. Chen, K.C. Liao, Novel electrochromic devices (ECD) of tungsten oxide (WO3) thin film integrated with amorphous silicon germanium photodetector for hydrogen sensor, Sensor Actuat B-Chem, 69 (2000) 96-99.
[4] W.J. Lee, Y.K. Fang, J.J. Ho, W.T. Hsieh, S.F. Ting, D.Y. Huang, F.C. Ho, Effects of surface porosity on tungsten trioxide(WO3) films' electrochromic performance, J Electron Mater, 29 (2000) 183-187.
[5] E. Lassner, Schubert, W., Tungsten: Properties, Chemistry, Technology of the Element, Alloys, and Chemical Compounds, Kluwer Academic / Plenum Publishers, USA.
[6] M. Stankova, X. Vilanova, E. Llobet, J. Calderer, M. Vinaixa, I. Gracia, C. Cane, X. Correig, On-line monitoring of CO2 quality using doped WO3 thin film sensors, Thin Solid Films, 500 (2006) 302-308.
[7] S. Balaji, Y. Djaoued, A.S. Albert, R. Bruning, N. Beaudoin, J. Robichaud, Porous orthorhombic tungsten oxide thin films: synthesis, characterization, and application in electrochromic and photochromic devices, J Mater Chem, 21 (2011) 3940-3948.
[8] Q. Zhao, Y.S. Fang, K. Qiao, W. Wei, Y.J. Yao, Y.F. Gao, Printing of WO3/ITO nanocomposite electrochromic smart windows, Sol Energ Mat Sol C, 194 (2019) 95-102.
[9] Y. Liang, Z.C. Guan, H.P. Wang, R.G. Du, Enhanced photoelectrochemical anticorrosion performance of WO3/TiO2 nanotube composite films formed by anodization and electrodeposition, Electrochem Commun, 77 (2017) 120-123.
[10] H. Habazaki, Y. Hayashi, H. Konno, Characterization of electrodeposited WO3 films and its application to electrochemical wastewater treatment, Electrochim Acta, 47 (2002) 4181-4188.
[11] S. Poongodi, P.S. Kumar, D. Mangalaraj, N. Ponpandian, P. Meena, Y. Masuda, C. Lee, Electrodeposition of WO3 nanostructured thin films for electrochromic and H2S gas sensor applications, J Alloy Compd, 719 (2017) 71-81.
[12] S.J. Hong, H. Jun, J.S. Lee, Nanocrystalline WO3 film with high photo-electrochemical activity prepared by polymer-assisted direct deposition, Scripta Mater, 63 (2010) 757-760.
[13] T. Zhu, M.N. Chong, E.S. Chan, J.D. Ocon, Electrochemically-synthesized tungstate nanocomposites gamma-WO3/CuWO4 and gamma-WO3/NiWO4 thin films with improved band gap and photoactivity for solar-driven photoelectrochemical water oxidation, J Alloy Compd, 762 (2018) 90-97.
[14] C.A. Bignozzi, S. Caramori, V. Cristino, R. Argazzi, L. Meda, A. Tacca, Nanostructured photoelectrodes based on WO3: applications to photooxidation of aqueous electrolytes, Chem Soc Rev, 42 (2013) 2228-2246.
[15] W.L. Kwong, N. Savvides, C.C. Sorrell, Electrodeposited nanostructured WO3 thin films for photoelectrochemical applications, Electrochim Acta, 75 (2012) 371-380.

Al-6Mg-1,1Sc ve Al-6Mg-1,9Sc ALAŞIMLARININ BAZI TERMAL ÖZELLIKLERINDE Sc KATKISININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESI

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF Sc CONTRIBUTION OF Al-6Mg-1,1Sc and Al-6Mg-1,9Sc ALLOYS IN SOME THERMAL PROPERTIES

Doç. Dr. Hamza Yaşar OCAK

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü

Öğr. Gör. Gencer SARIOĞLU

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü

Öğr. Gör. Reyhan BAŞER

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü

Doç. Dr. Salih AKBUDAK

Adıyaman Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü

ÖZET

Al-Sc-Mg alaşımları hafiflik ve yüksek mukavemetlerinden dolayı havacılık ve otomotiv endüstrilerinde büyük ilgi görmektedirler. Al-Mg alaşımlarına Sc ilavesi alaşımda, deniz suyuna dayanım, süneklik direnci, korozyon direnci yanında çok iyi kaynak yapılabilme özellikleri kazandırmaktadır. Sc'nin Al-Mg alaşımlarına eklenmesi, Al_3Sc çökeltilerinin aşırı derecede ince ve homojen bir şekilde dağılmış bir dizi oluşumu ile sonuçlanır. Düşük Skandiyum oranlarında malzemenin yüksek mukavemet ve yüksek sıcaklıkta yeniden kristalleşmesini sağlayan etki, bu alaşımlar içerisinde yeni bir faz şeklinde oluşan Al_3Sc çökeltilerinden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada Al-6Mg-1,1Sc ve Al-6Mg-1,9Sc alaşımlarının termal özellikleri incelenerek Sc katkısının Al-6Mg alaşımına olan etkileri incelenmiştir. Termal analizlerde, Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (TG/DSC) analizleri için LABSYS EVO TG-DSC cihazı ve Termomekanik analiz (TMA) için SETSYS EVOLUTION TMA ile ölçümler alınmıştır. TG/ DSC analizleri için 55 mg ağırlığında numuneler platin krozelere konulmuştur. Cihaza bağlı bilgisayar yardımıyla argon atmosferinde 10°C/dk ısıtma hızı kullanılarak numunelere 30 - 600 °C sıcaklıkları arasında ısıl işlem uygulanmıştır. TMA analizleri için 2,36 mm yüksekliğinde numuneler alümina holder üstüne yerleştirilmiş ve 5 gr yük uygulanmıştır. Cihaza bağlı bilgisayar yardımıyla argon atmosferinde 10°C/dk ısıtma hızı kullanılarak numunelere 30 - 600 °C sıcaklıkları arasında ısıl işlem uygulanmıştır. Sc elementinin katkısı, bu alaşımda; termal genleşme katsayısını ve Young modülünün belirgin oranda değiştirerek, yeniden kristalleşme sıcaklığını da etkilemiştir. Ayrıca, entalpi değişimi, aktivasyon enerjisini ve entropi değişimlerinde de Sc'un etkisi gözlenmiştir. Sonuç olarak Al-6Mg alaşımının mukavemeti ve termal özelliklerinin, Sc'un küçük katkı değişimlerinde dahi önemli oranlarda değiştiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Al-Mg-Sc, Diferansiyel Termal analiz, Termomekanik Analiz.

ABSTRACT

Al-Sc-Mg alloys are of great interest in the aerospace and automotive industries due to their light weight and high strength. The addition of Sc to Al-Mg alloys provides very good weldability properties in the alloy as well as resistance to sea water, ductility resistance, corrosion resistance. Addition of Sc to Al-Mg alloys results in an extremely thin and homogeneously dispersed sequence of Al_3Sc precipitates. The effect of high strength and high temperature recrystallization of the material at low scandium rates is due to the Al_3Sc precipitates formed as a new phase in these alloys. In this study, the thermal properties of Al-6Mg-1,1Sc and Al-6Mg-1,9Sc alloys were investigated and the effects of Sc addition on Al-6Mg alloy were investigated. In thermal analysis, measurements were taken with LABSYS EVO TG-DSC device for Differential Scanning Calorimeter (TG / DSC) analysis and SETSYS EVOLUTION TMA for Thermomechanical Analysis (TMA). For TG / DSC analyzes, samples weighing 55 mg were placed in platinum crucibles. Heat treatment was applied to the samples between 30 - 600 ° C using argon atmosphere with 10 ° C / min heating rate. For TMA analysis, 2.36 mm high samples were placed on the alumina holder and 5 g load was applied. Heat treatment was applied to the samples between 30 - 600 ° C using argon atmosphere with 10 ° C / min heating rate. The contribution of the element Sc in this alloy; It also affected the recrystallization temperature by significantly changing the coefficient of thermal expansion and Young's modulus. In addition, enthalpy change, activation energy and the effect of Sc on entropy changes were also observed. As a result, it is concluded that the strength and thermal properties of Al-6Mg alloy change significantly even in small additive changes of Sc.

Keywords: Al-Mg-Sc, Differential Thermal Analysis, Thermomechanical Analysis.

1. GİRİŞ

Al-Mg alaşımları, deniz suyuna dayanım, süneklik direnci, korozyon direnci, çok iyi kaynak yapılabilme gibi özellikleri sayesinde endüstride geniş bir kullanım alanına sahiptir [1,2]. Sc'nin Al-Mg alaşımlarına eklenmesi, Al_3Sc çökeltilerinin aşırı derecede ince ve homojen bir şekilde dağılmış bir dizi oluşumu ile sonuçlanır [3,4]. Mukavemet gelişimi temel olarak Al_3Sc çökeltilerinin oluşumu ile sağlanır. Bu parçacıklar, tipik olarak 200 ila 400 ° C arasındaki yüksek sıcaklıkta ısıl işlem sırasında oluşurlar, çok ince ve düzgün bir şekilde dağılırlar ve yeniden kristalleşme sıcaklığını yükselterek yeniden kristalleşmeyi geciktirmeye yardımcı olurlar [5]. Skandiyum elementi alaşımın mukavemetinde artış, tanecik boyutunun azalması, yeniden kristalleşme sıcaklığının artması, sıcak çatlamaya karşı geliştirilmiş yüksek direnç gibi faydalar sağlamaktadır [6,7]. Düşük Skandiyum oranlarında malzemenin yüksek mukavemet ve yüksek sıcaklıkta yeniden kristalleşmesini sağlayan etki malzeme içerisindeki Al_3Sc çökeltilerinden kaynaklanmaktadır [8]. Bu çalışmada Al-6Mg-1,1Sc alaşımının termal ölçümleri yapılarak sıcaklık değişimi ile fiziksel parametrelerinin nasıl etkilendiği ve Mg katkısı incelenmiştir.

2. YÖNTEM VE METODLAR

Termal analiz deneylerinde Al-6Mg-1,1Sc alaşımına ait numunelerin Diferansiyel taramalı kalorimetre (TG/DSC) ve Termomekanik analiz (TMA) ölçümleri yapılmıştır.

TG/DSC için 30 – 1600 °C arasındaki sıcaklıklarda çalışabilen SETARAM marka Labsys Evo modeli Simultane Termal Analiz cihazı, TMA deneyleri için de 30-1750 °C arasındaki sıcaklıklarda çalışabilen SETARAM marka Setsys Evo modeli Termo-Mekanik Analiz cihazı kullanılmıştır.

Şekil 1: LABSYS EVO TG-DSC

Şekil 2: SETSYS EVOLUTION TMA

TG/ DSC analizleri için 55 mg ağırlığında numuneler platin krozelere konularak deneysel süreç başlatılmıştır. Cihaza bağlı bilgisayar yardımıyla argon atmosferinde 10°C/dk ısıtma hızı kullanılarak numunelere 30 - 600 °C sıcaklıkları arasında ısıl işlem uygulanmıştır. Isıl işlem süresince eş zamanlı

olarak malzeme üzerinde gerçekleşen ağırlık ve enerji değişimi ölçülmüştür. Ölçülen değerlerden Entalpi, Gibbs serbest enerjisi ve Entropi değerleri türetilmiştir.

TMA analizleri için 2,36 mm yüksekliğinde numuneler alümina holder üstüne yerleştirilmiş ve 5 g yük uygulanmıştır. Cihaza bağlı bilgisayar yardımıyla argon atmosferinde 10°C/dk ısıtma hızı kullanılarak numunelere 30 - 600 °C sıcaklıkları arasında ısıl işlem uygulanmıştır. Isıl işlem süresince malzeme üzerinde gerçekleşen boyut değişimi, termal genleşme ve Young Sabiti elde edilmiştir.

Diferansiyel taramalı kalorimetre (TG/DSC) analizleri için kullanılan LABSYS EVO TG-DSC cihazı ve Termomekanik analiz (TMA) için kullanılan SETSYS EVOLUTION TMA cihazı sırası ile Şekil 1 ve Şekil 2'de görülmektedir. Ölçüm cihazlarının tamamı Kütahya Dumlupınar Üniversitesi İLTEM araştırma merkezinde bulunmaktadır.

Elde edilen TG/DSC eğrisinde oluşan piklerden yeniden kristalleşme sıcaklıkları belirlenmiş ve pik alanlarından sıcaklık aralıkları ve ısı verileri kullanılarak ayrıca entropi de hesaplanmıştır. Denklem 1 kullanılarak yeniden kristalleşme pikine ait Gibbs enerjisi hesaplanmıştır. Burada ΔG; Gibbs enerjisi, ΔH; Entalpi, T; yeniden kristallenme sıcaklığını ve ΔS ; entropi değişimini göstermektedir.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (1)$$

TMA ölçümleri ile elde edilen eğrilerden faydalanarak boyut değişimi (ϵ), termal genleşme katsayısı (α) ve Young sabiti (E) sırasıyla denklem 2, 3 ve 4 kullanılarak hesaplanmıştır. Burada Δl; genleşme miktarı, l_0; malzemenin ilk uzunluğu ve ΔT; sıcaklık değişimini göstermektedir [9].

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \Delta T} (°C)^{-1} \quad (3)$$

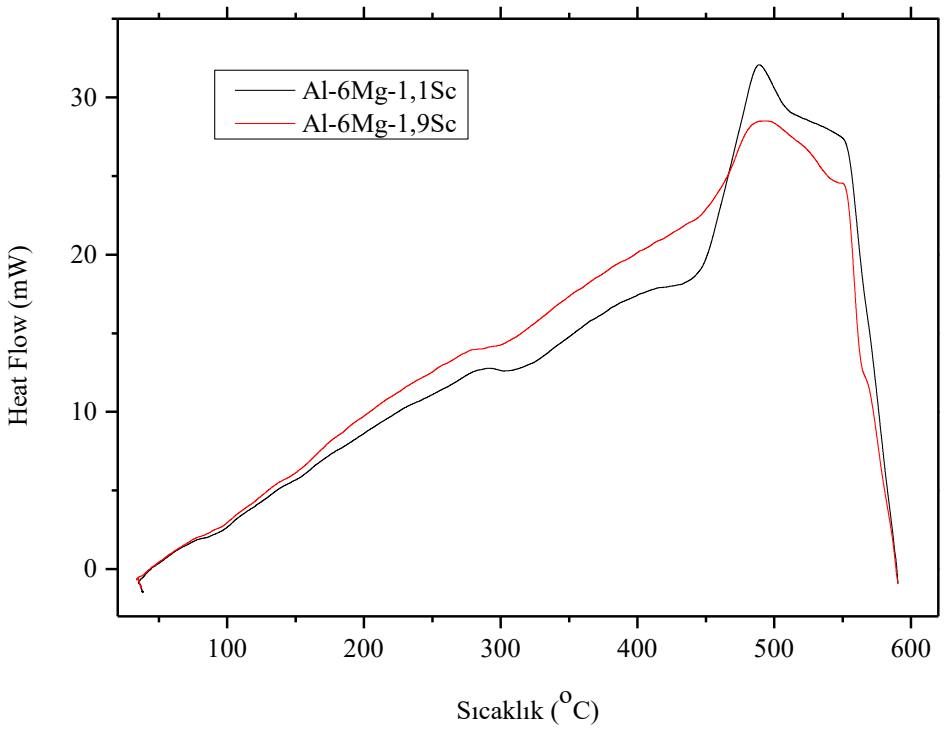
$$E = \frac{G}{\epsilon} (N/m^2) \quad (4)$$

Entalpi, bir kimyasal tepkimede sistemden ortama verilen veya ortamdan sisteme alınan ısı miktarına entalpi denir. Entalpi, tepkime ısısı olarak da adlandırılır. Entropi bir sistemin mekanik işe çevrilemeyecek termal enerjisini temsil eden termodinamik terimidir. Çoğunlukla bir sistemdeki rastgelelik ve düzensizlik olarak tanımlanır. Sistemlerdeki düzensizlik arttıkça, entropi de ona paralel olarak artar. Bununla birlikte faydalı enerji miktarı sürekli azalır. Faydasız enerji (entropi) ise artmaktadır [10].

Gibbs serbest enerjisi entalpiden, entropi ve mutlak sıcaklığın çarpımının çıkarılmasıyla elde edilen termodinamik bir değişkendir. Genel olarak kimyasal bir reaksiyonun enerji potansiyelinin işe dönüştürülebilmesiyle ilgilidir. Gibbs enerjisi sıfırdan küçük ise reaksiyon kendiliğinden oluşur. Gibbs enerjisi sıfırdan büyük ise reaksiyon kendiliğinden oluşmaz.

3. TARTIŞMA ve SONUÇ

Al-6Mg-1,1Sc ve Al-6Mg-1,9Sc alaşımlarının DSC grafikleri Şekil 3'de görülmektedir. Alaşımların DSC grafiklerinden yeniden kristalleşme sıcaklıkları belirlenmiştir. Al-6Mg-1,1Sc alaşımının yeniden kristalleşme sıcaklığı 488,63°C iken Al-6Mg-1,9Sc alaşımının yeniden kristallenme sıcaklığı 491,93°C olarak bulunmuştur. Buradan Sc artışının Al-Mg alaşımlarında yeniden kristallenme sıcaklığında artış gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 3 Al-6Mg-1,1Sc ve Al-6Mg-1,9Sc Alaşımlarının DSC grafiği

	Yeniden Kristalleşme Sıcaklığı (℃)	**ΔH (J/g)**	**ΔS (J/g℃)**	**ΔG (J/g)**
Al-6Mg-1,1Sc	488,63	-49,10	0,20	-146,82
Al-6Mg-1,9Sc	491,93	-30,128	0,0470	-53,264

Tablo 1 Al-6Mg-1,1Sc ve Al-6Mg-1,9Sc alaşımlarının bazı termal parametreleri.

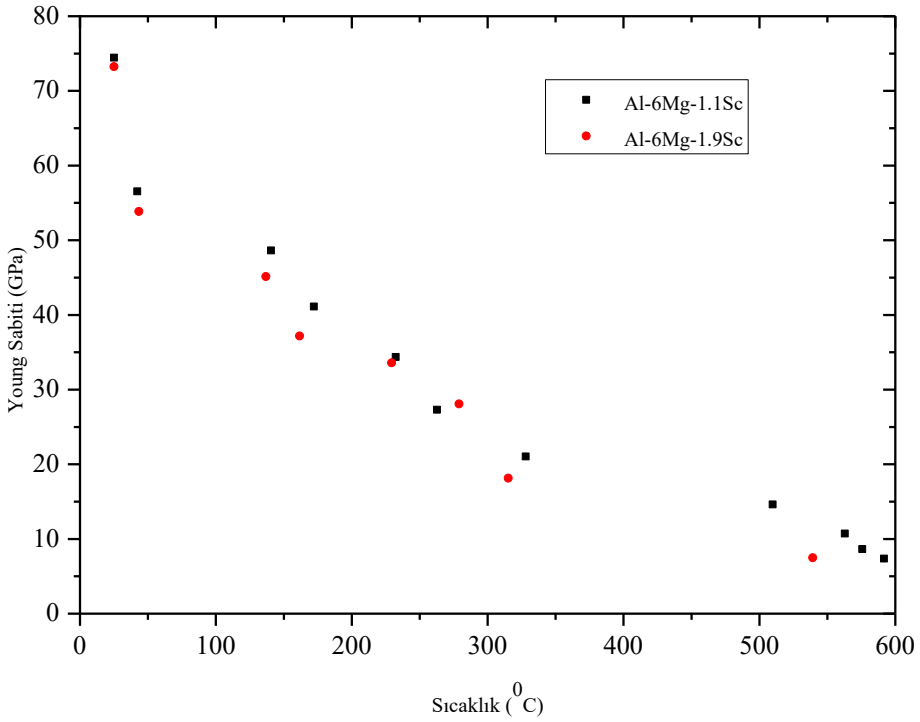
Alaşımların DSC grafiklerinden yeniden kristalleşme sırasında oluşan entalpi, entropi ve Gibbs enerjisi değişimleri hesaplanmıştır. Bu değerler her iki alaşım için Tablo 1'de gösterilmektedir. Buna göre Al-6Mg-1,9Sc alaşımının entalpi değişimi değeri daha küçük bulunmuştur. Entropi değişimi değeri Al-6Mg-1,9Sc alaşımı için biraz daha küçüktür. Bu sebeple Al-6Mg-1,9Sc alaşımının entropi değerinin kısmen daha küçük olması bu alaşımın kristal yapısının biraz daha düzenli olduğu şeklinde yorumlanır. Entalpi ve Gibbs enerji değişimleri, 1.1Sc katkılı alaşımın enerji bakımından daha karalı olduğunu göstermektedir.

Termomekanik analiz (TMA) ölçümlerinde alaşımların sıcaklık ile genleşme oranları belirlenmiştir. Şekil 5'de alaşımların TMA grafikleri görülmektedir. Buradan alaşımların termal genleşme katsayıları ve Young sabiti hesaplanmıştır. Tablo 2 de her iki alaşımın farklı sıcaklık değerleri için termal genleşme katsayıları ve Young sabiti değerleri gösterilmektedir. Ayrıca Young sabitlerinin sıcaklıkla değişimi Şekil 4' de verildi. Al-6Mg-1,1Sc alaşımının ve Al-6Mg-1,9Sc alaşımının Young sabitlerinin

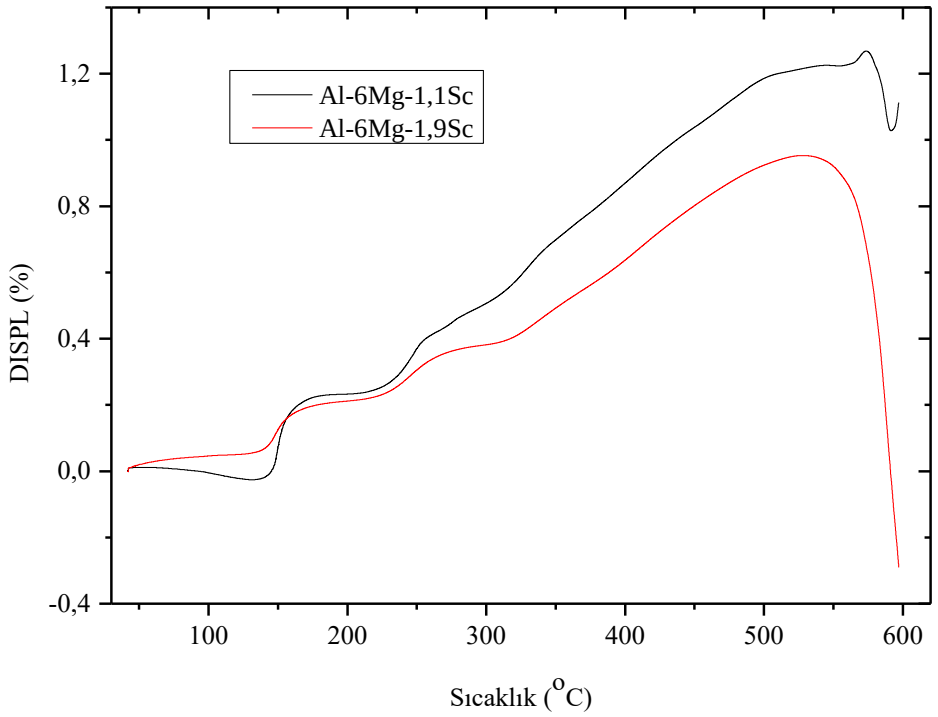
sıcaklığa bağlı olarak azaldığı gözlenmiş olup, 1.9Sc katkısındaysa bu azalmanın biraz daha fazla olduğu görülmüştür.

Al-6Mg-1,1Sc			Al-6Mg-1,9Sc		
Sıcaklık Aralığı (°C)	**α (*10^{-6}) (°C)$^{-1}$**	**E (GPa)**	**Sıcaklık Aralığı (°C)**	**α (*10^{-6}) (°C)$^{-1}$**	**E (GPa)**
25	1,25	74,45	25	2,75	73,25
42,14 – 140,64	2,38	56,55	43,33 – 136,76	5,48	53,86
140,64 – 172,19	74,88	48,64	136,76 – 161,67	45,99	45,14
172,19 – 232,31	9,33	41,12	161,67 – 229,26	9,44	37,17
232,31 – 262,8	46,81	34,37	229,26 – 278,94	25,71	33,58
262,8 – 328,08	28,91	27,31	278,94 – 315,2	8,23	28,08
328,08 – 509,72	32,72	21,05	315,2 – 539,25	24,51	18,15
509,72 – 562,84	5,69	14,63	539,25 – 595,62	129,43	7,49
562,84 – 575,7	25,91	10,73			
575,7 - 591,69	147,09	8,65			
591,69 – 597,03	158,36	7,38			

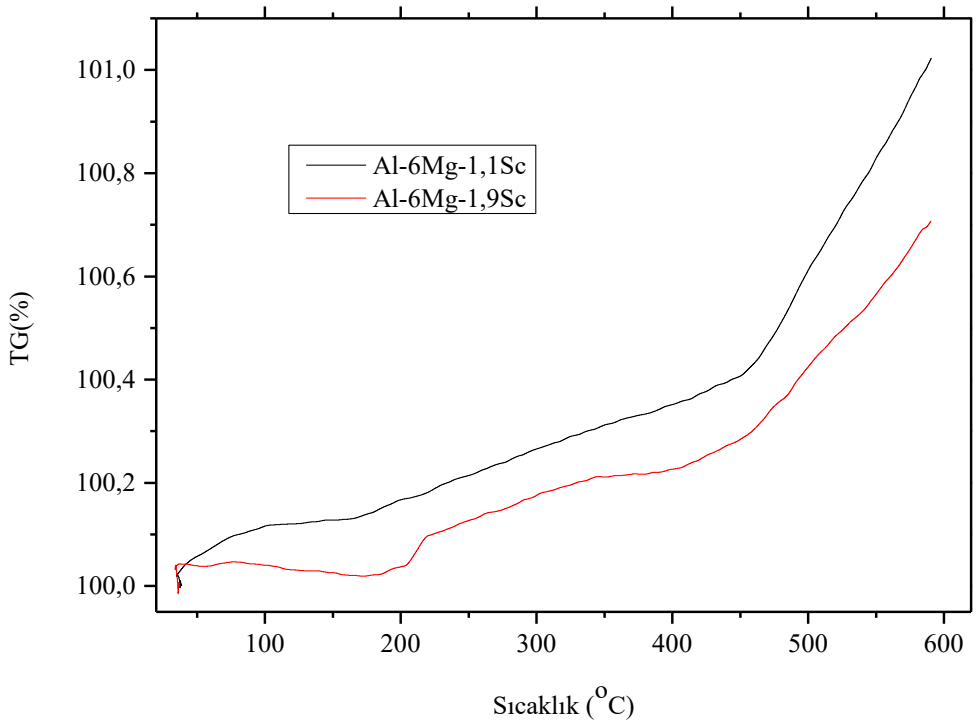
Tablo 2 Al-6Mg-1,1Sc ve Al-6Mg-1,9Sc alaşımlarının termal genleşme ve Young modulü değerleri



Şekil 4 Al-6Mg-1.1Sc ve Al-6Mg-1.9Sc Alaşımlarının Young sabitlerinin sıcaklıkla değişimleri



Şekil 5 Al-6Mg-1,1Sc ve Al-6Mg-1,9Sc alaşımlarının sıcaklık ile genleşme değişimi



Şekil 6 Al-6Mg-1,1Sc ve Al-6Mg-1,9Sc alaşımlarının sıcaklık ile TG(%) değişimi

Alaşımların sıcaklık artışı ile kütlesi ölçülmüş ve sıcaklık değişkenli kütle yüzdesindeki değişim Şekil 6'de verilmiştir. Buna göre alaşımların kütlesinde azalma olmamıştır. Oluşan çok küçük artış ortam basıncından kaynaklanmaktadır. Al-6Mg1,1Sc alaşımının 600 ℃ sıcaklığa kadar kütlesinde %1 artış olduğu görülmektedir.

Sonuç olarak, DSC verilerinden yeniden kristalleşme sıcaklığı, entalpi, entropi ve Gibbs enerji değişimleri elde edilmiştir. Sc eklenmesi Al-6Mg-1,9Sc alaşımı için yeniden kristalleşme sıcaklığını arttırmıştır. Termal grafiklerden ve sonuçlarından alaşımların ekzotermik reaksiyona sahip olduğu ve buna bağlı olarak çok küçük oranda da olsa madde miktarında artış olduğu görüldü. Gibbs enerji değişiminin negatif olması reaksiyonun istemli, yani kendiliğinden olma eyliminde olduğunu, entropi değişiminin çok küçük olması ise malzemedeki kristal düzenliliğinin iyi olduğunu anlamına gelir. Al-6Mg-1,9Sc alaşımının entropi değişiminin küçük olması, kristalleşmenin daha düzgün olduğu, bunun da mukavemette etken olduğunu ifade edilebiliriz. Ancak deneysel sonuçlara göre, alaşımdaki Sc oranının artması, hem enerji karalılığını azaltmış, hem de mekanik özelliklerini zayıflatmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı destekleyen Kütahya Dumlupınar Üniversitesi BAP programına teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKÇA

1. Shi'ang Z., Zhen Z., Ming L., Dejiang P., Hailin S., Xiaodong D., Ping L., Yucheng W. (2016) *Materials and Design* 90 1077–1084.

2. Seong-jong K., Seung-jun L., Jae-yong J., Yu-hwan K. (2012) *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 22 (3) 881-886.

3.Pian X., Feng J., Zhongqin T., Ning Y., Jingyu J., Xuda X., Yongyi P. (2019) *Journal of Alloys and Compounds* 781 209-215.

4. Shi'ang Z., Zhen Z., Ming L., Dejiang P., Hailin S., Xiaodong D., Ping L., Yucheng W. (2016) *Materials Characterization* 118 85–91.

5. Thomas D., Mahendra R., Alireza V., Timothy L. (2018) Fundamentals of Aluminium Metallurgy: Recent Advances, Woodhead Publishing.

6. Kaiser M. S., Datta S., Roychowdhury A., and Banerjee M. K. (2008) *Materials and Manufacturing Processes*, 23: 74–81.

7. Zakharov V. V. (2003) *Metal Science and Heat Treatment* 45 7-15.

8. Cacciamani G., Riani P., Borzone G., Parodi N., Saccone A., Ferro R.,

9. William D. C., David D. R. (2014) *Nobel Akademik Yayıncılık*, 992.

10. W. D. Callister, D. G. Rethwisch, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Nobel Yayıncılık, 2014.

CUK DÖNÜŞTÜRÜCÜNÜN TASARIMI, DİNAMİK ANALİZİ VE DENETİMİ

DESIGN, DYNAMIC ANALYSIS AND CONTROL OF CUK CONVERTER

Arş. Gör. Mehmet YILMAZ
Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Muhammed Murad TOP
Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Dr. Öğr. Üyesi M. Fatih ÇORAPSIZ
Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği

ÖZET

Günümüzde artan enerji ihtiyacını karşılamak üzere yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaktadır. Güneş enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji ve rüzgâr enerjisi yoğun olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarındandır. Fosil yakıtların tükenmesi ve çevreye verdikleri zararlardan dolayı gelecek nesillerin enerji talebini karşılamak amacıyla çevre dostu yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmaktadır. Ülkemizin güneş enerjisi potansiyelinin fazla olması bu alandaki yatırımları her geçen gün artırmaktadır. 2018 yılı verilerine bakıldığında Türkiye'nin toplam enerji ihtiyacının %2,6'lık kısmının güneş enerjisi santrallerinden karşılandığı görülmektedir. Güneş enerjisi fotovoltaik (PV) hücreler tarafından elektrik enerjisine çevrilir. PV hücrelerin birleşmesiyle PV paneller oluşur. PV panellerin çıkış gerilimleri genellikle ayarsız doğru akım (DA) gerilimdir. Bu yüzden bu ayarsız gerilimin ayarlı gerilime dönüştürülmesi gerekmektedir.

Enerji sistemlerinde istenilen gerilim değerleri DA gerilim üreten güç kaynakları tarafından her zaman karşılanmayabilir. Bu yüzden arzu edilen gerilim seviyelerini karşılayabilmek için DA-DA dönüştürücüler tasarlanır. Bu dönüştürücüler arasında yaygın olarak kullanılan topolojilerden birisi de hem düşürücü hem de yükseltici özelliği olan, düşük çıkış dalgalanma voltajına sahip alçaltıcı ve yükseltici dönüştürücülerin birleştirilmesiyle oluşan CUK dönüştürücülerdir. Bu dönüştürücülerin diğer dönüştürücülerden farkı enerji transferi için kondansatör kullanmasıdır.

Bu amaçla çalışmada PV sistemlerde çıkış geriliminin arzu edilen seviyede ayarlı DA gerilime dönüştürmek için bir CUK dönüştürücü devresi tasarlanmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle CUK dönüştürücünün dinamik modeli anahtarlama elemanının iletim ve kesim durumuna göre oluşturulmuştur. Tasarlanan bu CUK dönüştürücü devresine oransal-integral (PI) denetleyici uygulanmıştır. PI denetleyici tasarlanırken mümkün olabilen en asgari süre ve en az yüzde aşım dikkate alınmıştır. Tasarlanan bu denetleyici yapısı ile CUK dönüştürücü çıkış gerilimi kontrol edilmeye çalışılmıştır. Simülasyon çalışmalarında CUK dönüştürücü çıkış geriliminin 0.06 saniyede istenilen referans değeri takip ettiği gözlemlenmiştir. Simülasyonlar MATLAB/SIMULINK programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, CUK Dönüştürücü, PI Denetleyici, PV Panel.

ABSTRACT

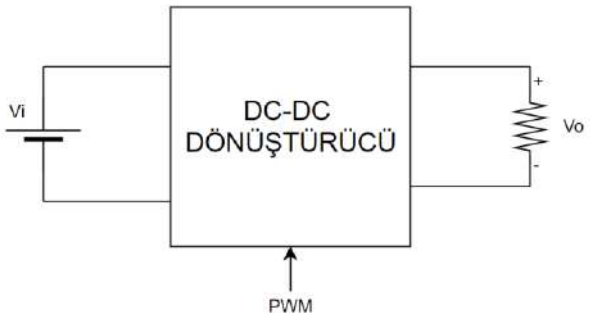
Renewable energy sources are used to meet the increasing energy demand nowadays. Solar energy, hydroelectric energy, geothermal energy and wind energy are among the extensively used renewable energy sources. Due to the depletion of fossil fuels and environmental damage that fossil fuels cause, environmentally friendly renewable energy sources are used to meet the energy demand of future generations. Investments in the solar energy field in Turkey increases day by day thanks to the high potential of solar energy in the country. 2.6% portion of the Turkey's total energy needs are met by solar power plants as seen in the 2018 year energy consumption data. Solar energy is converted into electrical energy by photovoltaic (PV) cells. PV panels are formed by merging PV cells. The output voltages of PV panels are usually non-adjustable direct current (DC) voltage. So this non-adjustable voltage must be converted to the adjustable output voltage.

The desired voltage values in energy systems may not always be met by the DC voltage generating power supplies. Therefore, DC-DC converters are designed to meet the desired voltage levels. One of the most commonly used topologies among these converters is the Cuk converters, which are formed by combining buck and boost converters with low output ripple voltage, which are both buck and boost. The difference of these converters from other converters is that they use capacitors for energy transfer. For this purpose, a CUK converter circuit has been designed to convert the output voltage to the adjustable DC voltage at the desired level in PV systems. In the scope of this study, the dynamic model of the CUK converter is formed according to the transmission and cutting condition of the switching element at the first hand. Proportional-Integral (PI) controller structure is applied to the designed CUK converter circuit. When designing the PI controller, the minimum settling time and the minimum percentage exceeding are considered. With this designed controller structure, CUK converter output voltage is tried to be controlled. In the simulation studies, it was observed that the CUK converter output voltage follows the desired reference voltage in 0.06 sec. Simulations were performed using MATLAB / SIMULINK program.

Keywords: Renewable energy, CUK Converter, PI Controller, PV Panel.

1. GİRİŞ

Girişine uygulanan DA gerilimi çıkışta arzu edilen DA gerilime dönüştüren elektronik devrelere DA-DA dönüştürücüler denir [1]. Enerji sistemlerinde istenilen gerilim değerleri DA gerilim üreten güç kaynakları tarafından her zaman karşılanmayabilir. Bu yüzden istenilen gerilim değerlerini elde edebilmek için DA-DA dönüştürücüler kullanılır [2]. Günümüzde DA-DA dönüştürücüler DA motor kontrolü, DA kaynak makinaları, inverterlerin beslenmesi ve anahtarlamalı güç kaynakları gibi birçok alanda kullanılmaktadır [3]. DA-DA dönüştürücülerin kontrolünde birçok klasik ve modern kontrol yöntemleri bulunmaktadır. Bu klasik ve modern kontrolcüler arasından en çok kullanılanı Oransal-İntegral-Türevsel (PID) denetleyici olmuştur. DA-DA dönüştürücülerin genel blok diyagramı Şekil 1'de gösterilmiştir.

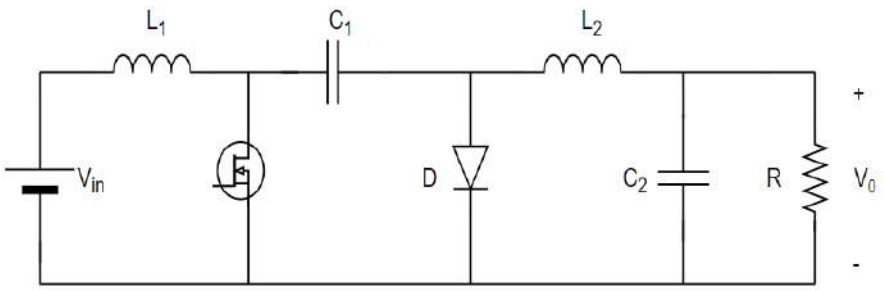


Şekil 1. DA-DA dönüştürücü blok diyagramı

En çok kullanılan DA-DA dönüştürücü türleri,

- Alçaltan Dönüştürücü (Buck Converter)
- Yükselten Dönüştürücü (Boost Converter)
- Alçaltan-Yükselten Dönüştürücü (Buck-Boost Converter)
- CUK Dönüştürücü (CUK Converter)

Cuk dönüştürücü DA giriş gerilimini çıkışa daha yüksek ya da daha alçak seviyede aktaran devre topolojileridir. Cuk dönüştürücüler yükselten ve alçaltan dönüştürücülerin kaskad bağlantısıyla elde edilir. Cuk dönüştürücüler temel olarak 1 adet diyot, 2 adet kondansatör, 1 adet anahtarlama elemanı ve 2 adet bobinden oluşmaktadır. Günümüzde Cuk dönüştürücüler fırçasız doğru akım (BLDC) motor sürücü devrelerinde, yenilenebilir enerji sistemlerinde ve darbe genişlik modülasyon (PWM) bazlı fotovoltaik sistemlerde kullanılmaktadır. Cuk dönüştürücülerin diğer dönüştürücülerden en önemli farkı enerji transferi için kondansatör kullanmasıdır. Cuk dönüştürücü eşdeğer devre şeması Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Cuk dönüştürücü devresi

Cuk dönüştürücü ile ilgili literatürde birçok çalışma vardır. Örneğin, Y. Bhaskar S S gupta ve Sri Rama Lakshmi P. tarafından fotovoltaik paneller için PI kontrollü bir Cuk dönüştürücü devresi analizi ve tasarımı yapılmıştır. Çalışmada Cuk dönüştürücü modellenirken sürekli akım modu (CCM) kullanılmıştır. Cuk dönüştürücü CCM durumda modellenirken durum-uzay modelleme yöntemi kullanılmıştır. Bu devre topolojisi PI denetleyici ile kontrol edilmeye çalışılmıştır. Ziegler-Nichols yöntemini kullanılarak PI denetleyici parametreleri belirlenmiştir. Simülasyon çalışmaları MATLAB/SIMULINK programında yapılmıştır [4]. Saptarshi Rakshit ve Jayabrata Maity, kapalı

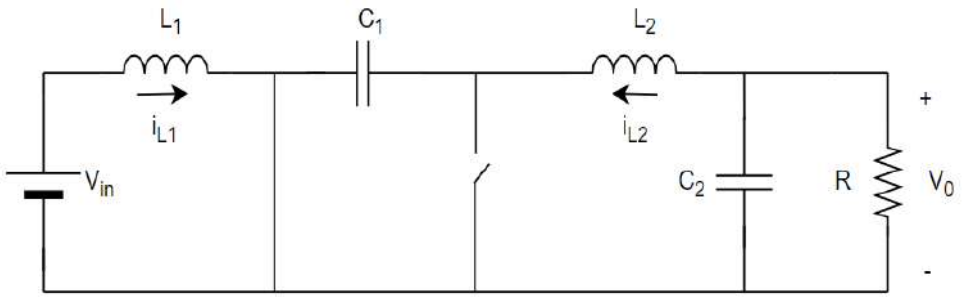
çevrim Bulanık Mantık Kontrollü bir Cuk dönüştürücü tasarlamışlardır. Aynı Cuk dönüştürücü parametrelerini PI ve PID denetleyicilerle uygulayıp sonuçları karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar neticesinde Bulanık Mantık Denetleyicinin (BMK) PI ve PID denetleyicilerine oranla daha iyi performans gösterdiklerini ileri sürmüşlerdir [5]. Fernanda Zambonin Boaretto ve arkadaşları, Cuk dönüştürücünün küçük sinyal modellenmesi çalışmasını gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada hem sürekli hem de sürekli olmayan iletim modu için durum uzayı ve PWM anahtarı gibi farklı modellemelere sahip bir Cuk dönüştürücü çalışmasını sunmuşlardır [6]. Mohamed Assaf ve arkadaşları farklı topolojideki DA-DA dönüştürücülerin benzetim çalışmalarını yapmışlardır. Çalışmaya ilk olarak alçaltan, yükselten, alçaltan-yükselten ve Cuk dönüştürücülerin dinamik analizini bularak başlamışlardır. Dinamik analiz denklemlerinden yararlanarak bütün dönüştürücülere kaskad denetleyici uygulamışlardır. Simülasyon çalışmaları için MATLAB/SIMULINK programını kullanmışlardır [7].

2. CUK DÖNÜŞTÜRÜCÜ DİNAMİK ANALİZİ

Diğer dönüştürücü topolojilerinde olduğu gibi Cuk dönüştürücünün dinamik analizi anahtarlama elamanının iletim ve kesim durumuna göre iki ayrı modda incelenir. Sürekli iletim durumunda durum denklemleri aşağıdaki gibidir.

2.1. ANAHTARLAMA ELEMANININ İLETİM DURUMU

Anahtarlama elemanı iletim durumda eşdeğer devre Şekil 3'te gösterilmiştir. Bu durumda devre iki kısımda incelenir. Birinci durumda kaynaktan çıkan I_{L1} akımı L_1 endüktansına enerji sağlar, ikincisi durumda ise C_1 kondansatörü diyotu ters polarlayarak kesime durumuna getirir, C_2 kondansatörü, R direnci ve L_2 endüktansı üzerinden deşarj olur. Anahtarlama elemanının iletim durumu için devre modeli (1), (2), (3) ve (4) numaralı eşitliklerde gösterildiği gibi elde edilmiştir.



Şekil 3. Anahtarlama elemanı iletim durumunda eş değer devre

$$\frac{di_{L1}}{dt} = \frac{1}{L_1}(V_{in}) \qquad (1)$$

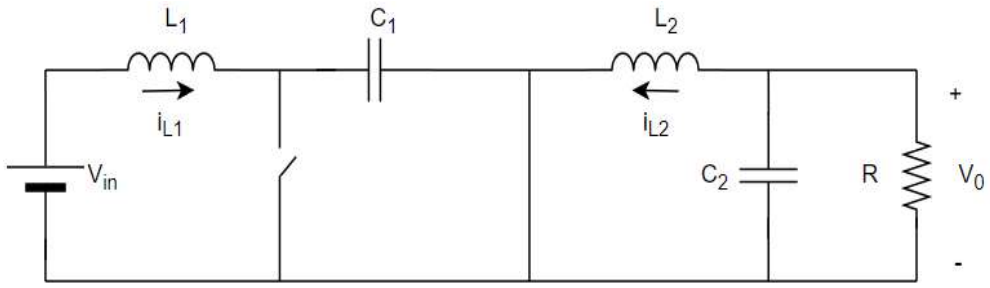
$$\frac{dV_{c1}}{dt} = \frac{1}{C_1}(-i_{L2}) \qquad (2)$$

$$\frac{di_{L2}}{dt} = \frac{1}{L_2}(-V_0 + V_{c1}) \quad (3)$$

$$\frac{dV_0}{dt} = \frac{1}{C_2}\left(i_{L2} - \frac{V_0}{R}\right) \quad (4)$$

2.2. ANAHTARLAMA ELEMANININ KESİM DURUMU

Anahtarlama elemanı kesim durumunda eşdeğer devre şeması Şekil 4' te gösterilmiştir. Anahtarlama elemanı kesim durumdayken akım diyot üzerinden akar. C_1 kondansatörü V_{in} ve L_1 aracılığıyla şarj olur. Şarj olan C_1 kondansatörü, L_2 bobini, C_2 kondansatörü ve R direncine enerji sağlar. Anahtarlama elemanının kesim durumu için devre modeli (5), (6), (7) ve (8) numaralı eşitliklerde gösterildiği gibi elde edilmiştir.



Şekil 4. Anahtarlama elemanı kesim durumunda eşdeğer devre

$$\frac{di_{L1}}{dt} = \frac{1}{L_1}(V_{in} - V_{c1}) \quad (5)$$

$$\frac{dV_{c1}}{dt} = \frac{1}{C_1}(i_{L1}) \quad (6)$$

$$\frac{di_{L2}}{dt} = \frac{1}{L_2}(-V_0) \quad (7)$$

$$\frac{dV_0}{dt} = \frac{1}{C_2}\left(i_{L2} - \frac{V_0}{R}\right) \quad (8)$$

Cuk dönüştürücünün ortalama çıkış gerilimi,

$$V_0 = -\frac{D}{1-D}(V_{in})\ [V] \quad (9)$$

Cuk dönüştürücü ortalama çıkış akımı,

$$I_0 = \frac{V_0}{R}\ [A] \tag{10}$$

Sürekli iletim durumu için minimum endüktans değerleri,

$$L_{1min} = \frac{(1-D)^2 R}{2Df}\ [H] \tag{11}$$

$$L_{2min} = \frac{(1-D)R}{2f}\ [H] \tag{12}$$

Sürekli iletim durumu için minimum kapasitans değerleri,

$$C_{1min} = \frac{D}{2fR}\ [F] \tag{13}$$

$$C_{2min} = \frac{1}{8fR}\ [F] \tag{14}$$

Yukarıda ki eşitliklerde,

V_0 Cuk dönüştürücü ortalama çıkış gerilimi
V_{in} Kaynak Gerilimi
D Görev periyodu
R Yük direnci
f Anahtarlama frekansı
ifadelerini temsil etmektedir.

3. PI DENETLEYİCİ

PI denetleyici oransal (P) ve integral denetleyicinin (I) birleşmesiyle oluşur [8]. Çıkış işareti ile referans işaret karşılaştırılıp oluşan hata değerine bağlı olarak PI denetleyici tarafından yeni bir kontrol işareti üretilir. Daha sonra üretilen kontrol işareti karalı durum hatası minimum oluncaya kadar denetlenecek olan sisteme gönderilir.
PI denetleyicinin transfer fonksiyonu eşitlik (15)' te ki gibidir.

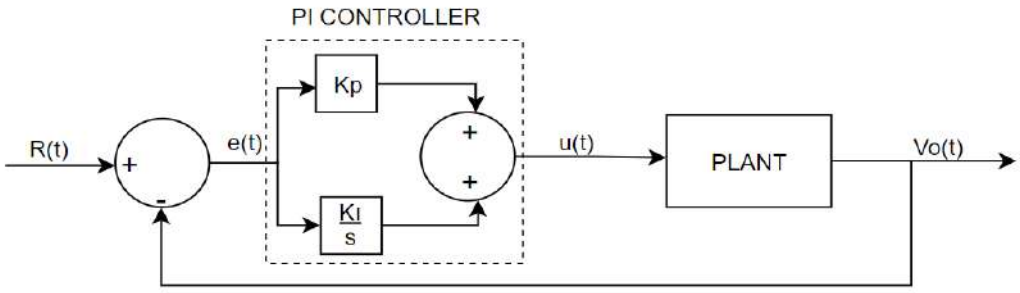
$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} \quad (15)$$

$$C(s) = \frac{sK_p + K_i}{s} \quad (16)$$

Burada,

K_p Oransal Kazanç
K_i İntegral Kazanç

ifadelerini temsil etmektedir.
PI denetleyicinin blok diyagramı Şekil 5'te gösterilmiştir.



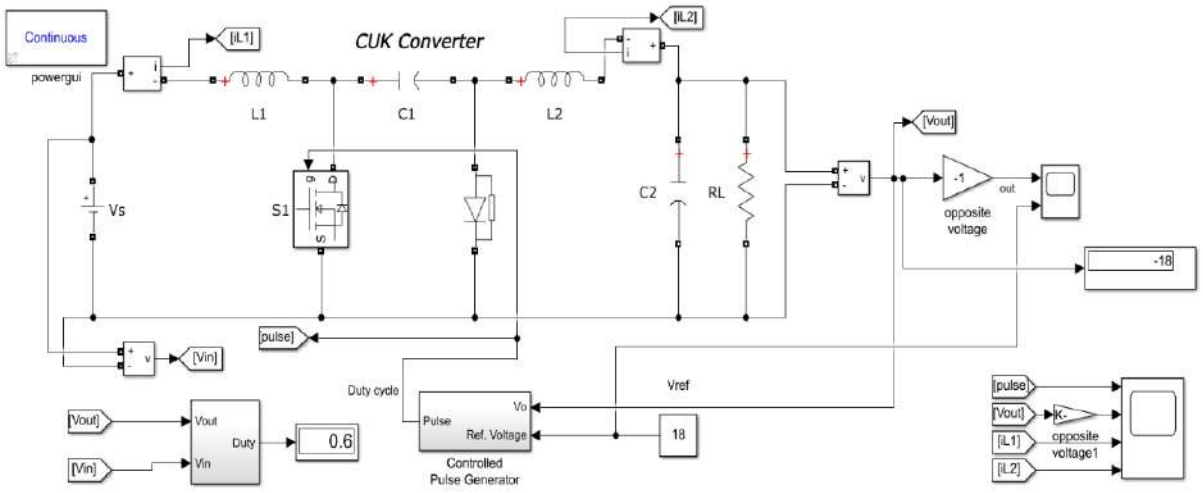
Şekil 5. PI Denetleyici

4. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Cuk dönüştürücü modeli elde edilirken kullanılan devre parametreleri Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 6'da PI denetimli Cuk dönüştürücüye ait benzetim modeli, Şekil 7'de akış diyagramı, Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10'da Cuk dönüştürücüye ait benzetim modeli sonuçları, Şekil 11'de ise PI denetleyici ile kontrol edilen Cuk dönüştürücü çıkış gerilimi ve referans işaretin karşılaştırılması gösterilmiştir. Şekil 12'de PI denetleyici ile kontrol edilen Cuk dönüştürücünün çıkış gerilimi hata grafiği gösterilmiştir.

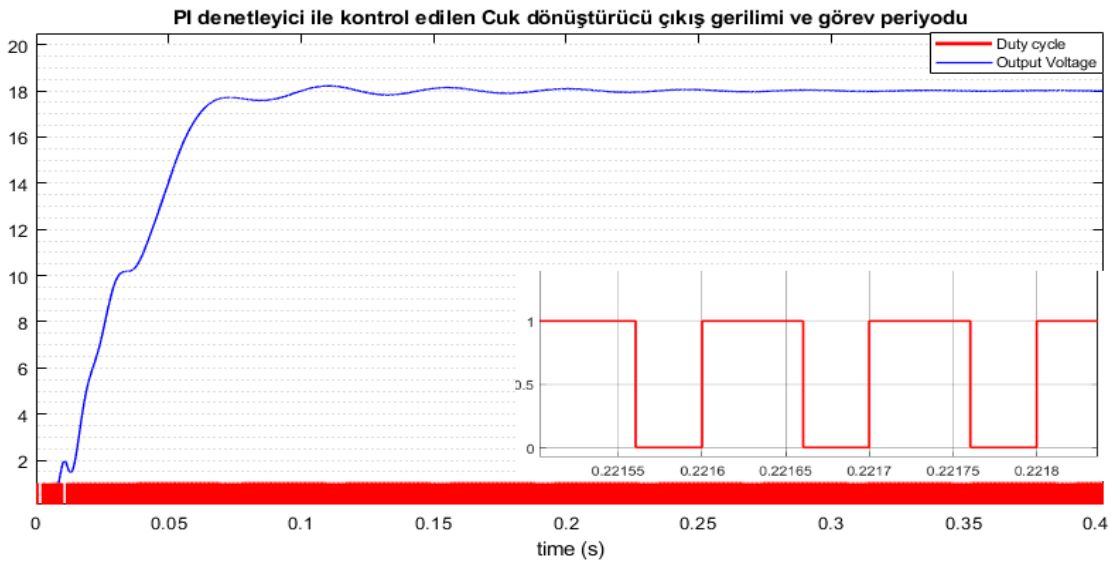
Tablo 2. Cuk Dönüştürücü Devre Parametreleri

Giriş gerilimi	12V
Çıkış gerilimi	-18V
Kapasite değerleri C1 & C2	150µF & 150µF
Endüktans değerleri L1 & L2	30mH &30mH
Frekans	10 kHz
Yük direnci	20 Ω

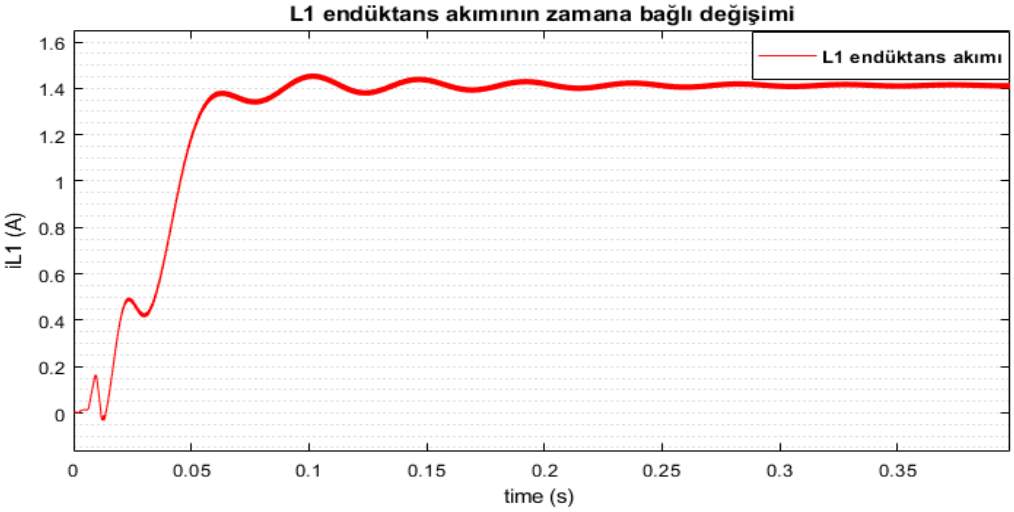


Şekil 6. PI denetleyici ile kontrol edilen Cuk dönüştürücü benzetim modeli

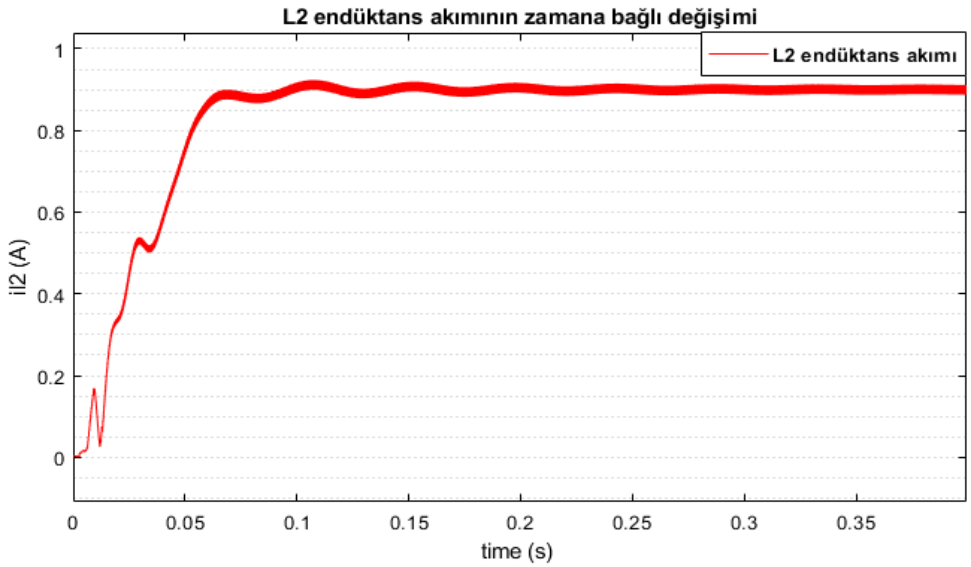
Şekil 7. CUK dönüştürücü akış diyagramı



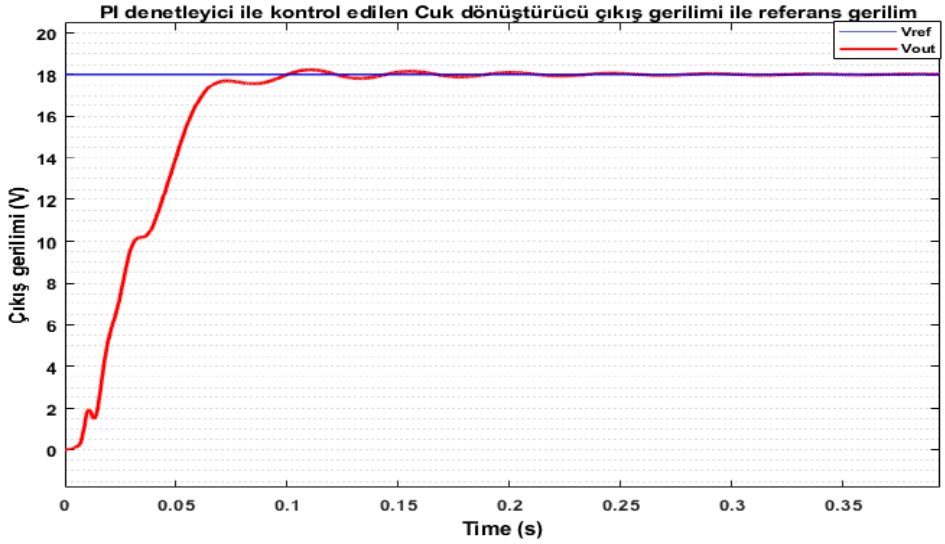
Şekil 8. PI denetleyici ile kontrol edilen çıkış gerilimi ve görev periyodu



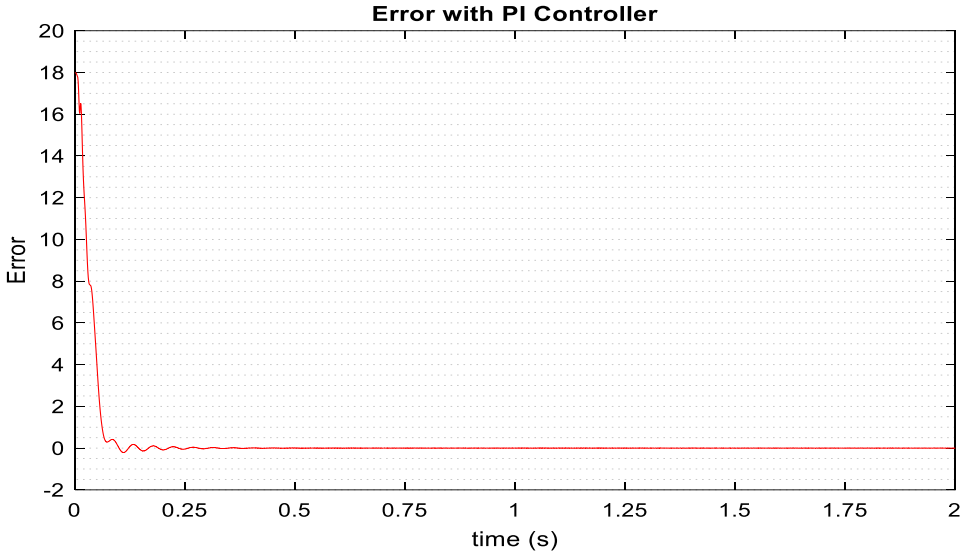
Şekil 9. L_1 endüktans akımının zamana bağlı değişimi



Şekil 10. L_2 endüktans akımının zamana bağlı değişimi



Şekil 11. PI denetleyici ile kontrol edilen Cuk dönüştürücü çıkış gerilimi



Şekil 12. PI denetleyici ile kontrol edilen Cuk dönüştürücünün çıkış gerilimi hata grafiği

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada fotovoltaik sistemlerle sıklıkla kullanılan Cuk dönüştürücünü dinamik analizi, tasarımı ve kontrolü gerçekleştirilmiştir. Cuk dönüştürücü çıkış gerilimi PI denetleyici yapısı kullanılarak kontrol edilmiştir. PI denetleyici parametrelerinin belirlenmesinde Ziegler-Nichols yöntemi kullanılmıştır. Çıkış gerilimini kontrol edecek PI denetleyici parametreleri Kp=0.001 ve Ki=1 olarak bulunmuştur. Şekil 8'den Cuk dönüştürücü çıkış geriliminin yaklaşık 0.06 sn sonra arzu edilen değere ulaştığı görülmektedir. Şekil 12'de Cuk dönüştürücü çıkış gerilimi hata grafiğinden hatanın zamanla sıfır olduğu yani çıkış geriliminin referans gerilimi takip ettiği görülmektedir. Cuk dönüştürücünün benzetim modeli MATLAB/SIMULINK programı kullanılarak yapılmıştır. Gelecekte

PI, PID ve Bulanık Mantık Denetleyici yapıları kullanılarak Cuk dönüştürücünün gerçek zamanlı denetiminin gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

6. KAYNAKLAR

Bodur, H., (2012).Güç Elektroniği. İstanbul: Birsen Yayınevi.

Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. (2003). Power electronics: converters, applications, and design. John wiley & sons.

Rashid M. H, R. (2015). Power Electronics Devices, Circuits and Applications. London: Pearson Education.

Gupta, Yelamarthi & P, Sri. (2014). Analysis and Design of CUK Converter using PI Controller for PV Application. International Journal for Scientific Research & Technology. 2. 2321-613.

Rakshit, Saptarshi & Maity, Jayabrata. (2018). Fuzzy Logic Controlled Ćuk Converter. 0771-0775. 10.1109/ICCSP.2018.8524168.

Boaretto, Fernanda & Junior, João & Marca, Ygor & Santos Dias de Moraes, Paulo Mario Dos & Kirsten, André. (2018). Small-Signal Modelling of the Cuk Converter. 10.13140/RG.2.2.17307.16164.

Assaf, Mohamed & Seshsachalam, D. & Chandra, Dinesh & Tripathi, Ramesh. (2005). DC-DC converters via Matlab/Simulink. 464-471.

Corapsiz, M. F., & Erenturk, K. (2015). Trajectory tracking control and contouring performance of three-dimensional CNC. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 63(4), 2212-2220.

MİKRODENETLEYİCİ TABANLI AKTİF BATARYA YÖNETİM SİSTEMİ TASARIMI

BATTERY MANAGEMENT SYSTEM DESIGN BASED MICROCONTROLLER

Muhammed Murad TOP
Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Arş. Gör. Mehmet YILMAZ
Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Dr. Öğr. Üyesi M. Fatih ÇORAPSIZ
Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği

ÖZET

Günümüzde elektrikli araçlar başta olmak üzere pek çok enerji depolama uygulamalarında Li-ion, Li-Fe04 ve Li-po batarya hücreleri kullanılmaktadır. Bu hücrelerin tercih sebebi ise mevcut klasik şarj edilebilir batarya hücreleri içinde yüksek enerji ve güç yoğunluğuna sahip olmalarıdır. Fakat uygulamalarda çok fazla (onlarca hatta yüzlerce) adet Li-ion hücre kullanılması gerekmektedir. Bu şekilde elde edilen batarya sistemlerinde ise her bir batarya hücresinin sıcaklık, akım gibi parametrelerinin görüntülenmesi ve hücre voltajlarının denetlenip yönetilmesi gerekmektedir. Bu ihtiyacı karşılamak için tasarlanan sisteme Batarya Yönetim Sistemi (Battery Management System – BMS) denir. BMS batarya koruma işlevine ek olarak bataryada bulunan hücrelerin gerilimlerinin dengelenmesini işlevini de yerine getirmektedir. Bu sayede bataryaların bütün hücrelerinin eşit miktarda şarj edilmesi ve buna bağlı olarak batarya enerjisinin daha uzun süre kullanılabilmesine olanak sağlar. Dengeleme işleminde pasif ve aktif tip olmak üzere 2 metot kullanılır. Pasif metot da batarya hücrelerinin fazla enerjisi dirençler üzerinde harcanarak tüm batarya hücrelerinin eşit miktarda enerji ile şarj edilmesi sağlanır. Bu metot sadece şarj esnasında çalışır ve yüksek sıcaklıklara sebep olabilir. Pasif BMS'nin en önemli avantajı basit bir yapıya sahip olmasıdır. Aktif metot da ise fazla enerjiye sahip batarya hücresindeki enerjinin bir kısmı DA-DA dönüştürücü vasıtasıyla düşük enerjili hücreye aktarılarak enerji dengesi sağlanmaya çalışılabilir. Bu yüzden aktif BMS hem şarj hem deşarj anında kullanılabilir. Pasif BMS 'ye oranla daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Tasarlamış olduğumuz BMS yapısında daha verimli olmasından dolayı aktif BMS tercih edilmiştir. Bir merkezi denetim ünitesine her bir batarya hücresini gözlemleyip kontrol edebilmek için yardımcı üniteler eşlik etmektedir. Bu yardımcı ünitelerin sayısı batarya hücre sayısından bir eksiktir. Ünitelerin birbirleri ile haberleşmesinde asenkron seri iletişim protokolü kullanılmıştır. Yardımcı üniteler üzerinden sıcaklık, akım ve gerilim değerlerinin okunup merkezi sisteme aktarımının yanı sıra dengeleme işlemini gerçekleştirecek DA-DA dönüştürücü devresini kontrol etmek amacıyla bir adet mikrodenetleyici (Yönetici ATmega644A, Gözlemleyici ATmega88A) kullanılmıştır. Dengeleme topolojisi olarak güç aktarımı (Power-Pump) kullanılmıştır. Bu topolojide enerji geçici olarak bir bobin üzerine depo edilir ve daha sonra düşük gerilime (düşük enerjiye) sahip batarya hücresine aktarılır. Çift anahtar kullanıldığı için enerji komşu iki hücre arasında istenilen hücreden diğerine aktarılabilmektedir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen güç ünitesi simülasyonları PSIM programında, mikrodenetleyici ünitesi simülasyonları ise Proteus programı kullanılarak modellenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Batarya yönetim sistemi, Aktif dengeleme, Li-ion hücreler.

ABSTRACT

Li-ion, Li-Fe04 and Li-po battery cells are used in many energy storage applications, especially in electric vehicles, nowadays.These cells are preferred because they have high energy and power density in the existing conventional rechargeable battery cells.However, many Li-ion cells (tens or even hundreds) need to be used in applications.In the battery systems obtained in this manner, parameters such as temperature and current of each battery cell should be monitored and cell voltages must be controlled and managed.The system designed to meet this need is called the Battery Management System (BMS).In addition to the battery protection function, the BMS also functions to balance the voltage of the cells in the battery.This ensures that all cells of the batteries are charged evenly and therefore more battery energy can be used for a longer time.Two methods one of which is passive type and the other one is active type are used during balancing.In the passive method, the excess energy of the battery cells is spent on the resistors so that all battery cells are charged with an equal amount of energy.This method works only during charging and may generate high temperatures. The most important advantage of passive BMS is that it has a simple structure.In the active method, energy balance is achieved by transferring a portion of the battery cells with high energies to the low energy cell by means of the DA-DA converter.Therefore, the active BMS can be used during both charging and discharging phases but it has a more complex structure compared to the passive BMS. In the BMS structure we developed, we preferred active BMS since it is more efficient.A central control unit is accompanied by auxiliary units for monitoring and controlling each battery cell. The number of these auxiliary units is one less than the number of battery cells.Asynchronous serial communication protocol is used for communication of units.A microcontroller (Administrator ATmega644A, Observer ATmega88A) was used to control the DA-DA converter circuit which will perform the balancing process as well as transferring temperature, current and voltage values to the central system via auxiliary units. Power transmission (Power-Pump) is used as the balancing topology.In this topology, the energy is temporarily stored on a coil and then transferred to the battery cell with low voltage (low energy). Since a double switch is used, energy can be transferred from one cell to the other between two adjacent cells. Power unit simulations were modeled in PSIM program and microcontroller unit simulations were modeled using Proteus program.

Keywords: Battery Management System, Active Balancing, Li-ion Cell.

1. GİRİŞ

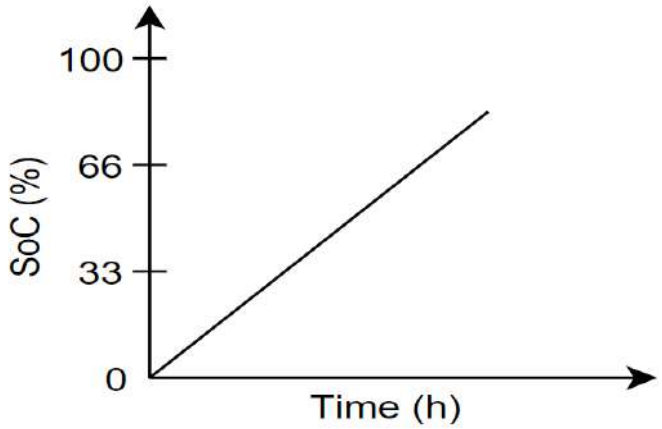
Günümüzde elektrikli araçlar başta olmak üzere pek çok enerji depolama uygulamalarında batarya hücreleri kullanılmaktadır [1]. Her bir batarya hücresinin sıcaklık, akım gibi parametrelerinin görüntülenmesi ve hücre voltajlarının denetlenip yönetilmesi gerekmektedir. Bu ihtiyacı karşılamak için tasarlanan sisteme Batarya Yönetim Sistemi (BYS) denir [2]. Batarya yönetim sisteminin (BYS) temel görevleri aşağıdaki gibidir;

- Şarj Durumu (SoC) ve Sağlık Durumu (SoH) değerlerini elde etmek,
- Sıcaklık denetimi ve koruması,

- Hücre dengeleme.

1.1 Şarj Durumu (SoC)

SoC değeri bataryanın üzerinde bulunan şarj miktarını yüzde (%) cinsinden gösteren bir parametredir [3]. Bir bataryanın şarj esnasında SoC değerinin zamana bağlı olarak nasıl değiştiği Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. SoC'nin şarj durumunda zamana bağlı değişimi

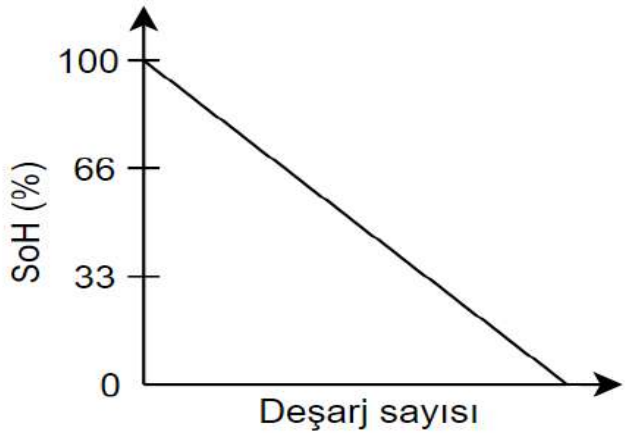
SoC değeri matematiksel bir formül olarak eşitlik (1)'de ki gibi ifade edilebilir;

$$SoC = \frac{Dışarıya\ aktarılan\ enerji}{Toplam\ Kapasite} 100 \quad (1)$$

Eşitlik (1)'de dışarıya aktarılan enerji BYS tarafından ölçülmektedir. Toplam kapasite değerini ise BYS'ye parametre olarak girilmesi gerekmektedir. Şarj esnasında dışarıya doğru herhangi bir enerji aktarımı olmayacağından SoC değeri yükselirken deşarj esnasında ise azalma göstermektedir.

1.2 Sağlık Durumu (SoH)

SoH değeri bir bataryanın tahmini olarak ne kadar iyi durumda olduğunu yüzde (%) cinsinden gösteren bir parametredir [4]. SoH değerinin tek bir hesaplama metodu yoktur. Sıcaklık, kısa devre akımına maruz kalma, şarj–deşarj sayısı gibi parametreler kullanılarak tahmini değerleri üretilmektedir. Fakat uygun sıcaklık ve akım değerlerinde mevcut bataryayı en çok yıpratan parametre şarj–deşarj sayısıdır. Şarj-deşarj sayısına bağlı olarak SoH değerinin nasıl değiştiğine dair bir örnek Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. SoH'nin şarj-deşarj sayısına göre değişimi

SoH değeri matematiksel bir formül olarak eşitlik (2)'de ki gibi ifade edilebilir;

$$SoH = 100 - \frac{Deşarj\ sayısı}{Max.Deşarj\ sayısı}100 \quad (2)$$

Eşitlik (2)'de deşarj sayısı BYS tarafından sayılıp kayıt altında tutulmaktadır. Max deşarj sayısı ise batarya üreticisi tarafında yazılmış ilgili batarya hücresinin veri sayfası (datasheet) aracılığı ile temin edilmektedir.

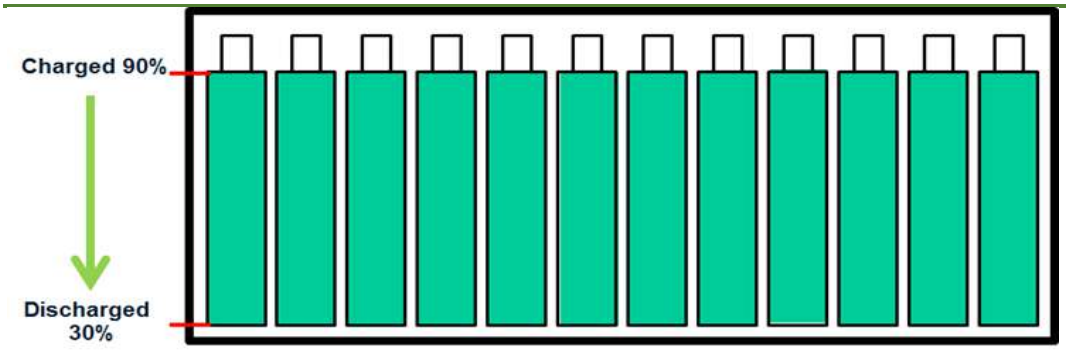
1.3 SICAKLIK DENETİMİ VE KORUMASI

Li-ion hücrelerin sıcaklık hassasiyetinden dolayı her hücre sıcaklıkları sensörler aracılığıyla ölçülmektedir. Olası yüksek sıcaklıkta öncelikle batarya soğutma sistemin devreye girmektedir. Soğutmanın başarısız olması durumunda ise bataryanın devre dışı bırakılarak batarya koruma altına alınmaktadır. Muhtemel bir batarya hücresinde ki sıcaklık artışı bir hücrenin patlamasına sebep olabilir buda etrafında bulunan hücrelerle beraber tüm bataryanın hasar görmesine yol açabilir.

1.4 HÜCRE DENGELEME

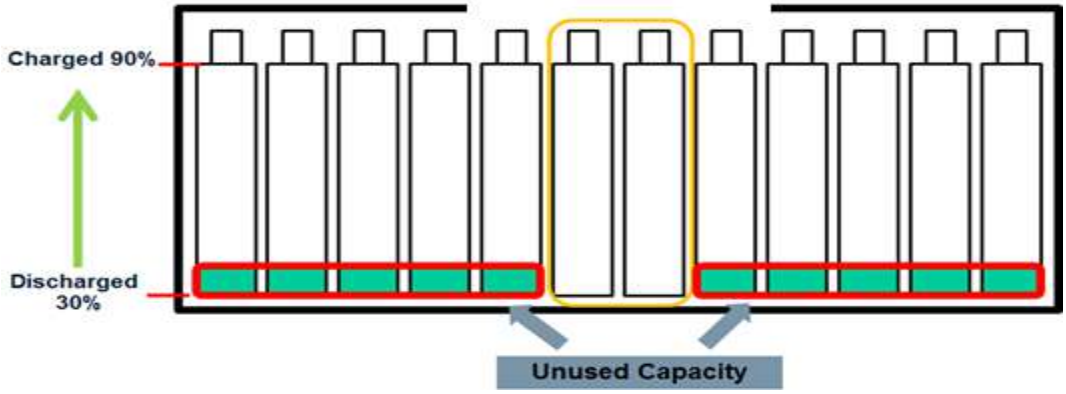
Li-ion ve türevi hücrelerde dengesizlik problemi şu sebeplere dayanır;

- Kapasite farklılıkları
- Şarj durumu farklılıkları
- Hücrelerinin şarj-deşarj esnasındaki gerilim farklılıkları kaynaklı empedans değişimi
- Hücrelerin maruz kaldıkları sıcaklık.



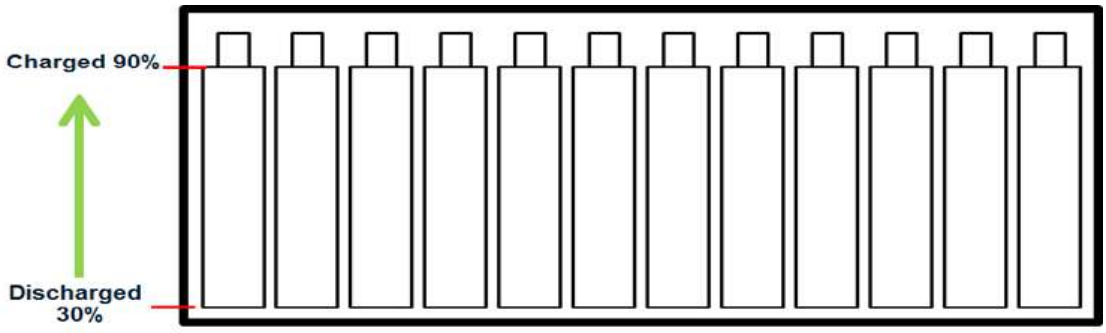
Şekil 3. Hedeflenen şarj durumu [5]

Şekil 3'te batarya da bulunan hücrelerin olası istenen şarj durumu gösterilmektedir. Fakat bütün hücreler yukarıdaki dengesizlik sebeplerinden dolayı eşit miktarda enerji ile şarj edilemez. Bu yüzden deşarj esnasında oluşan problemler Şekil 4'te gösterilmiştir.



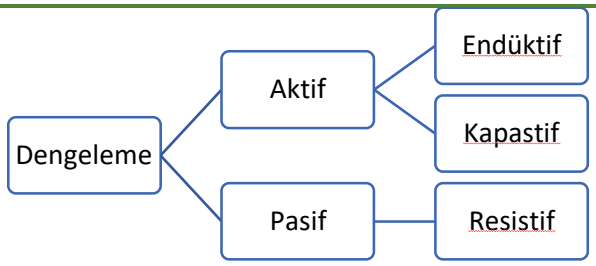
Şekil 4. Dengeleme yapılmadan oluşan deşarj durumu [5]

Şekil 4'te 10 adet hücrede enerji olmasına rağmen erken deşarj olan 2 hücreden dolayı batarya açık devre haline gelmiştir. Bu sebeple 10 adet hücredeki enerji kullanılamamıştır. Bataryanın açık devre hali Şekil 5'te ki gibi olması gerekmektedir.



Şekil 5. Arzu edilen deşarj durumu [5]

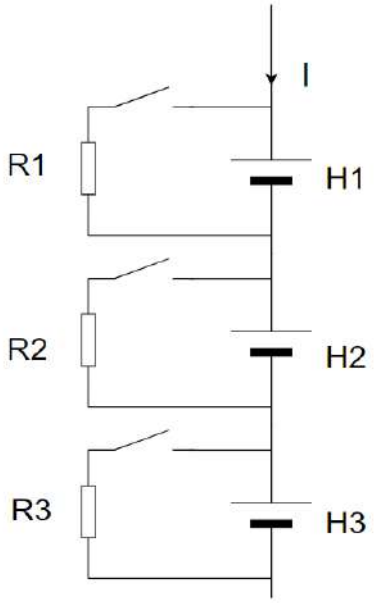
Erken şarj veya deşarj problemlerini ortadan kaldırmak için hücre dengeleme işleminin yapılması gerekmektedir. Hücre dengeleme işlemi Şekil 6'da gösterildiği gibi 2 farklı şekilde yapılmaktadır.



Şekil 6. Hücre dengeleme çeşitleri

1.5 PASİF DENGELEME

Pasif dengeleme işlemi, şarj esnasında yüksek enerjiye sahip hücrenin şarj akımını paralel bağlı bir direnç aracılığıyla azaltarak şarj miktarı az olan hücreye tüm şarj akımını aktarmaktadır [6]. Bu sayede her iki hücrede eşit miktarda enerji ile yüklenmiş olmaktadır. Örnek bir pasif BYS yapısı Şekil 7'de gösterilmiştir. Pasif BYS, basit yapıya sahip olması avantajının yanı sıra şarj süresini uzatması ve dirençler üzerinde sıcaklığa sebep olması gibi dezavantajlara sahiptir.



Şekil 7. Pasif BYS yapısı

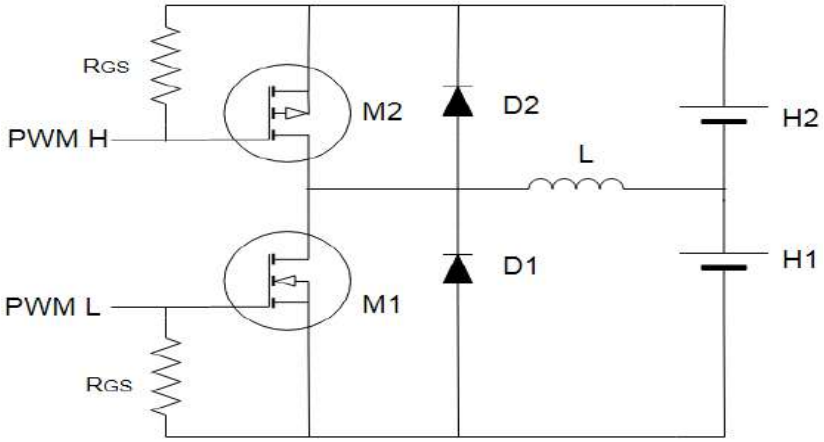
1.6 AKTİF DENGELEME

Aktif dengelemede enerji yüksek enerjiye sahip hücreden bobin veya kondansatöre aktarılmaktadır [6]. Bobin veya kondansatördeki enerji daha az enerjiye sahip olan batarya hücresine aktarılır. Transfer için kullanılan ara elemana göre dengeleme türü endüktif veya kapasitif olarak isimlendirilir. Gerçekleştirilen uygulamada anahtarlama kolaylığından dolayı endüktif yapı tercih edilmiştir.

2. ENDÜKTİF DENGELEME DEVRE TEORİSİ VE SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI

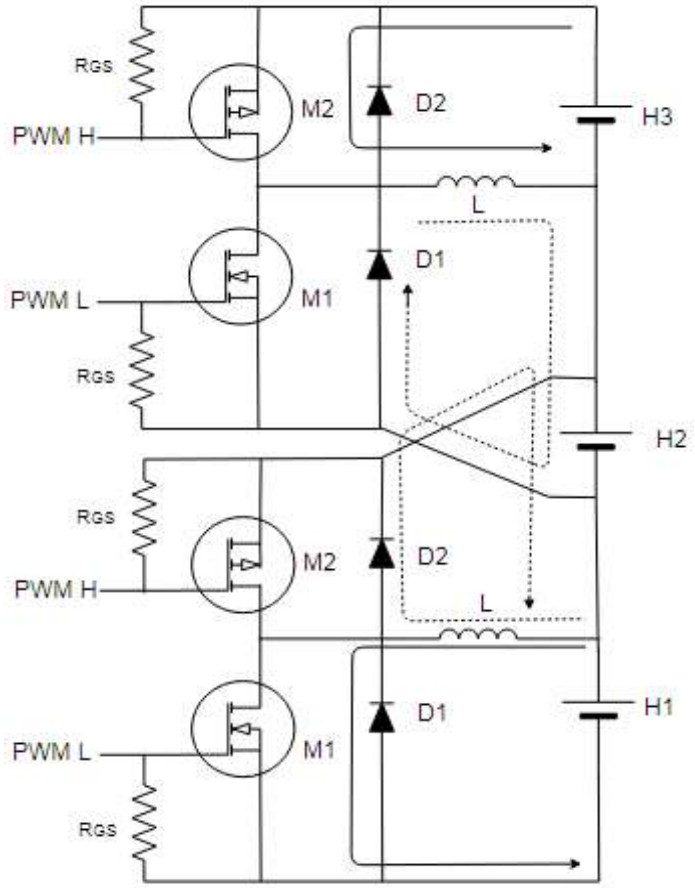
2.1 ENDÜKTİF DENGELEME

Uygulamada anahtarlama kolaylığı açısından endüktif dengeleme metodu kullanılmıştır. Bu metot için literatürde pek çok devre topolojisi mevcuttur. Gerçekleştirilen uygulamada Power-Pump topolojisi kullanılmıştır. İki adet hücre için örnek bir devre Şekil 8'de gösterilmiştir.



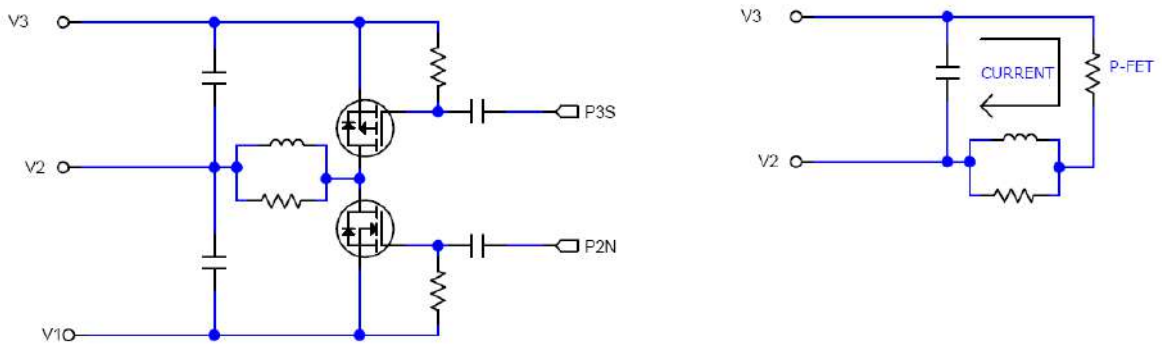
Şekil 8. Dengeleme için kullanılan temel devre topolojisi

Power-Pump topolojisinin seçilmesinin en temel sebebi basit ve modüler bir yapıya sahip olmasıdır. Şekil 8'de bulunan devre dengeleme modülünün güç devresini oluşturmaktadır.



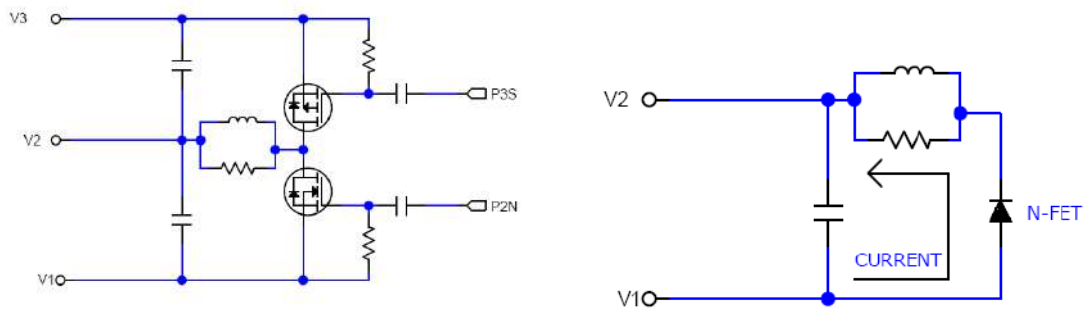
Şekil 9. Üç hücre için örnek Power-Pump topolojisi

Şekil 9'da 3 adet hücre için örnek bir yapı gösterilmiştir. Bu devre topolojisi için Şekil 8'de gösterilen devreden 2 adet kullanılmıştır. İki numaralı hücreye hem Q_2 anahtarı hem de Q_3 anahtarı bağlanmıştır. Topolojinin genel bağlantısından N adet hücre için (N-1) adet modül kullanılmalıdır. Şekil 9'da sürekli çizgiler bobin şarj akımlarını, kesikli çizgiler ise bobin deşarj akımlarını göstermektedir. Topolojinin çalışma mantığı Şekil 10'da özetlenmiştir.



Şekil 10. Anahtar iletimdeyken bobin şarj durumu [8]

Örnek olarak V3-V2 uçları arasına bağlanan hücre (2 numaralı hücre) V2-V1 uçları arasına bağlanan hücreye (1 numaralı hücre) oranla daha dolu olsun. Bu noktada enerji 2 numaralı hücreden 1 numaralı hücreye transfer edilmesi gerekmektedir. Bu işlem için 2 numaralı hücreden enerji öncelikle P3S pini aktif yapılıp P-FET transistoru iletime geçirilerek bobin şarj olmaktadır.



Şekil 11. Anahtar kesimdeyken bobin deşarj durumu [8]

Daha sonra P-FET transistoru kesime götürüldüğünde bobine yüklenmiş olan enerji Şekil 11' de gösterildiği gibi 1 numaralı hücre ve N-FET diyotu üzerinden akım akmasına sebep olur. Böylece enerji 2 numaralı hücreden 1 numaralı hücreye aktarılmış olur. Eğer başlangıçta P-FET yerine N-FET transistoru iletime geçirilseydi bu sefer 1 numaralı hücreden 2 numaralı hücreye enerji transferi yapılırdı. Uygulamada aktarılan enerji transistorların kapalı kaldığı süreye bağlı olarak değişmektedir. Bu süre değişim yapısının genel adı ise Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM)'dir.

2.2 GELİŞMİŞ PI DENETLEYİCİ

Akımın sabitlenmesi için Gelişmiş Oransal-İntegral (PI) denetleyici yöntemi kullanılmıştır. Denetleyici transfer fonksiyonu eşitlik (8)'de gösterilmiştir.

$$Gc(s) = \left(K_p + \frac{1+sT}{sT}\right)\frac{1}{1+\ sT_p} \tag{8}$$

Eşitlik (8)'de;

Kp Oransal Kazanç

T Zaman sabiti

Tp Denetleyici kutbu ifadelerini temsil etmektedir.

Önerilen yeni denetleyicinin klasik PI denetleyiciden farkı harici bir kutba sahip olmasıdır.

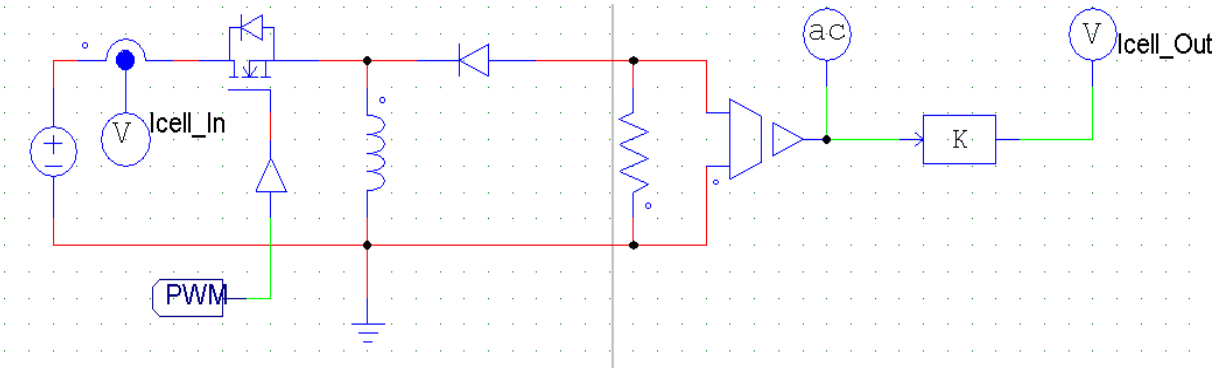
3. SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI

Gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarında Power- Pump devre topolojisine benzediği için alçaltan-yükselten dönüştürücü kullanılmıştır [7]. Kullanılan alçaltan-yükselten devre topolojisi Şekil 12'de gösterilmiştir. Alçaltan-yükselten dönüştürücü modeli elde edilirken kullanılan devre parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Alçaltan-Yükselten Dönüştürücü Devre Parametreleri

Giriş gerilimi	2.5-4.5 V
Çıkış gerilimi	2.5-4.5 V

Endüktans değeri (L1)	470 µH
Frekans	20 kHz
Yük direnci	2 Ω



Şekil 12. Alçaltan-Yükselten devre topolojisi

Sistemin dinamik denklemleri;

$$V_L = L\frac{di_L}{dt} \Rightarrow \Delta i_L = \frac{V_L}{L}\Delta T \quad (3)$$

Anahtarlama elemanı iletim durumu;

$$\Delta i_L(+) = \frac{V_i - (V_{ds} + I_L\frac{V_0}{I_0})}{L}T_{ON} \quad (4)$$

Anahtarlama elemanı kesim durumu;

$$\Delta i_L(-) = \frac{-(V_o - V_d - I_L\frac{V_0}{I_0})}{L}T_{OFF} \quad (5)$$

$$D = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} = \frac{T_{ON}}{T_s} \quad (6)$$

Yukarıdaki eşitliklere göre bobin ortalama akımı;

$$I_{L(Avg)} = \frac{I_O}{(1-D)} \quad (7)$$

Yukarıdaki eşitliklerde;

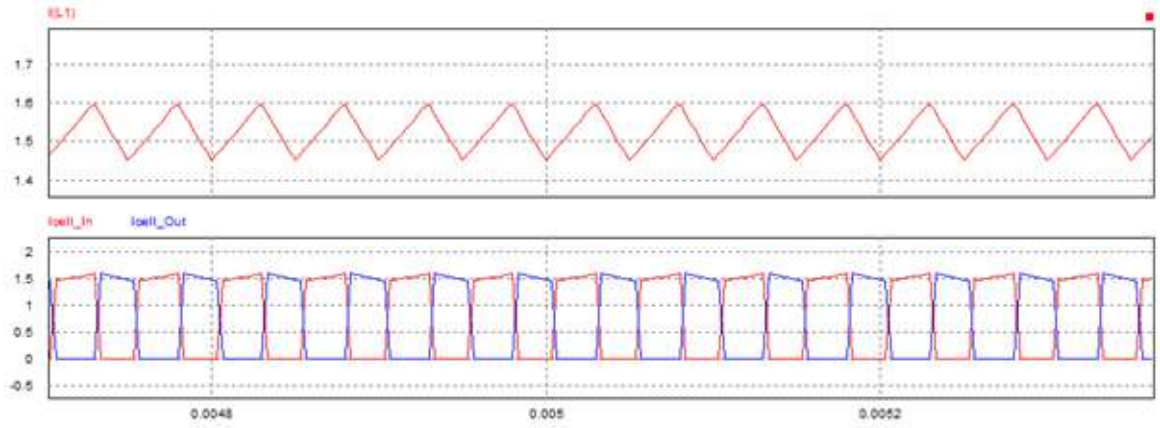
V_o Enerji aktarılan hücre gerilimi (V)

V_i Enerji çekilen hücre gerilimi (V)

D Görev periyodu

I_O Ortalama çıkış akımını (A)

I_L Bobin akımını (A) temsil etmektedir.



Şekil 13. Gelişmiş PI Denetleyici kullanılarak elde edilen simülasyon sonuçları

Şekil 13'te I_{L1} grafiği simülasyon sonucundaki bobin akımını göstermektedir. Akım yaklaşık olarak 1.5A üzerinde 100mA'lik değişim göstermektedir. I_{ce}ve Icell_Out grafiklerinde ise kırmızı olan enerji çekilen hücrenin akımını, mavi olan ise enerji aktarılan hücrenin akımını göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Li-ion ve türevi batarya hücreleri için aktif dengelemeli bir batarya yönetim sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Dengeleme akımı gelişmiş PI denetleyici kullanılarak kontrol edilmiştir. Gelişmiş PI denetleyicisinin parametrelerinin belirlenmesinde K-Factor yöntemi kullanılmıştır. Hesaplamalar sonucu Kp = 1.46, T = 0.461 ms ve Tp = 0.054 ms olarak bulunmuştur. Şekil 14'de iki hücre arası enerji transferinin nasıl yapıldığına dair benzetim sonuçları mevcuttur. Uygulama aşamasında batarya şarj süresinin kısaltılmasına ve deşarj süresin uzatılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir.

5. KAYNAKLAR

Li, W.Q. & Qu, Zhiguo & He, Y.L. & Tao, Y.B.. (2014). Experimental study of a passive thermal management system for high-powered lithium ion batteries using porous metal foam saturated with phase change materials. Journal of Power Sources. 255. 9–15. 10.1016/j.jpowsour.2014.01.006.

Kim, Jaewan & Oh, Jinwoo & Lee, Hoseong. (2018). Review on Battery Thermal Management System for Electric Vehicles. Applied Thermal Engineering. 149. 10.1016/j.applthermaleng.2018.12.020.

Zhang, Zhiliang & Cheng, Xiang & Lu, Zhou-Yu & Gu, Dong-Jie. (2017). SOC Estimation of Lithium-Ion Battery Pack Considering Balancing Current. IEEE Transactions on Power Electronics. PP. 1-1. 10.1109/TPEL.2017.2700324.

Andrea, D., (2010).Battery Management Systems. London: Artech House Education

Scott, K. & Nork, S.(2019).Active Battery Cell Balancing. Analog Devices.

Ershag, O, A Balancing and Monitoring System for Battery Cell Stacks in Electrical Vehicles, Lulea University of Technology, Department of Computer Sciences and Electrical Engineering Division of EISLAB, İsveç, 2008.

Rogers, E., Understanding Buck-Boost Power Stages in Switch Mode Power Supplies, Texas Instruments Application Report, 2002.

Texas Instruments 2011 Dallas BMS Deep Dive BMS Systems & Applications Cell Balancing Methods Lecture, 7-9 November, 2011, Dallas, USA

FPGA İLE IEEE754 KAYAN NOKTALI SAYI FORMATINDA TÜREV ALICI TASARIMI VE GERÇEK ZAMANLI UYGULAMASI

DERIVATIVER DESIGN AND REAL-TIME IMPLEMENTATION IN IEEE754 FLOATING-POINT NUMBER FORMAT USING FPGA

Arş. Gör. Bahadır ÖZKILBAÇ
Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Prof. Dr. Tevhit KARACALI
Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği

ÖZET

Sahada Programlanabilir Kapı Dizileri (FPGA), programlanabilir mantık blokları, hafıza blokları, dijital sinyal işleme blokları, bu blokları birbirine bağlayan ara bağlantılar ve giriş çıkış pinlerinden oluşan tümleşik devrelerdir. Paralel çalışma, yeniden yapılandırılma, düşük güç tüketimi, çok fazla giriş çıkış pinine sahip olma gibi yeteneklerinden dolayı FPGA'ler günümüzde motor kontrolü, sinyal işleme, görüntü işleme, yapay sinir ağı tasarımı, dijital filtre uygulamaları gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. FPGA ile gerçekleştirilen çeşitli uygulamalar için genellikle kesirli ya da büyüklüğü fazla olan sayılarla işlem gereksinimi duyulmaktadır. İkili sayılarda kesirli işlem yapmak ve değeri büyük olan sayıların bit olarak daha az yer kaplaması için ikili sabit noktalı sayılar ya da ikili kayan noktalı sayılar kullanılmaktadır. Kayan noktalı sayılarla işlem yapılırken genellikle IEEE' nin 1985'te bir standart haline getirdiği IEEE754 kayan nokta sayı formatı kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Xilinx firmasına ait Zynq-7000 tümleşik devresi kullanılarak 2. dereceden polinomlar için türev hesabı gerçekleştirilmiştir. Yapılan matematiksel işlemler kesirli sayılar içerdiği için IEEE754 tek duyarlıklı kayan nokta sayı formatı kullanılmıştır. IEEE754 kayan noktalı sayı formatı ile Zynq-7000 tümleşik devresinde bulunan Kintex-7 FPGA içerisinde tasarlanan Aritmetik Mantık Birimi (ALU) modülü, aynı eleman üzerinde bulunan ARM Cortex-A9 işlemci ile kontrol edilip türev için gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan türev hesabının sonuçları UART haberleşme protokolü üzerinden bilgisayara gönderilerek Tera Term VT seri port okuma programıyla ekranda gösterilmiştir. Tasarımın aritmetik mantık birimi modülü VHDL donanım tanımlama dili kullanılarak yazılmış, Xilinx firmasına ait Vivado ortamında modülün benzetimi yapılıp sentezlenmiştir. Daha sonra Xilinx SDK ortamında C programlama dili kullanılarak aynı Zynq-7000 üzerinde bulunan ARM Cortex-A9 işlemcisi programlanarak, tasarlanan aritmetik mantık birimi yapılacak matematiksel işlemler için kontrol edilmiştir. Xilinx firmasına ait Zedboard adlı FPGA geliştirme kartı kullanılarak tasarımın gerçek zamanlı uygulaması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: FPGA, Türev, ARM Cortex-A9, IEEE754, UART.

ABSTRACT

Field Programmable Gate Arrays (FPGAs) are integrated circuits consisting of programmable logic blocks, memory blocks, digital signal processing blocks, interconnects connecting these blocks and input and output pins. FPGAs are widely used in many areas such as motor control, signal processing, image processing, artificial intelligence, filter applications due to their capabilities such as parallel operation, restructuring, low power consumption, and having many input and output pins. For various applications performed with FPGA, there is often a need for operations with fractions or large numbers. Binary fixed-point numbers or binary floating-point numbers are used to perform fractional operations on binary numbers and to take up less bits of large numbers. IEEE754 floating point number format, which IEEE made a standard in 1985, is generally used when dealing with floating point numbers.

In this study, derivative calculation for second order polynomials are performed by using Zynq-7000 integrated circuit of Xilinx Company. Since mathematical operations include fractional numbers, IEEE754 single precision floating point number format is used. Arithmetic Logic Unit (ALU) module, designed in Virtex-7 FPGA in IEEE754 floating point number format, is controlled by ARM Cortex-A9 processor on the same chip and necessary calculations are made for derivative. The results of the derivative calculation are sent to the computer through UART communication protocol and displayed on the screen with Tera Term VT serial port program. The arithmetic logic module of the design is written using VHDL hardware description language and the module is simulated and synthesized in Vivado from Xilinx. Afterwards, the arithmetic logic unit designed by programming the ARM Cortex-A9 processor on the same chip using the C programming language in Xilinx SDK are controlled for mathematical operations. Real-time implementation of the design are made using the Zedboard FPGA development board from Xilinx.

Keywords: FPGA, Derivative, ARM Cortex-A9, IEEE754, UART.

1. GİRİŞ

FPGA'ler paralel çalışma yeteneklerinden dolayı yoğun hesaplama gerektiren uygulamalarda yaygın şekilde kullanılırlar [1]. FPGA'lerin çalışma frekansları genellikle megahertz seviyelerindedir. Gigahertz seviyelerinde çalışma frekansına sahip işlemciler ile rekabet edebilmeleri için FPGA' e yaptırılmak istenen hesaplama küçük işlem parçacıklarına bölünerek her bir işlem parçacığının paralel şekilde yürütülmesi sağlanır. Bu durumda düşük çalışma frekansında daha yüksek hesaplama performansı elde edilir.

Türev birçok sayısal filtre türünde, görüntü ve sinyal işlemede, yapay sinir ağı tasarımında, Newton Raphson ve Steepest Descent gibi optimizasyon algoritmalarında, bir fonksiyonun köklerini tespit etme gibi farklı çok sayıda uygulamada kullanılmaktadır. Türev hesabını içeren, karmaşık ve yoğun veri gerektiren uygulamalar için FPGA gibi yeniden yapılandırılabilir ve paralel çalışma yeteneğine sahip cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Dijital sistemlere hesaplama yaptırılırken her zaman büyüklüğü fazla olan ikili pozitif tamsayılarla işlem yapılamaz. Örneğin türev hesabının dijital bir sistemde uygulaması yapılırken çoğu zaman negatif, kesirli ya da büyüklüğü fazla olan ikili sayılarla işlem yapma gereksinimi ortaya çıkar. Bu tür

sayıları ikili sayı sisteminde doğrudan yazmak bit olarak aşırı fazla yer işgal etmesine neden olacaktır. Kayan noktalı sayı formatı ya da sabit noktalı sayı formatı bu tür sayıları ikili sayı sisteminde yazmak için kullanılırlar.

1.1. IEEE754 Kayan Noktalı Sayı Formatı

IEEE (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) tarafından 1985' te bir standart haline getirilen kayan noktalı sayı formatı tek duyarlıklı sayı formatı ve çift duyarlıklı sayı formatı olmak üzere iki çeşittir [2]. Tek duyarlıklı sayı formatı 32 bit uzunluğundayken çift duyarlıklı sayı formatı 64 bit uzunluğundadır. Sayının işareti, üstü ve kesri bu bit uzunluğunu oluşturan değerlerdir. İki formata ait işaret, üst, kesir bit uzunluklarına dair özet bilgi Tablo 1.1.'de verilmiştir.

Tablo 1.1. Tek Duyarlıklı ve Çift Duyarlıklı Sayı Formatı Özeti

Format	İşaret Bitleri	Üste Eklenen Bias Değeri	Üst Bitleri	Kesir Bitleri
Tek Duyarlıklı	1	127	8	23
Çift Duyarlıklı	1	1023	11	64

IEEE754 kayan noktalı sayı formatında yazılmak istenen herhangi bir sayının öncelikle $(-1)^S \; x \; 1.F \; x \; 2^E$ şeklinde bilimsel gösterimde yazılması gerekmektedir [3]. Burada S işaret değerini, F kesir değerini, E ise üst değerini göstermektedir. Bilimsel gösterimde yazım için sayının tam ve kesir kısımları ikili sayı sistemine dönüştürülür ve virgülle ayrılırlar. En anlamlı bit '1' olacak şekilde kesirle tam kısmı ayıran virgül kaydırılır. Bu kaydırma işlemi sayının mutlak değeri 1'den küçükse sağ tarafa büyük ise sol tarafa olacak şekilde yapılır. Sayının değeri 1 ise virgülün kaydırılmasına gerek kalmaz. Virgül sağa kaydırılmışsa negatif, sola kaydırılmışsa pozitif olarak kaydırma miktarı 2 çarpanının üstüne üst değeri olarak yazılır. Üst değerine 32 bit uzunluğunda format için değeri 127 olan bias sayısı eklenir. Virgülün sağında kalan kısım kesir değeri olarak yazılırken işaret biti ise pozitif sayılar için '0', negatif sayılar için '1' olarak yazılır.

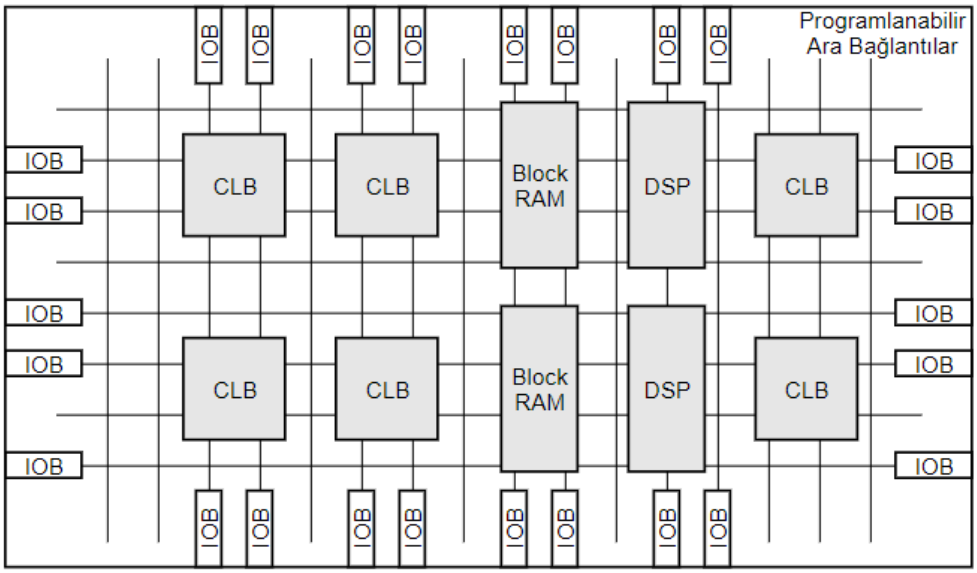
Bu çalışmanın amacı çeşitli alanlarda kullanım yelpazesi geniş olan türev için dijital devreyi yüksek hız performansında tasarlayıp gerçek zamanlı olarak uygulamaktır. Ayrıca çalışmada türev gibi diğer matematiksel uygulamaların nasıl gerçekleştirileceği konusunda yol haritası çizilmiştir.

Bu kapsamda IEEE754 32 bit kayan noktalı sayı formatı ile çarpma, bölme, toplama, çıkarma işlem birimlerini içeren ALU (Aritmetik Mantık Birimi) kullanılarak türev hesabı yapan sistem tasarlanmıştır. Xilinx firmasına ait Zynq-7000 çipi kullanılarak çift çekirdekli ARM Cortex-A9 işlemcisi ile FPGA içerisindeki ALU' ya veri ve komutlar gönderilip kontrol edilerek 2. dereceden bir polinom için türev hesabı yaptırılmıştır [4].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. FPGA' in İç Yapısı

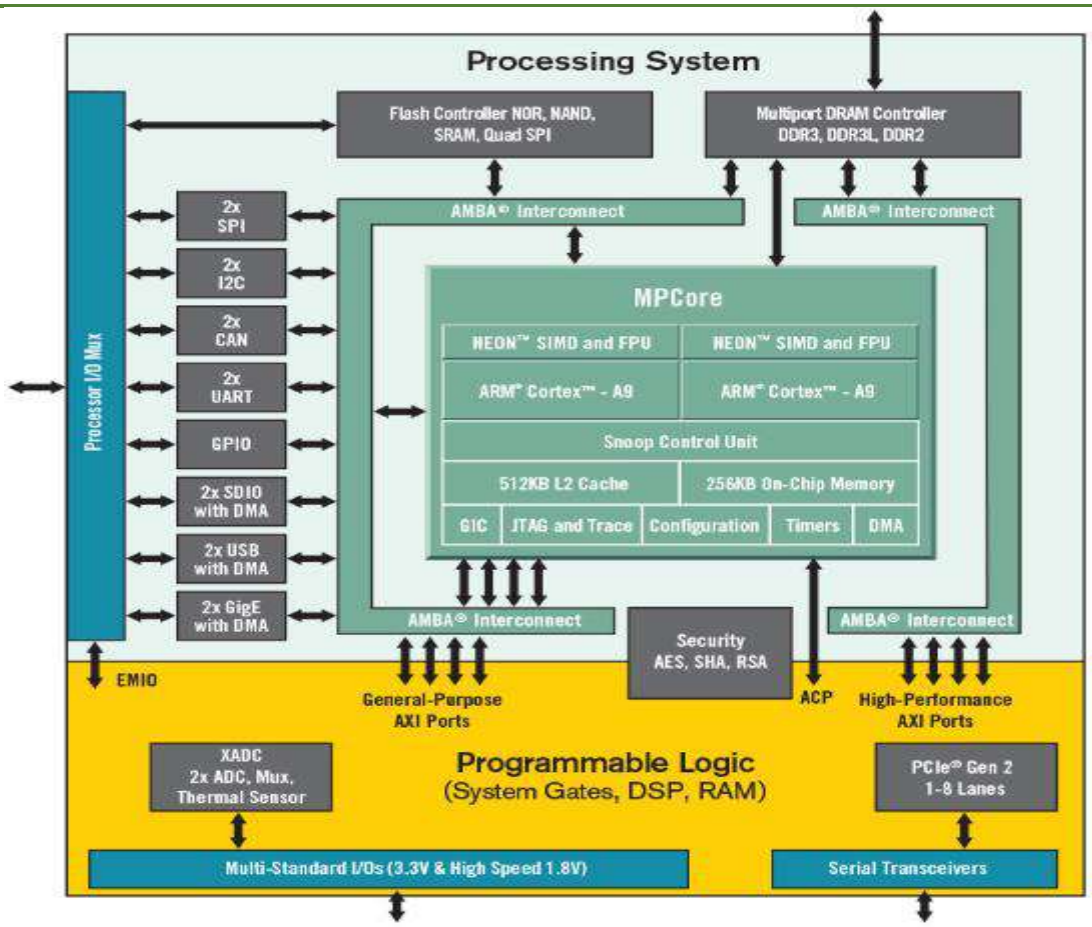
FPGA' ler yapılandırılabilir mantık blokları (CLB), hafıza blokları (RAM), dijital sinyal işleme blokları (DSP), giriş/çıkış blokları (IOB) ve blokları birbirine bağlayan programlanabilir ara bağlantılardan oluşan tümleşik devrelerdir [5-6]. Bir FPGA programlanmak istendiğinde aslında yapılandırılabilir mantık blokları programlanmış olur. FPGA'ler VHDL ve Verilog gibi donanım tanımlama dilleri ile programlanırlar [7]. Uygulamanın boyutu ve karmaşıklığına göre birden fazla CLB ya da DSP ve RAM blokları programlanabilir ara bağlantılar sayesinde birbirine bağlanarak kullanılabilirler. FPGA' in iç yapısı Şekil 2.1' de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. FPGA' in İç Yapısı

2.2. Zynq-7000 Mimarisi

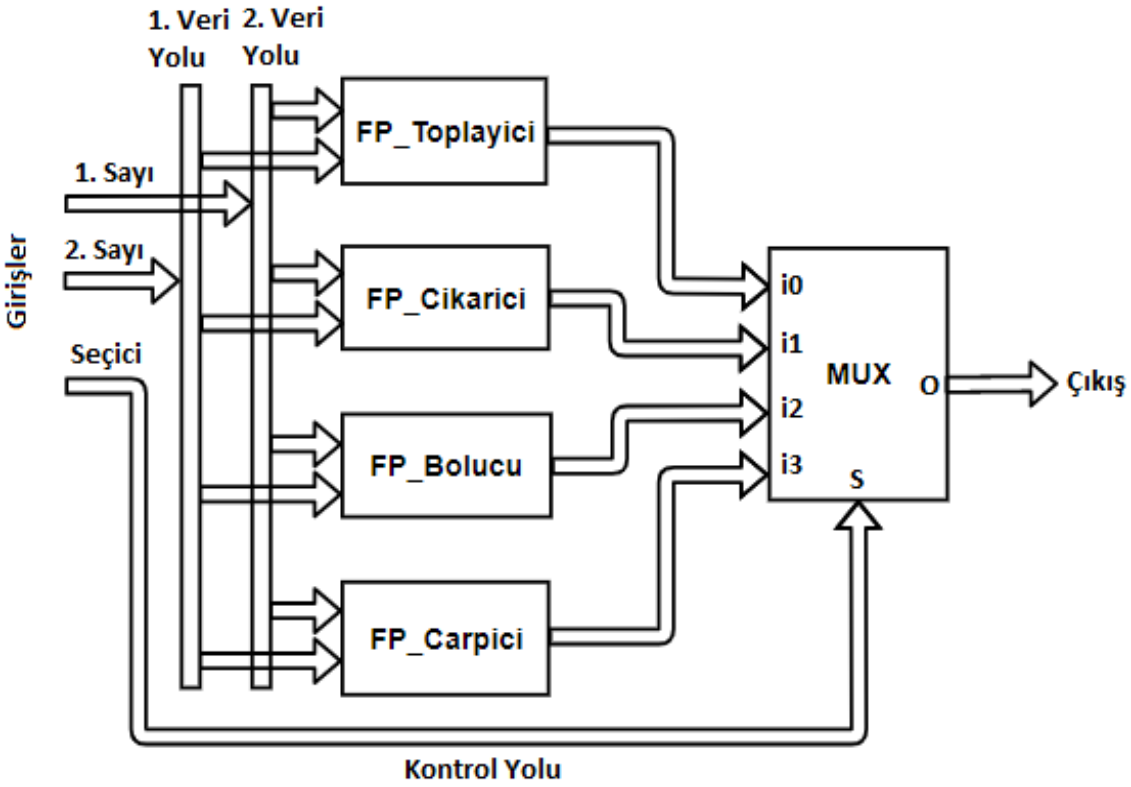
Bu çalışmada kullanılan Xilinx üretici firmasına ait Zynq-7000 diğer FPGA'ler gibi bir tümleşik devredir. Farklı olarak ise Zynq-7000 cihazı, Artix-7 ya da Kintex®-7 model FPGA'in yanında çift çekirdekli ARM Cortex-A9 işlemcisini tek bir yonga üzerinde sunmaktadır. Çift çekirdekli ARM işlemcisi SPI, I2C, CAN, UART gibi haberleşme protokollerini desteklemektedir. FPGA ile ARM işlemcisi yüksek performanslı ve genel amaçlı AXI (Gelişmiş Genişletilebilir Ara Bağlantı) veri yolları üzerinden birbirine bağlanabilmektedir [8]. ARM işlemcisinin programlanması C/C++ programlama dilleri ile Xilinx SDK derleyicisinde yapılmaktadır [9]. Bu çalışmada FPGA içerisinde tasarlanan aritmetik mantık birimi, AXI veri yolları ile ARM işlemcisine bağlamış, ARM tarafından gönderilen veri ve komutlarla türev hesabı yaptırılacak şekilde kontrol edilmiştir. Zynq-7000 mimarisine Şekil 2.2' de yer verilmiştir.



Şekil 2.2. Zynq-7000 Mimarisi [4]

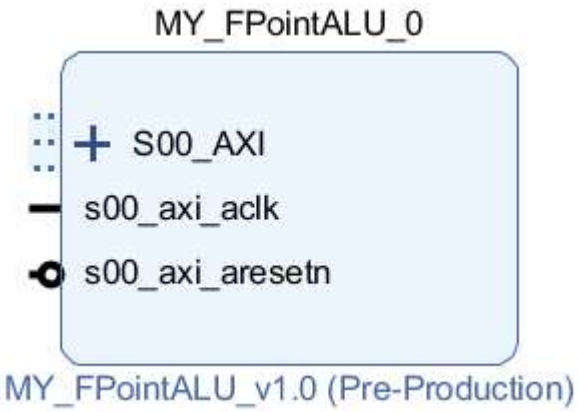
2.3. Aritmetik Mantık Birimi (ALU)

Bir aritmetik mantık birimi işlemcinin matematiksel ve mantıksal işlemlerini gerçekleştiren birimdir [10]. Tasarlanan ALU floating-point formatında 32 bit çarpma, bölme, toplama, çıkarma işlemlerini gerçekleştirmektedir. İşlem yapılacak iki sayı, ortak veri yolları üzerinden işlem modüllerinin içerisine alınmaktadır. Hangi işlem sonucunun çıkışa gönderileceğini belirlemek için her bir modülün çıkışı, 32 bitte işlem yapan 4x1'lik çoğullayıcıya (MUX) bağlanmıştır. Çoğullayıcının durumu kontrol ünitesi tarafından gönderilen seçici bitler tarafından belirlenmektedir. ALU'nun iç yapısını gösteren mimariye Şekil 2.3' de yer verilmiştir.



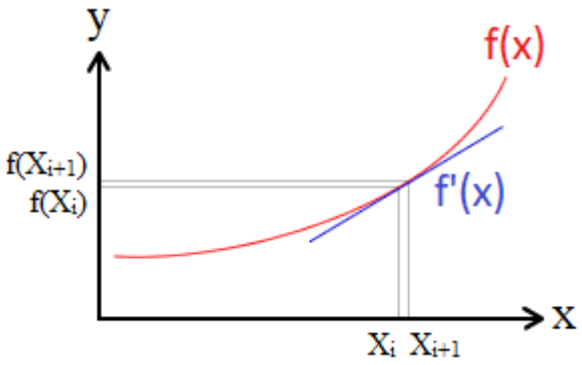
Şekil 2.3. 32 Bit Aritmetik Mantık Birimi Mimarisi

Yapılan bu tasarım VHDL dilinde yazılmış daha sonra blok diyagramda kullanmak için bir IP (Intellectual Property) Core haline getirilmiştir. Daha sonra bu IP Core tasarımın blok diyagramı içerisinde kullanılacaktır. Şekil 2.4' te 32 bit ALU IP Core'una ait görüntüye yer verilmiştir.



Şekil 2.4. ALU IP Core

2.4. Sayısal Türev



Şekil 2.5. f(x) Grafiği

$$f(x) = a.x^2 + b.x + c \tag{2.1}$$

Dereceden bir polinom olan f(x) için türev, x ekseninde yapılan küçük bir değişime karşılık y ekseninde meydana gelen değişim büyüklüğünü ifade eder. Dijital sistemlerde türev, ileri doğru farklar, geriye doğru farklar, merkezi farklar metodu olmak üzere üç farklı yöntemle eşitlik (2.2), (2.3), (2.4)' de gösterilen formüllerle hesaplanmaktadır [11].

$$f'(x_i) = \frac{f(x_{i+1}) - f(x_i)}{\mathrm{h}} \tag{2.2}$$

$$f'(x_i) = \frac{f(x_i) - f(x_{i-1})}{\mathrm{h}} \tag{2.3}$$

$$f'(x_i) = \frac{f(x_{i+1}) - f(x_{i-1})}{2\mathrm{h}} \tag{2.4}$$

(2.1) numaralı eşitlikteki f(x) fonksiyonu sırasıyla ileri farklar, geri farklar, merkezi farklar formüllerinde yerine konulup gerekli sadeleştirmeler yapılırsa (2.5), (2.6), (2.7)' deki eşitlikler elde edilir.

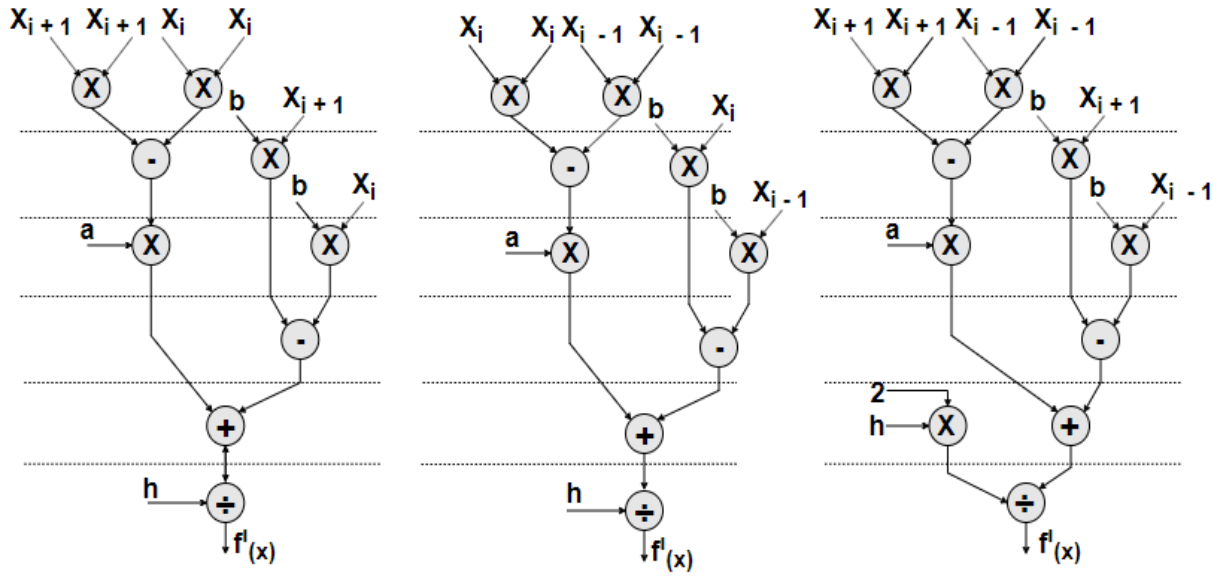
$$f'(x_i) = \frac{a.\left({x_{i+1}}^2 - {x_i}^2\right) + b.(x_{i+1} - x_i)}{\mathrm{h}} \tag{2.5}$$

$$f'(x_i) = \frac{a.\left({x_i}^2 - {x_{i-1}}^2\right) + b.(x_i - x_{i-1})}{\mathrm{h}} \tag{2.6}$$

$$f'(x_i) = \frac{a.\left({x_{i+1}}^2 - {x_{i-1}}^2\right) + b.(x_{i+1} - x_{i-1})}{2\mathrm{h}} \tag{2.7}$$

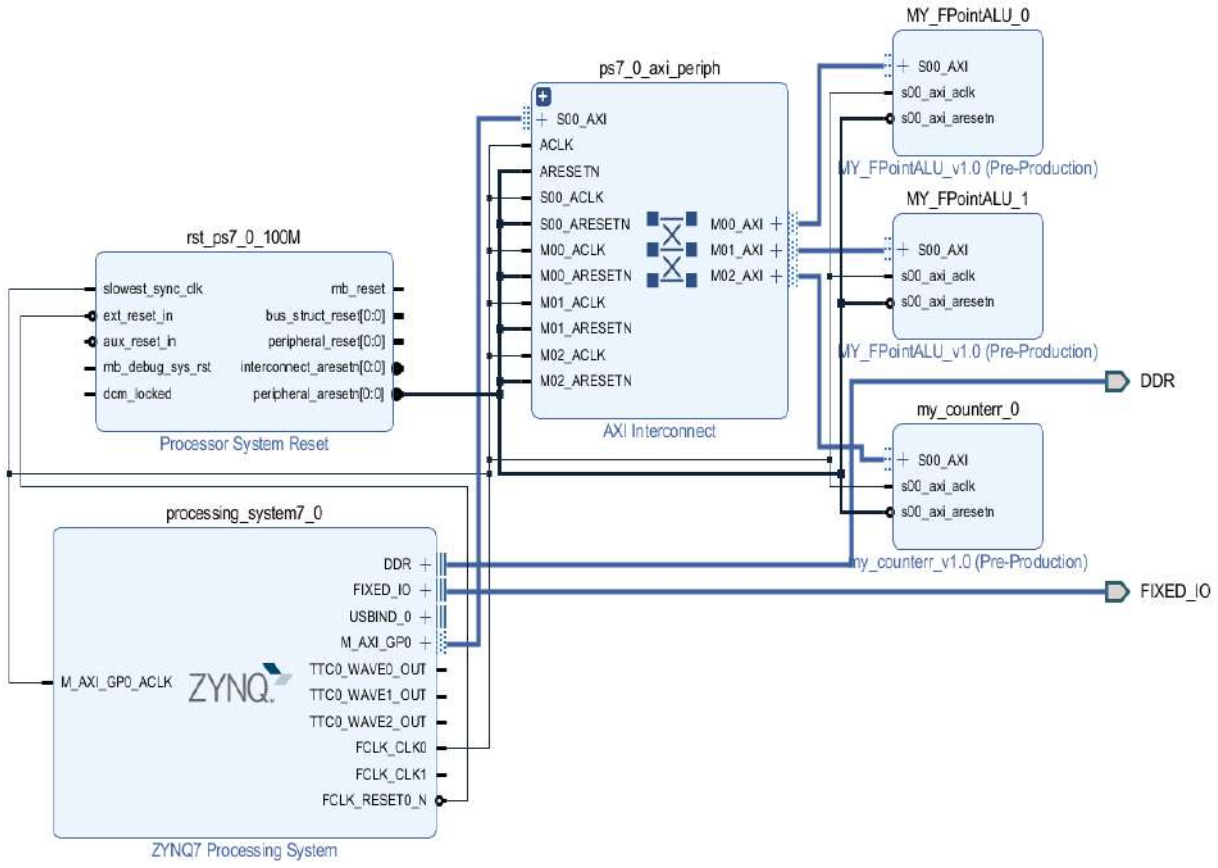
Eşitlik (2.5), (2.6), ve (2.7)' ye bakılırsa ileri farklar ve geriye doğru farklar metodu için 5 adet çarpma, 2 adet çıkarma, 1 adet bölme ve 1 adette toplama işlemine, merkezi farklar için ise bu işlemlerin yanı

sıra fazladan 1 adet daha çarpma işlemine gereksinim vardır. Şekil 2.6' da sırasıyla ileri, geriye doğru farklar ve merkezi farklar metotlarına ait türev blok diyagramlarına yer verilmiştir.



Şekil 2.6. İleri, Geriye Doğru Farklar, Merkezi Farklar Metotları Türev Blok Diyagramları

Blok diyagramdan da görüleceği üzere her aşamada en fazla iki matematiksel işlem gerçekleştirilecek şekilde tasarım yapılmıştır. Üç metotta da toplam 6 aşamada işlem yapılır ve türev sonucu elde edilir. Tasarımın Xilinx Vivado 2019.1 derleyicisindeki blok diyagramı Şekil 2.7' de gösterilmiştir [12].



Şekil 2.7. Vivado Derleyicisinde Tasarımın Blok Diyagramı

Xilinx Vivado derleyicisi kullanılarak yapılan tasarıma ait blok diyagramı şekildeki gibidir. Görüldüğü üzere hesaplama performansını artırmak için tasarlanan ALU' dan iki adet kullanılmıştır. Böylelikle aynı anda iki işlem paralel olarak gerçekleştirilebilir. İşlem yoğunluğuna göre cihaz içerisindeki alan yettikçe istenildiği kadar artırılabilir. İşlem süresini ölçmek içinde 32 bitte sayma işlemi gerçekleştiren bir sayaç tasarlanmıştır. Kullanılan iki ALU ve 32 bit sayaç AXI veri yolları üzerinden ARM işlemcisine bağlanmıştır. Sistemi oluşturan tüm modüller ortak bir saat ve reset sinyali üzerinden çalışmaktadır. Reset sinyali '0' olduğunda tüm sistem resetlenir. Her bir işlem saatin yükselen kenarında yapılmaktadır. Tasarlanan bu sayısal sisteme herhangi iki sayı için türev dahil aslında istenilen tüm matematiksel hesaplamalar yaptırılabilir. Tek yapılması gereken ARM işlemcisinin bu tasarıma uygun komutları gönderecek şekilde programlanmasıdır. Bu çalışmada 2. dereceden bir polinomun türevini hesaplatan komutları gönderecek şekilde ARM programlanmıştır. ARM işlemcisinin programlanması Xilinx SDK ortamında, C programlama dili kullanılarak yapılmıştır.

3. SONUÇ

3.1. Sentezleme Sonuçları

Sentezleme, donanım tanımlama dilinde yapılan tasarımın donanımsal olarak karşılığının oluşturulduğu işlemdir. Şekil 2.6' da ki blok diyagram Vivado' da sentezlenmiştir. Sentezleme sonucunda elde edilen FPGA içerisindeki kullanım alanı özet bilgilerine Tablo 3.1' de yer verilmiştir.

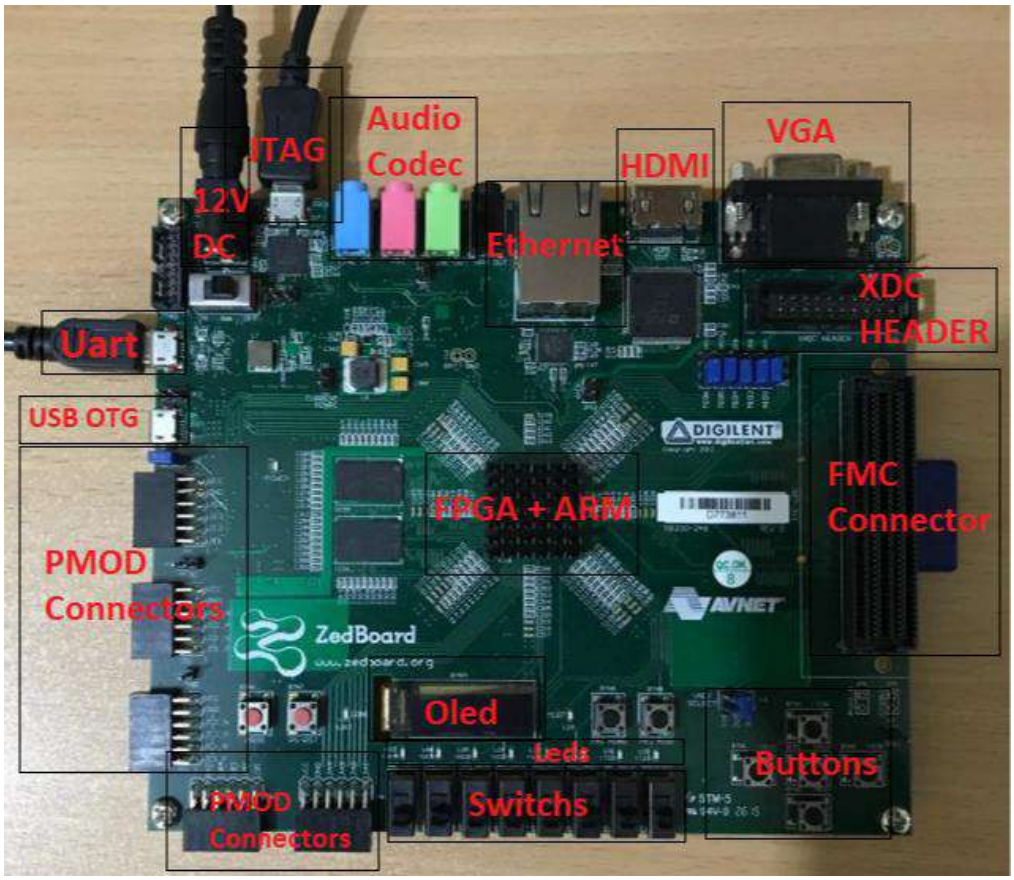
Tablo 3.1. Tasarımın Kullanım Alanı Özeti

Kullanılan Kaynak	Kullanım Sayısı	FPGA' de Sayısı	Kullanım Oranı
LUT	5122	53200	%9,63
LUTRAM	62	17400	%0,36
FF	1685	106400	%1,58
BUFG	1	32	%3,13

Sentezleme sonuçlarına bakılacak olursa %9,63 ile kullanım oranı en fazla olan LUT elemanıdır. Bu tasarımda kullanılan sayının yaklaşık 10 katı kadar ALU kullanılabilir. Aynı anda birkaç x_i noktasında alınacak türev hesabı için ALU sayıları çoğaltılıp paralel gerçekleşen işlem sayıları artırılarak hız performansı korunabilir.

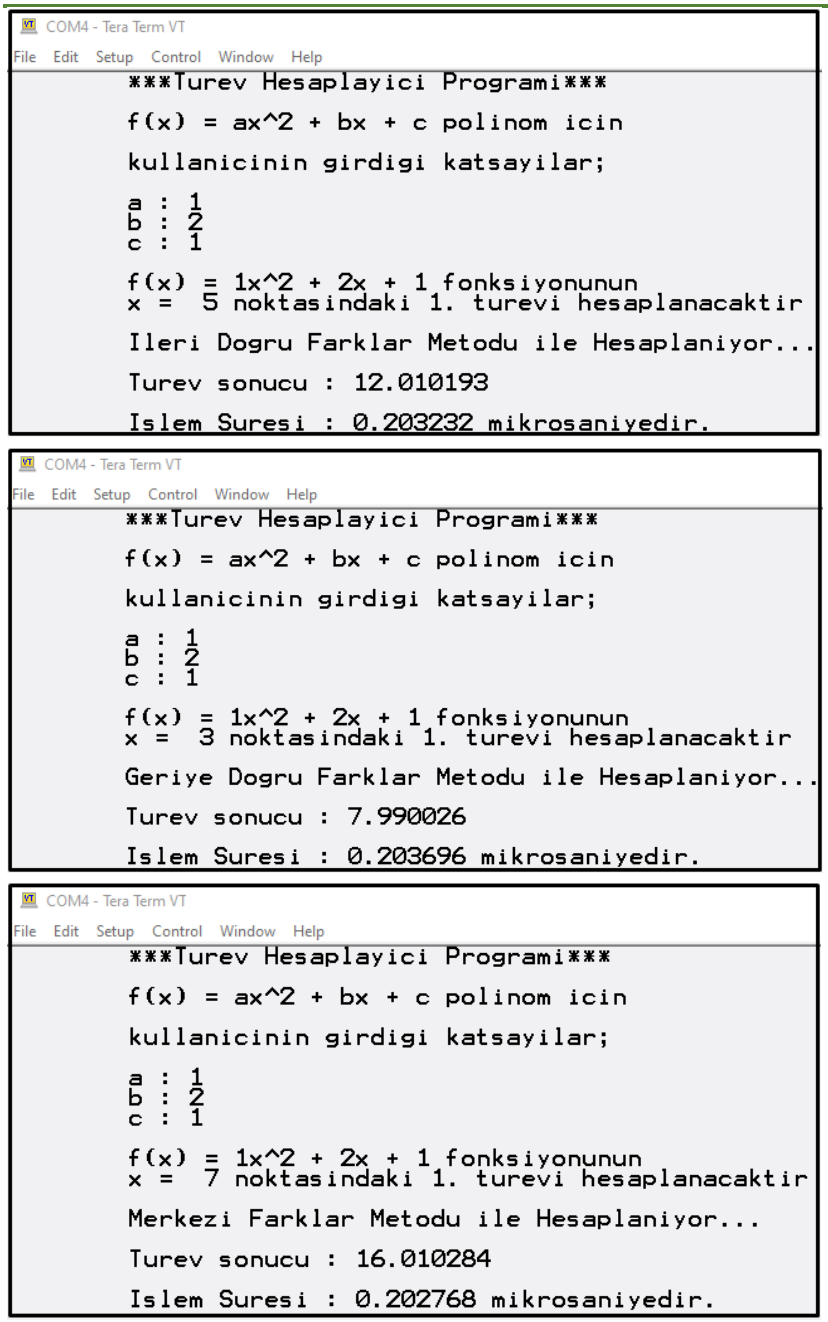
3.2. Gerçek Zamanlı Uygulama Sonuçları

Tasarımın gerçek zamanlı uygulaması Xilinx firmasına ait Zedboard geliştirme kartı kullanılarak yapılmıştır [13]. Şekil 3.1' den görüleceği üzere Zedboard üzerinde UART, Audio Codec, Ethernet, VGA, HDMI, Oled Ekran, Anahtarlar gibi birçok çevre birimini ve Zynq-7000 çipini üzerinde bulundurmaktadır.



Şekil 3.1. Zedboard Geliştirme Kartı

Bu çalışmada Zedboard üzerindeki UART çevre birimi kullanılmıştır. Bilgisayar aracılığıyla kullanıcı tarafından belirlenen 2. dereceden polinoma ait a, b, c katsayıları, x_i ve h değerleri UART üzerinden Zynq-7000 içerisine alınır. Bu sayılarla FPGA' in hangi işlemi gerçekleştireceğini programlanmış ARM işlemcisi göndereceği komutlarla belirler. Bu tasarımda 2. dereceden bir polinomun türevini, ileri doğru farklar, geriye doğru farklar ve merkezi farklar metotlarıyla hesaplatacak şekilde ARM işlemcisi programlanmıştır. FPGA içerisinde gerçekleştirilen işlem sonucu tekrar UART üzerinden bilgisayara gönderilir. Bilgisayarda görüntüleme işlemi ise Tera Term VT seri port okuma programı ile yapılır ve Şekil 3.2' de program çıktılarına yer verilmiştir [14].



Şekil 3.2. Tera Term VT Programı Sonuçları

4. ÖNERİLER

Bu çalışmada IEEE754 32 bit kayan noktalı sayı formatında işlem yapan iki ALU kullanılarak türev hesabı yapan sistem tasarlanmıştır. İki ALU kullanılması birbiriyle paralel şekilde çalışan iki kayan noktalı sayı işleminin aynı anda gerçekleşmesine olanak sağlamıştır. Böylece merkezi farklar metodunda yapılacak fazladan bir çarpma işlemi, başka bir toplama işlemi ile paralel gerçekleşip sistem hızını etkilememiştir. İşlem süresini ölçmek için 32 bitte sayma işlemi yapan bir sayaç kullanılmış ve işlem süresi her bir metot için ortalama 0,203 mikro saniye sürmüştür. ARM işlemcisinin uygun şekilde programlanmasıyla FPGA içerisindeki yapı değiştirilmeden sistem farklı fonksiyonların n. dereceden türevini hesaplayabilecek tasarıma dönüştürülebilir.

KAYNAKLAR

Villasenor, J., & Mangione-Smith, W. H. (1997). Configurable computing. Scientific American, 276(6), 66-71.

IEEE Standard Board and ANSI, "IEEE Standard for Binary Floating-Point Arithmetic," 1985, IEEE Std 754-1985.

Louca, L., Cook, T. A., & Johnson, W. H. (1996, April). Implementation of IEEE single precision floating point addition and multiplication on FPGAs. In FCCM (pp. 107-116).

Crockett, L. H., Elliot, R. A., Enderwitz, M. A., & Stewart, R. W. (2014). The Zynq Book: Embedded Processing with the Arm Cortex-A9 on the Xilinx Zynq-7000 All Programmable Soc. Strathclyde Academic Media.

Trimberger, S. (1995, June). Effects of FPGA architecture on FPGA routing. In 32nd Design Automation Conference (pp. 574-578). IEEE.

Seals, R. C., & Whapshott, G. F. (1997). Programmable Logic: PLDs and FPGAs. Macmillan International Higher Education.

Navabi, Z. (1997). VHDL: Analysis and modeling of digital systems. McGraw-Hill, Inc..

Stevens, A. (2011). Introduction to AMBA® 4 ACE™ and big. LITTLE™ Processing Technology. ARM White Paper, CoreLink Intelligent System IP by ARM.

https://www.xilinx.com/products/design-tools/embedded-software/sdk.html

Stallings, William (2006). Computer Organization & Architecture: Designing for Performance (7th ed.). Pearson Prentice Hall. ISBN 0-13-185644-8.

Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2010). Numerical methods for engineers. Boston: McGraw-Hill Higher Education.

https://www.xilinx.com/products/design-tools/vivado.html

http://zedboard.org

https://ttssh2.osdn.jp

BAKIR DİSKTE FARKLI YÜK VE FREKANSLARDA SONLU ELEMANLAR YÖNTEMLERİ İLE AŞINMA ANALİZİ

WEAR ANALYSIS OF COPPER DISK IN DIFFERENT LOAD AND FREQUENCY BY FINITE ELEMENT METHOD

Dr. Hamid ZAMANLOU
Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum
Prof. Dr. Sadri SEN
Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum
Dr. Oğr. Üyesi Filiz KARABUDAK
Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane
Dr. Öğr. Üyesi Ruhi YEŞİLDAL
Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum

ÖZET

Aşınma mekanik etkenler etkisiyle, temas halinde sürtünen yüzeylerden malzemenin koparak ayrılması şeklinde tanımlanmaktadır. Yüzeyler aşınma sebebiyle ilk şekillerini kaybettiklerinden temasta olan parçalar arasındaki boşluklar artar ve parça istenen fonksiyonunu yerine getiremez. Aşınma, tüm endüstri kollarında bir tehlike olarak karşımızda durup zamanında ve sistematik önlem alınmadığı takdirde çok pahalıya mal olabilecek sonuçlara götürebilir. Son yıllarda malzemedeki ve sistemdeki aşınmayı tahmin etmek sonlu elemanlar yöntemleri ile mümkün olmuştur. Bu vesileyle ilerdeki malzeme kaybı ve ekonomik sıkıntılar oldukça önlenmektedir. Bu çalışmada ANSYS programı ile aşınma olayı kontak yüzeyde incelenmiştir. İki diskten oluşan bir modelde üst disk malzemesi olarak tanımlanan bakır, 2000 N/m^2, 4000 N/m^2 ve 6000N/m^2 yük altında 75000 devir/s, 100000 devir/s, ve 125000 devir/s, frekansında çelikten yapılan alt bir disk üzerinde aşındırılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Aşınma, Sonlu Elemanlar, ANSYS

ABSTRACT

Wear is defined as the separation of the material from the friction surfaces by contacting with the effect of mechanical factors. As the surfaces lose their first shapes due to wear, the gaps between the parts in contact are increased and the component cannot perform its desired function. Wear may be a danger in all industries and may lead to very costly consequences if timely and systematic measures are not taken.

Estimate the wear on the system and material elements in recent years has been made possible with the FEM. On this occasion, the future material losses and economic hardships are quite preventable.

This study investigated the events of wear surface contact with the ANSYS program The hemispherical copper ring is subjected to a pressure load of, 2000 N/m^2, 4000 N/m^2 and 6000 N/m^2 and is rotating with a frequency of 75000 cycles.sec^{-1}, 100000 cycles.sec^{-1} and 125000 cycles.sec^{-1} sliding of the hemispherical ring on the flat ring causes wear in the *rings*

Keywords: Wear, Finite Elements Methods, ANSYS

1. Giriş

Aşınma olayında, bir birleşme yüzeyi ile etkileşim içinde olan bir yüzeyden sürtünmenin etkisiyle kütle kaybı meydana gelmektedir. Bu çalışmada aşınma modellenerek, aşınmayı etkileyen faktorler incelenmiştir. Son yıllarda aşınma konusunu inceleyen birçok çalışma yapılmıştır (Finnie, 1958; Elalem, 1999; Aquaro ve Fontani, 2001).

Aşınma kullanılan malzemelerin katı, sıvı veya gaz halinde bulunan diğer malzemelerle temas etmesi sonucunda yüzeyden paçaların ayrılmasıyla istenmeyen yüzey bozulmasının meydana gelmesidir (Pu, 2017). Sürtünme ve aşınma deneyleri American Society for Testing and Materials (ASTM), Society of Automotive Engineers (SAE) kuruluşları ile DIN ve ISOstandartları ile biçimlenmiştir (Ludema, 1996). Deneysel abrasif aşınmanın testleri ise ASTM G65 standartlarına göre gerçekleştirilmiştir. Aşınma teori ve mekanizmalarının araştırılmasında Engineering Tribology Stachowiak vd. (1993) ve Modern Tribology Handbook Volume 1 Bhushan (2000) ve The Materials Information Society (ASM) Volume 8 referans olarak kullanılmıştır (Kuhn ve Medlin, 2000).

Mishra (2013), aşınma analizlerinin, bilinen yüklerin uygulanması ile bir yapıda oluşabilecek aşımanın önceden belirlenmesi ve dayanıklılık süresinin anlaşılmasında kullanılan yöntemler olduğunu belirtmiştir.

Li (2015), çalışmalarında çift disk ve pin-on-disc makineleri üzerinde malzemelerin aşınma katsayılarına ait haritaları laboratuvar test çalışmalarından elde etmişlerdir. Bu haritaları kullanarak kayma hızı ve temas basıncı şartlarını, aşınma rejimi ve geçişlerin belirlemeyi hedeflemiştir. Aşınma rejimleri temas şart ve noktalarını içermektedir. Yüzey morfolojileri, laboratuvar verileri ve etkinlik alanları arasında yapılan karşılaştırmalarda ele alınmıştır.

Su verilmiş numuneler; belirli basınç şartları altında düşük hızda yüksek aşınma direnci göstermektedirler. (Hashish, 1987; Gen ve Li, 2003). Ağır yükleme altındaki yüksek hız şartlarında temas sürtünme yüzeyindeki sıcaklık arttığından dolayı tavlamanın etkisiyle sertleştirilmiş numunelerde aşınma direncinin azaldığı bilimektedir. Bu yüzden sertleştirilmiş numuneler sertleştirilmemiş numunelerden daha fazla katı aşınma durumuyla karşılaşmaktadırlar (Neilson ve Gilchrist, 1968; Johnson ve Cook, 1985; Shimizu vd., 2001).

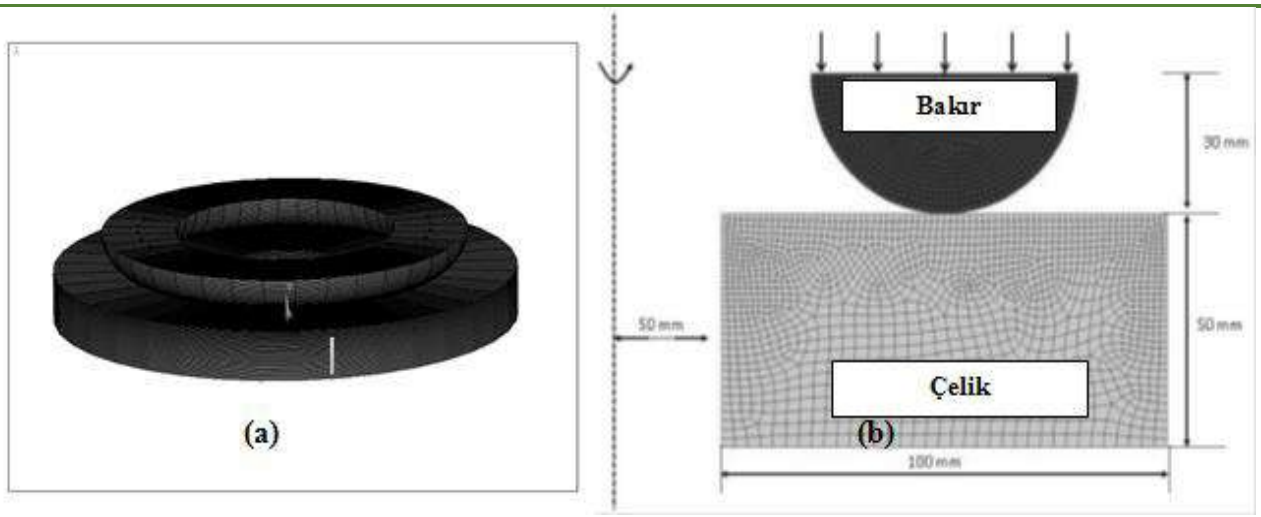
Bu çalışmada farklı yüklere maruz kalan ve farklı frekanslarda olan malzemenin aşınma davranışı incelenmiştir. ANSYS program paketi ve sonlu elemanlar yöntemi ile modelleme yapılmıştır. ARCHARD denklemi kullanılarak bakırdan oluşan bir diskte aşınma analizi yapılmıştır. Ayrıca aşınma sırasında Y yönünde ortaya çıkan gerilmeler ve kontak basınç değerleri incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Şekil 1. a'da olduğu gibi yarıçapı 30 mm olan bakır bir disk, iç yarıçapı 50 mm ve dış çapı 150 mm olan çelik düz bir disk üzerinde modellenmiştir.

Bakır disk 2,000 N/m^2, 4,000 N/m^2 ve 6,000 N/m^2 yükleri altına ve75,000 devir/s, 100,000 devir/sve 125,000 devir/s frekansı ile dönmektedir.

Şekil 1.b'de görüldüğü gibi iki diski temsil eden 2B eksenel simetrik model verilmiştir.



Şekil 1. a) Kullanılan Model **b)** 2-B eksenel simetrik model

Diskler 2-B eksenel simetrik PLANE182 elemanları ile meshlenmiştir (KEYOP(3) = 1). İki halka arasında sürtünmesiz kontak modellenmiştir. Archard aşınma modeli, TBDATA komutunda C1 ile C4 sabitleri girerek belirtilmiştir. Bu sabitler aşınma katsayısı (K) malzeme sertliği (H), temas basıncı (m) ve kayma hız üssü (n) olarak tanımlanmıştır. ANSYS'de TBDATA komutları alttaki gibi hazırlanmıştır. Tablo 1'de olduğu gibi C1-C4 komutları ve Aşınma özellikleri, Tablo 2'de ise çelik ve bakırın mekanik özellikleri verilmiştir.

Tablo 1. Aşınma Özellikleri

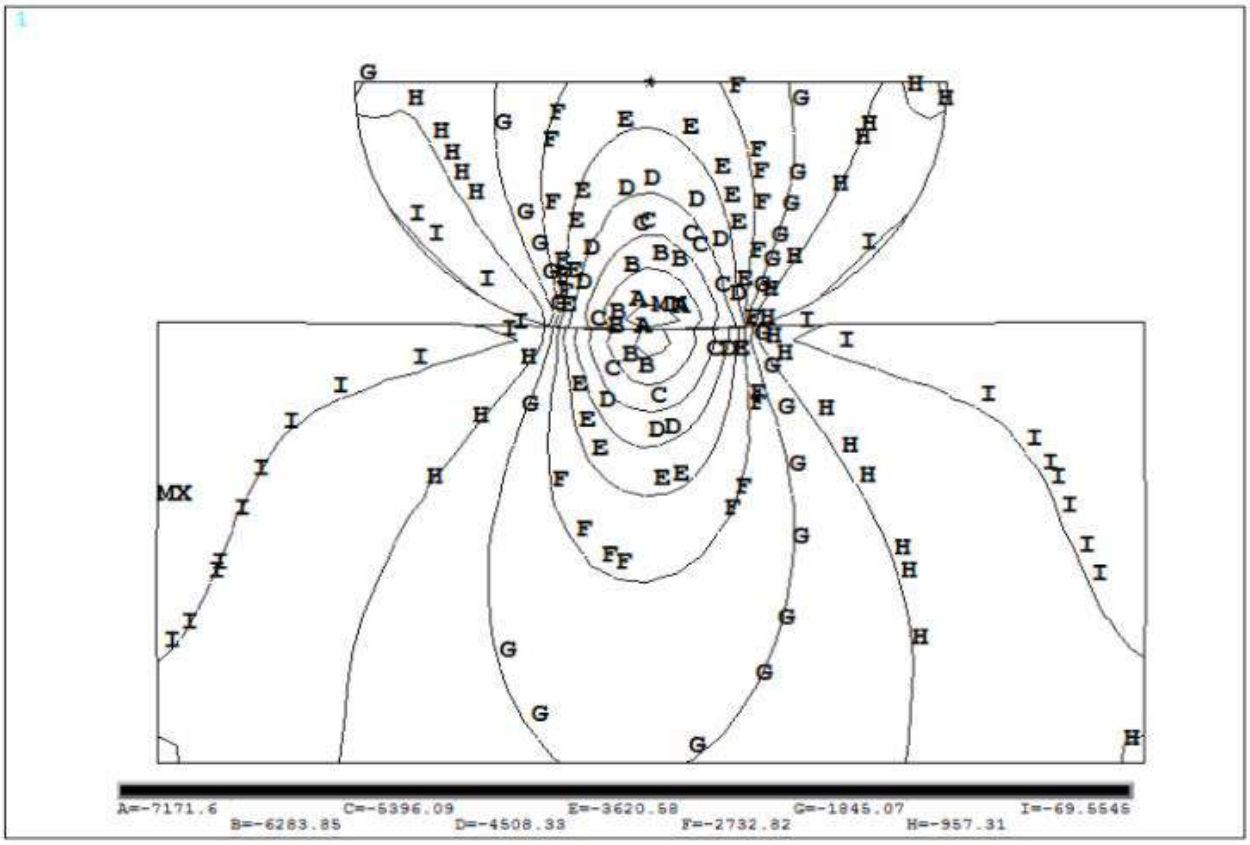
Özellik	TBDATA sabiti	Değer
Aşınma Katsayısı	C1	10e-13*slide_velocity*2*pi*Uring_offset
Sertlik sabiti	C2	300MPa
Basınç sabiti	C3	1
Hız sabiti	C4	0

Tablo 2. Malzeme özellikleri

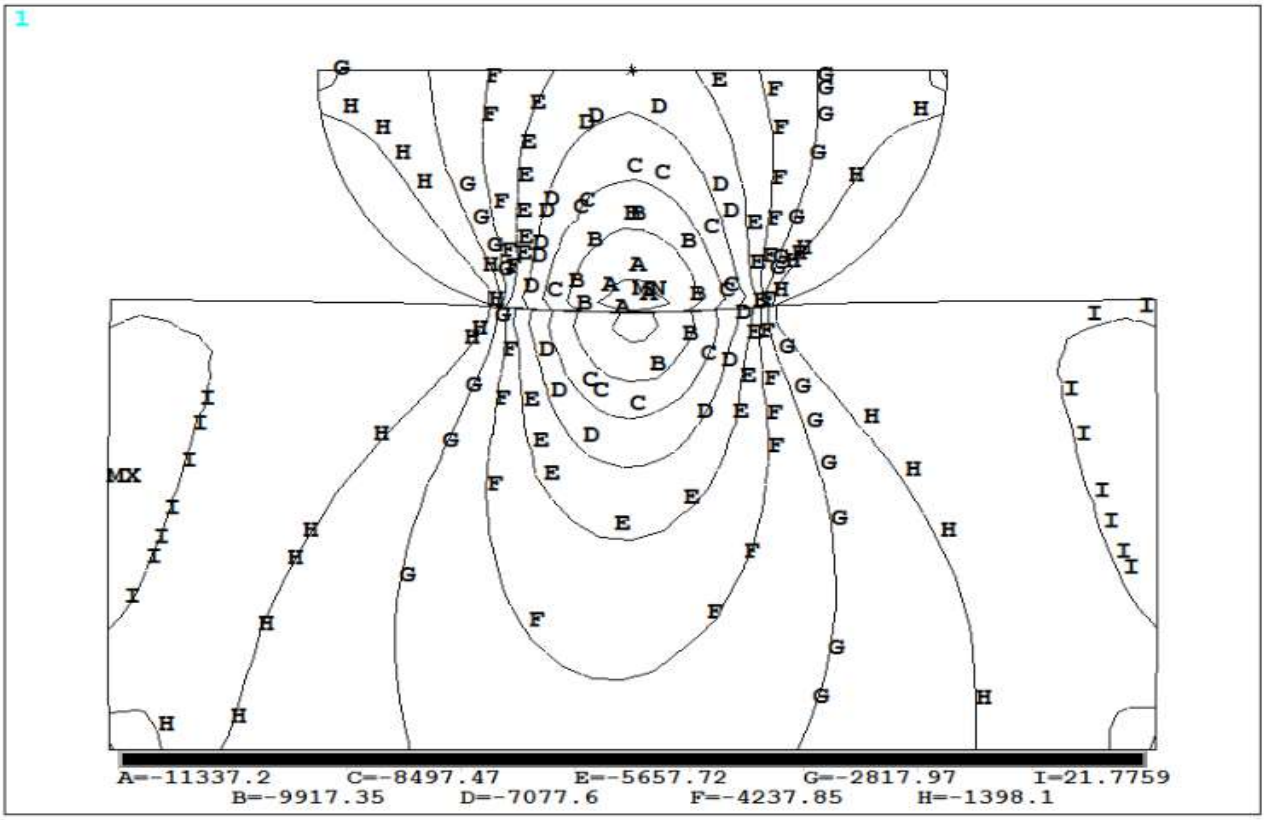
Malzeme Özellikleri	Çelik	Bakır
Elastisite Modülü GPa	210	130
Poisson Oranı	0.3	0.3

3. Bulgular ve Tartışma

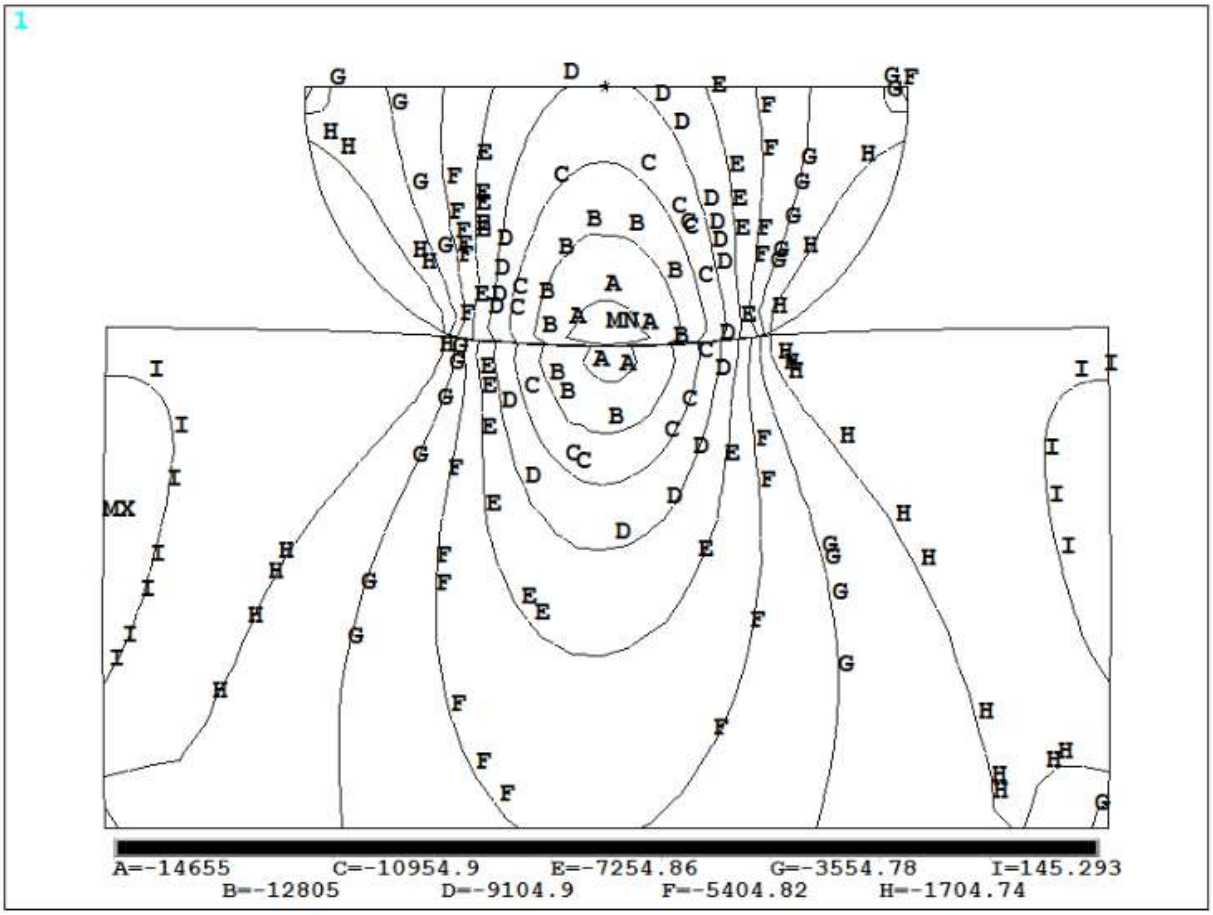
Şekil 2, 3 ve 4'de malzemenin Y(Normal) yönündeki gerilmesi gösterilmiştir. Görüldüğü gibi malzemeye uygulanan yük arttikça gerilme oranı'da artmaktadır. İlk aşamada yük etkisini incelemek adına 100000 devir/s frekans sabit düşünülmüştür.



Şekil 2. P=2000 N için σ_y gerilme dağılımı



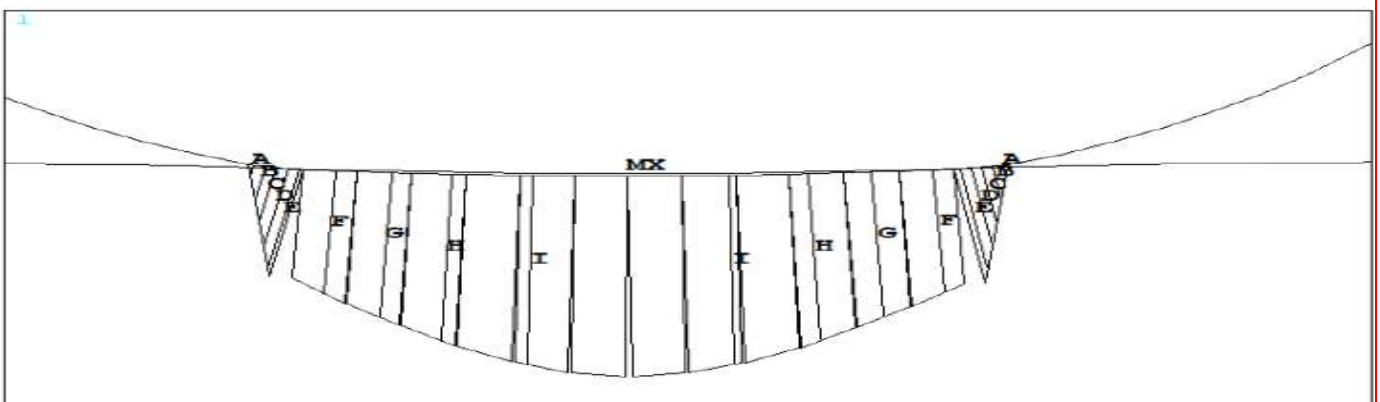
Şekil 3. P=4000 N için σ_y gerilme dağılımı



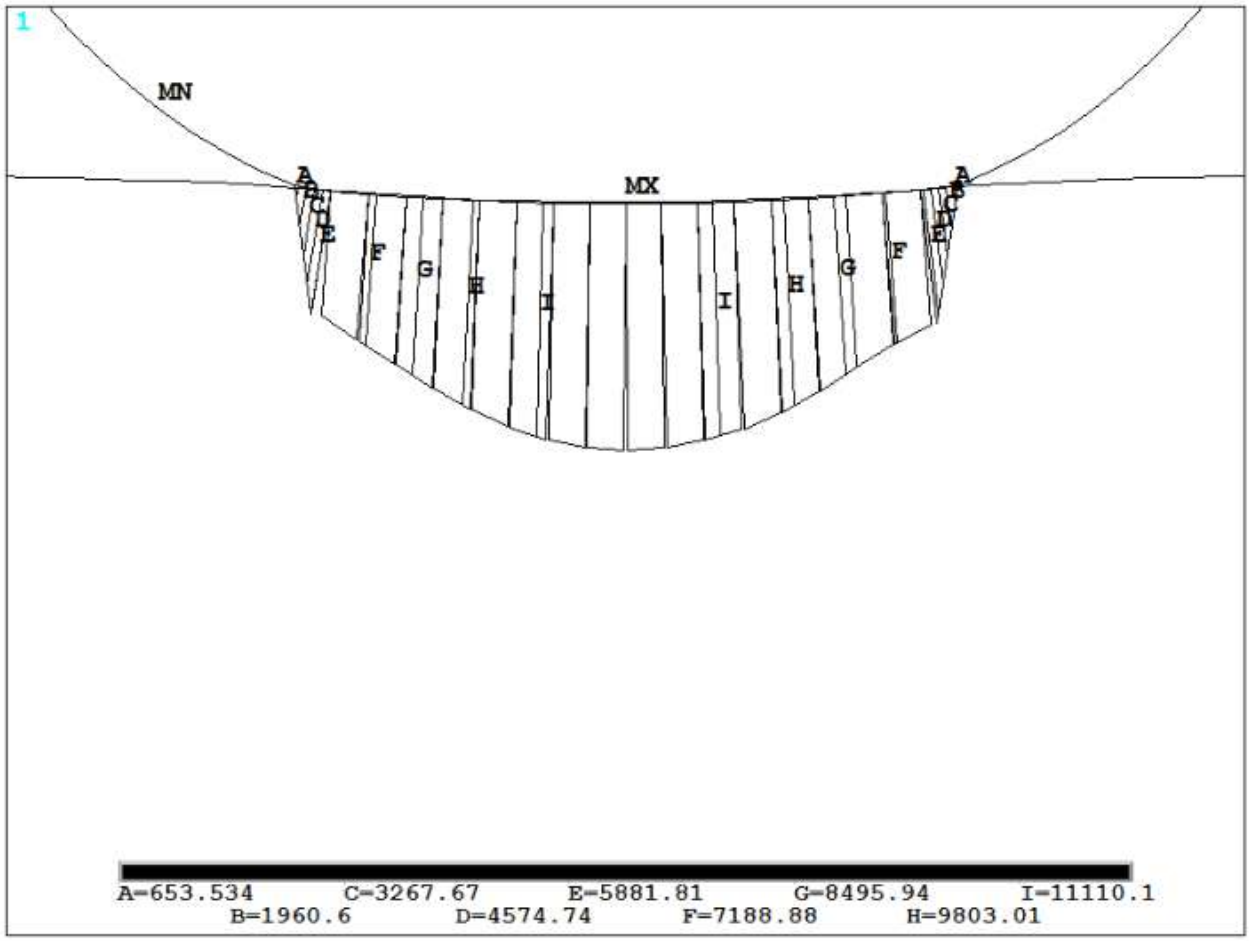
Şekil 4. P=6000 N için σ_y gerilme dağılımı

Tablo

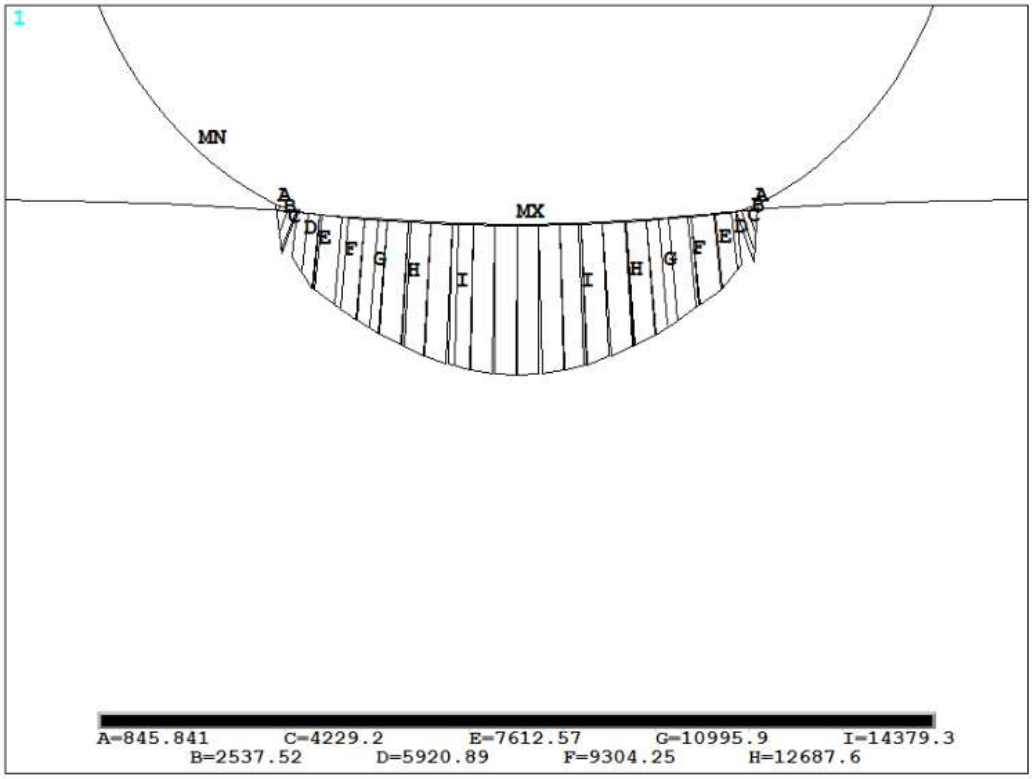
Yük(N) /Gerilme(MPa)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
P=2000	7171.6	6283.85	5396.09	4508.33	3620.59	2732.82	1846.07	957.31	69.5545
P=4000	11337.2	9917.35	8497.47	7077.6	5657.72	4237.85	2817.97	1398.1	21.7759
P=6000	14655	12805	10954.9	9104.9	7254.86	5404.82	3554.78	1704.74	145.293



Şekil 5. P=2000 N için Kontak basınc



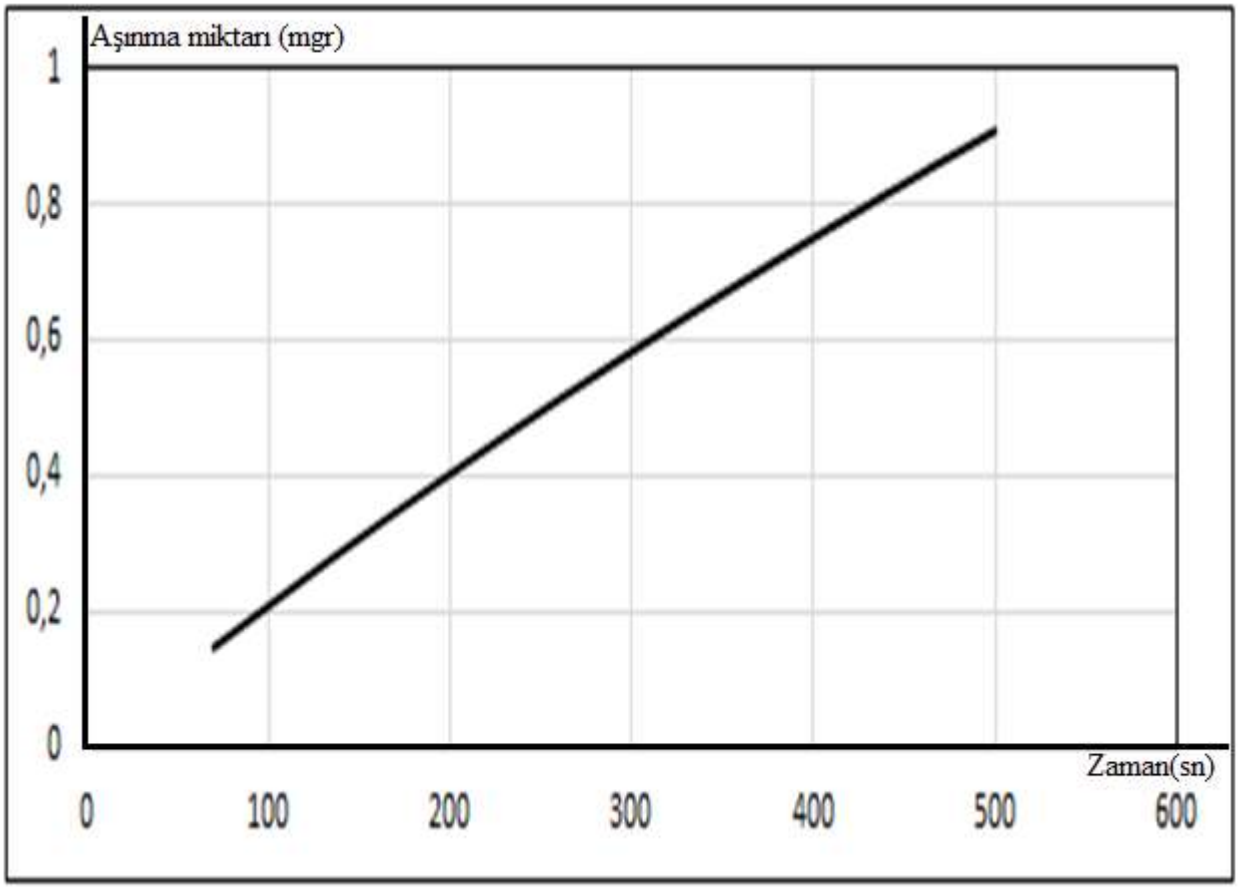
Şekil 6. P=4000 N/m2 için Kontak basınç



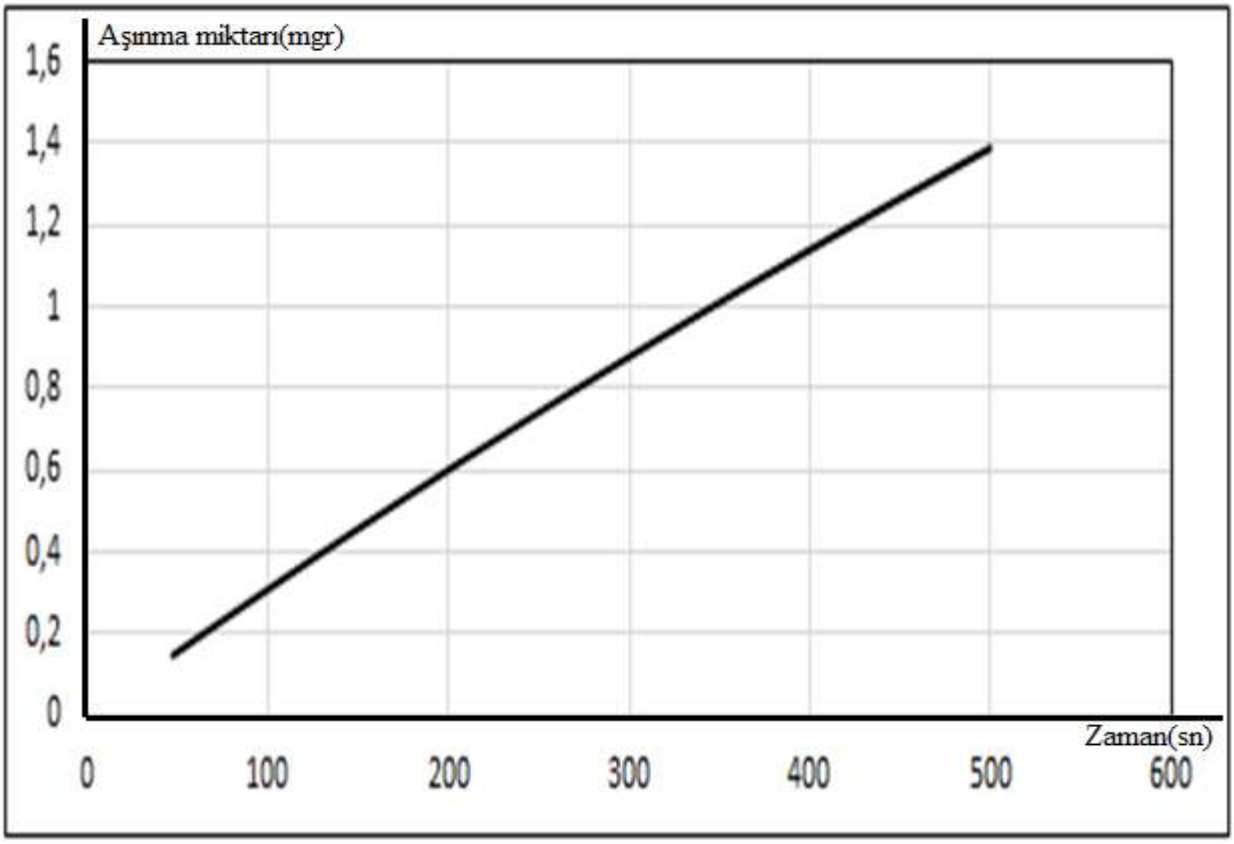
Şekil 7. P=6000 N/m2 için Kontak basınc

Yük(N) /Kon. Bas.(MPa)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
P=2000	414.923	1244.77	2074.62	2904.46	3734.31	4564.15	5394	6223.85	7053.69
P=4000	653.534	1960.6	3267.67	4574.74	5881.81	7188.88	8495.94	9803.01	11110.1
P=6000	845.841	2537.52	4229.2	5920.89	7612.57	9304.25	10995.9	12687.6	14379.3

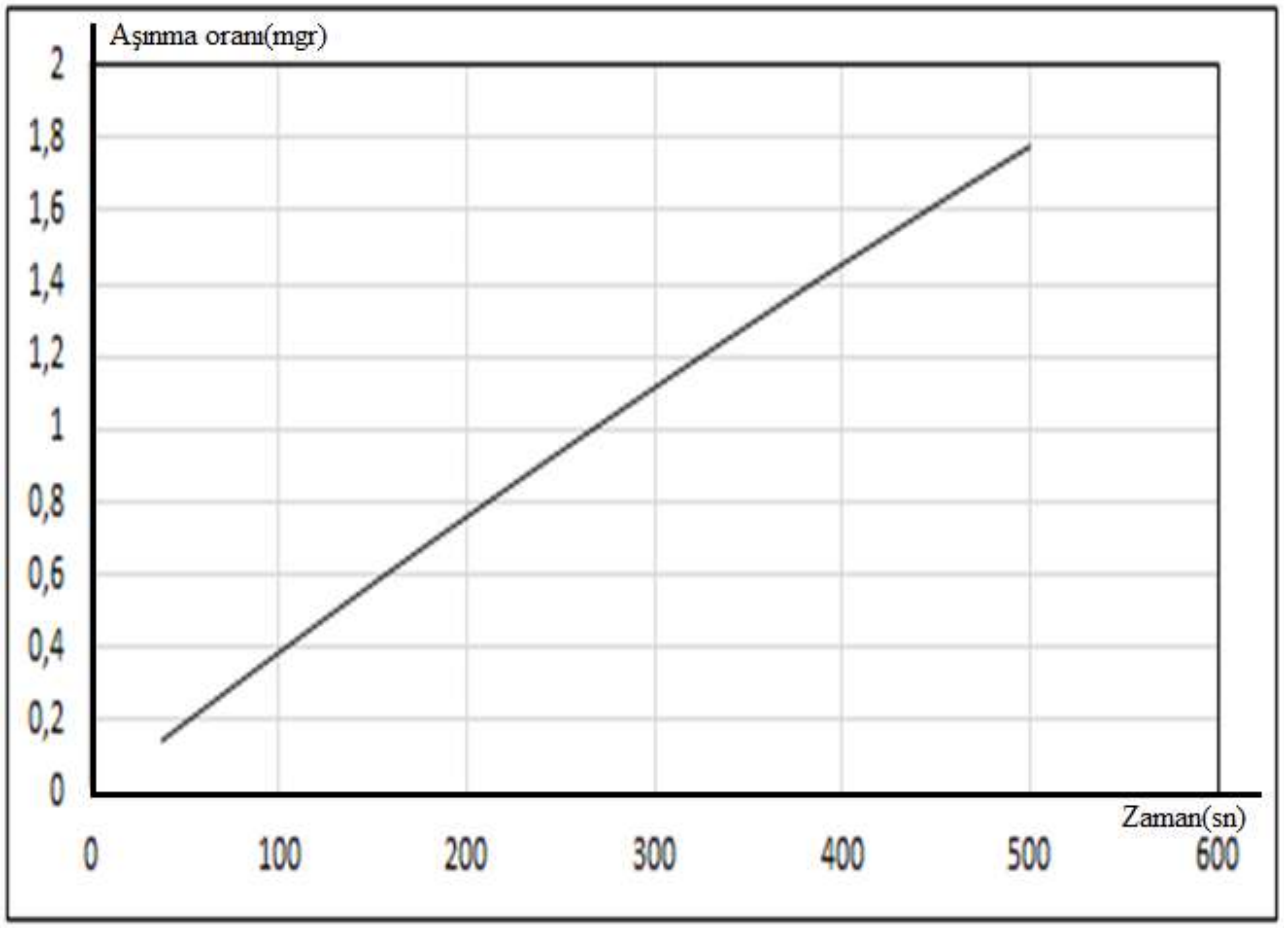
Şekil 5, 6 ve 7' da malzemenin farklı yük altındaki aşınma diyagramları karşılaştırılmıştır yatay eksen zaman (sn) ve dikey eksen aşınma miktarı (mgr)'dır.



Şekil 5. P=2000 N için Aşınma Diyagramı

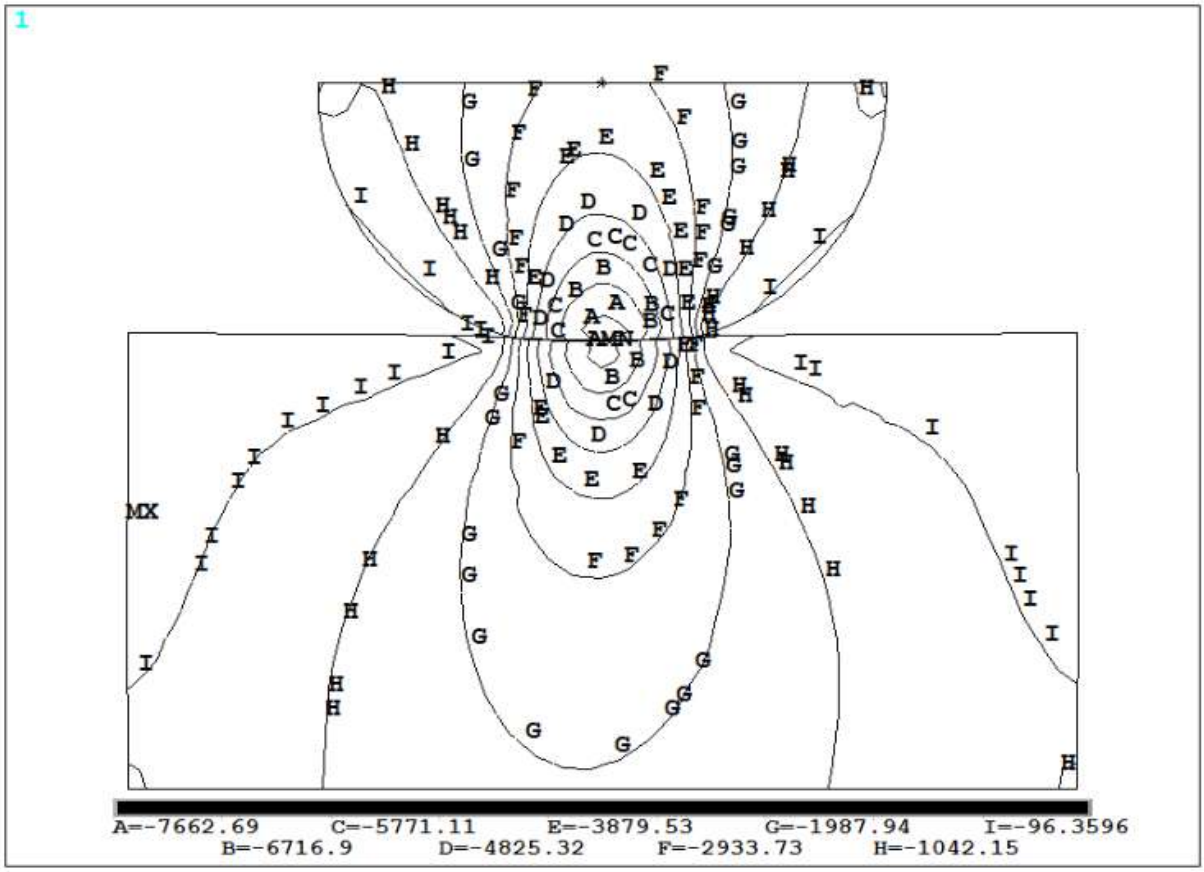


Şekil 6. P=4000 N için Aşınma Diyagramı

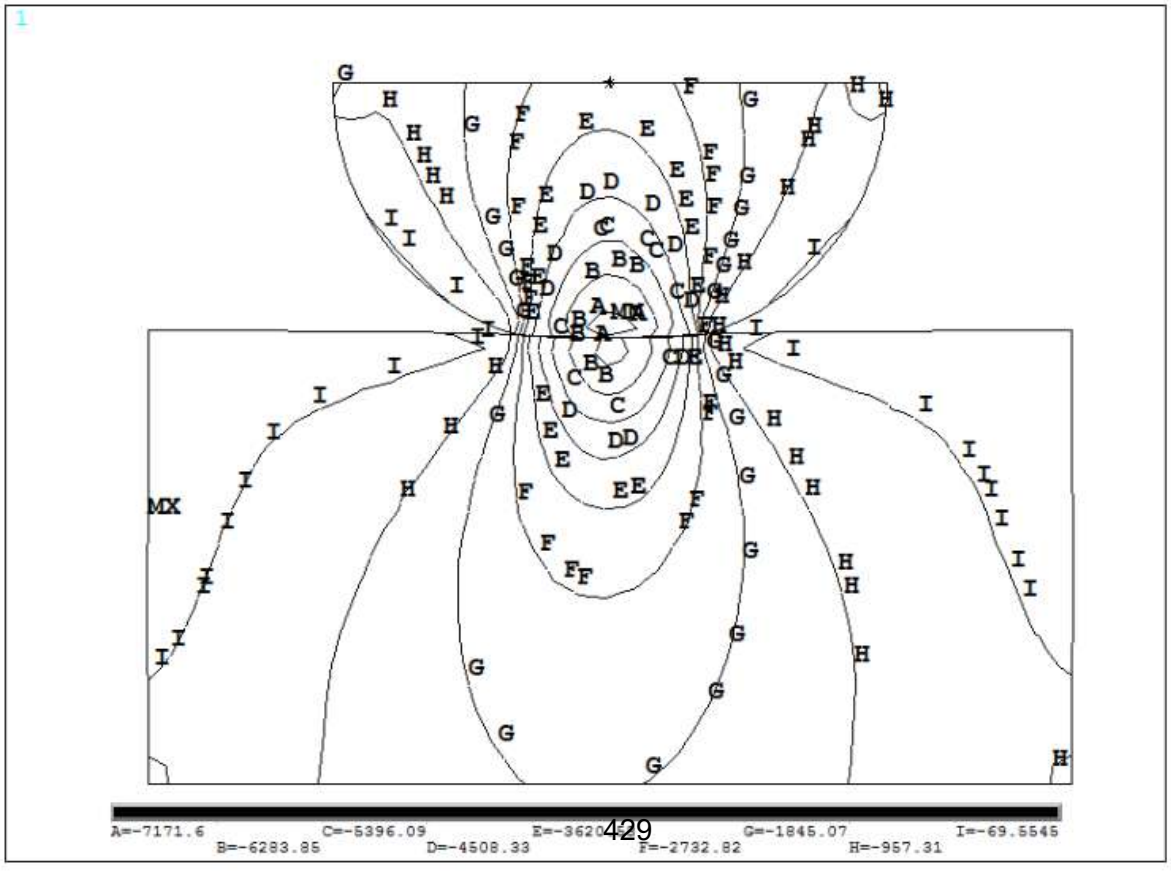


Şekil 7. P=6000 N için Aşınma Diyagramı

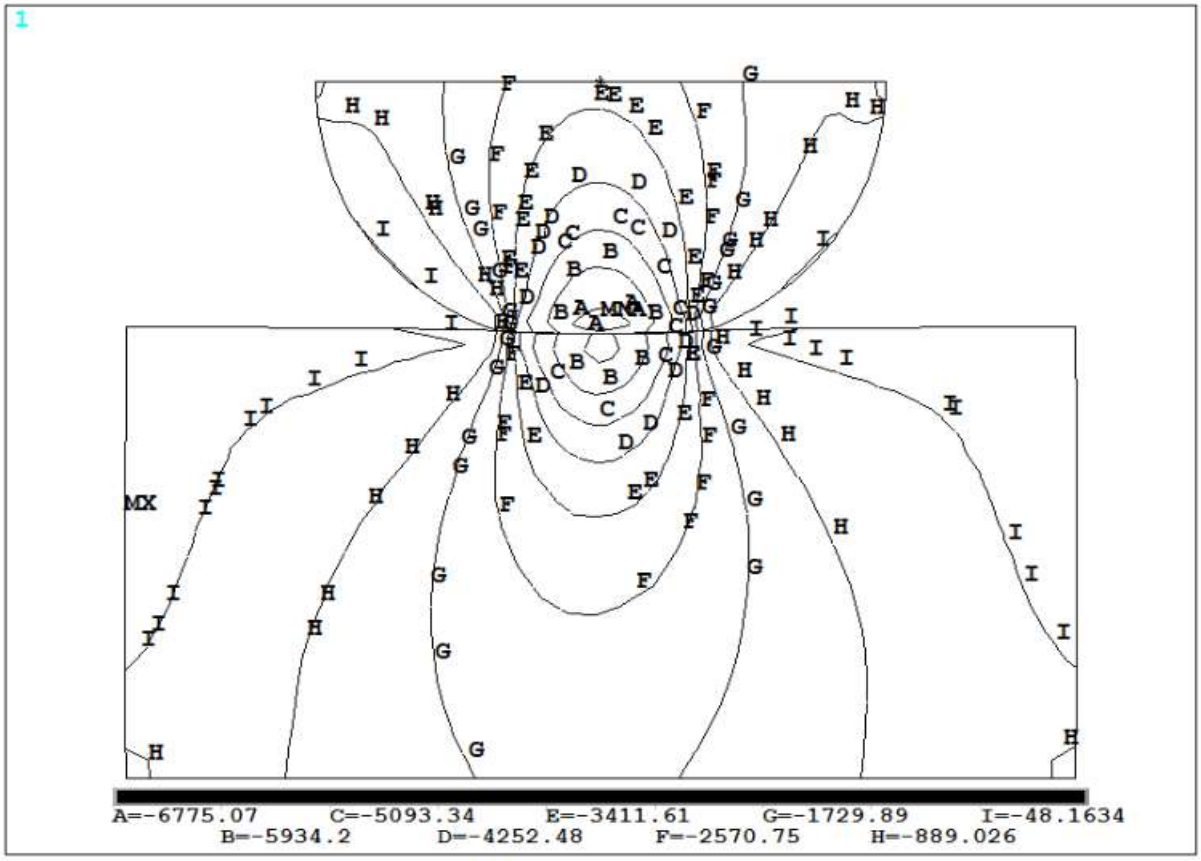
Şekil 8, 9 ve 10'de malzemenin farklı frekanslarda Y yönündeki gerilmeleri gösterilmiştir. Frekans yükselince malzemedeki gerilme azalmaktadır. P=2,000 N/m^2 olarak sabit düşünülmüştür.



Şekil 8. 75000 devir/s frekansında σ_y gerilme dağılımı



Şekil 9. 100000 devir/s frekansında σ_y gerilme dağılım



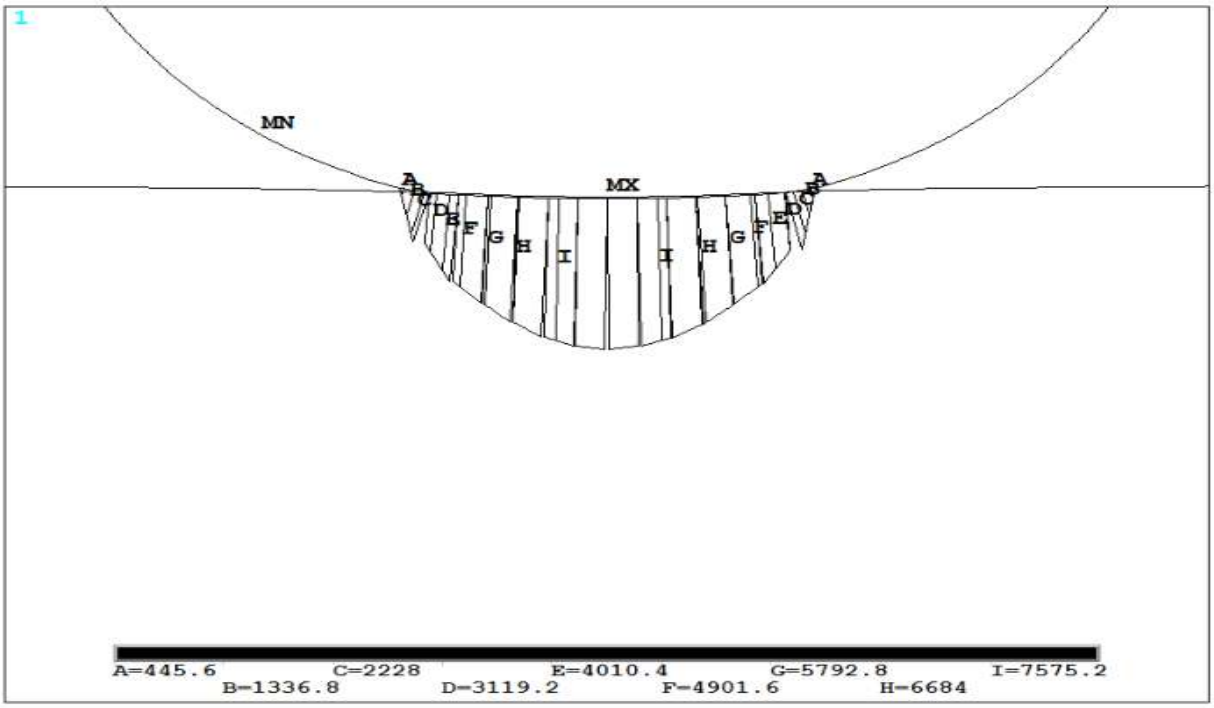
Şekil 10. 125000 devir/s frekansında σ_y gerilme dağılımı

Tablo.

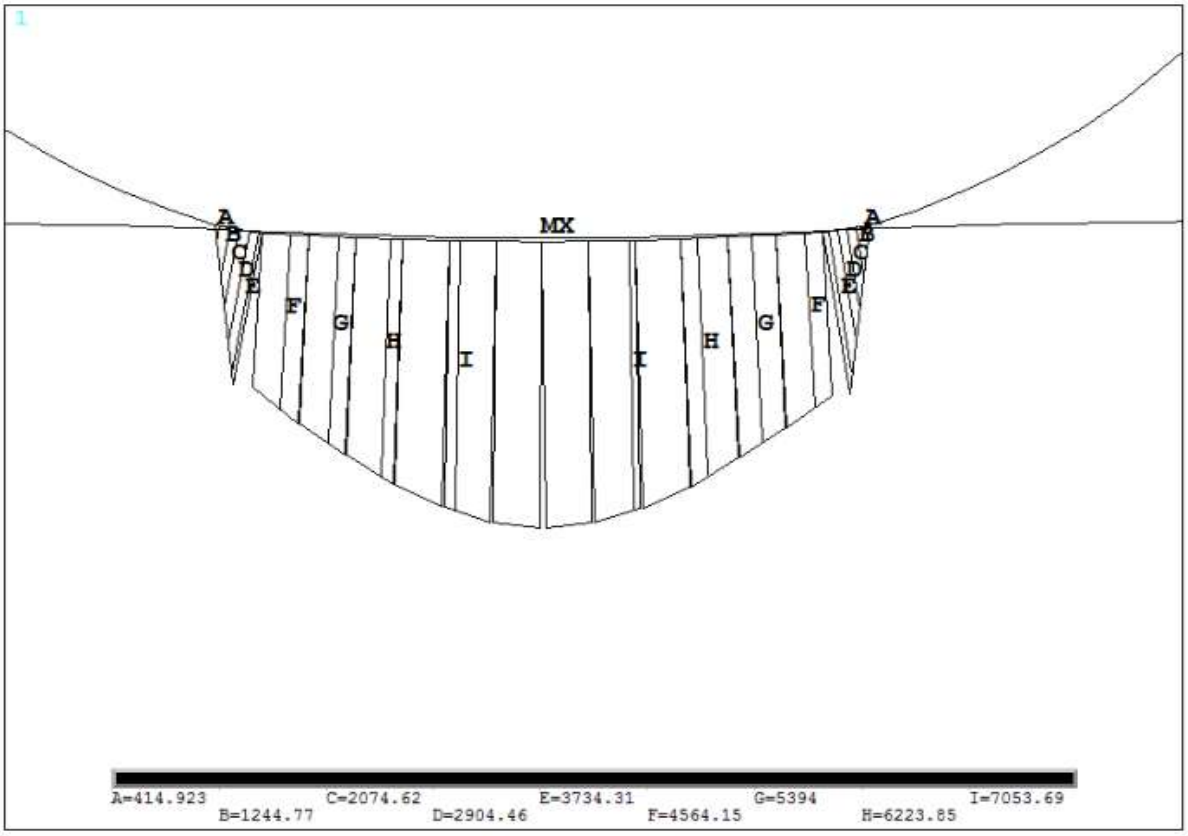
Çevrim/dev/s) /Gerilme(MPa)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
75000	7662.69	6716.9	5771.11	4825.32	3879.53	2933.73	1987.94	1042.15	96.3596
100000	7171.6	6283.85	5396.09	4508.33	3620.58	2732.82	1846.07	957.31	69.5545
125000	6775.07	5934.2	5093.34	4252.48	3411.61	2570.75	1729.89	889.026	48.1634

Şekil 11, 12 ve 13'daki kontak basınçlarına baktığımız zaman ise artan frekansta malzemenin kontak basıncının düştüğü görülmektedir.

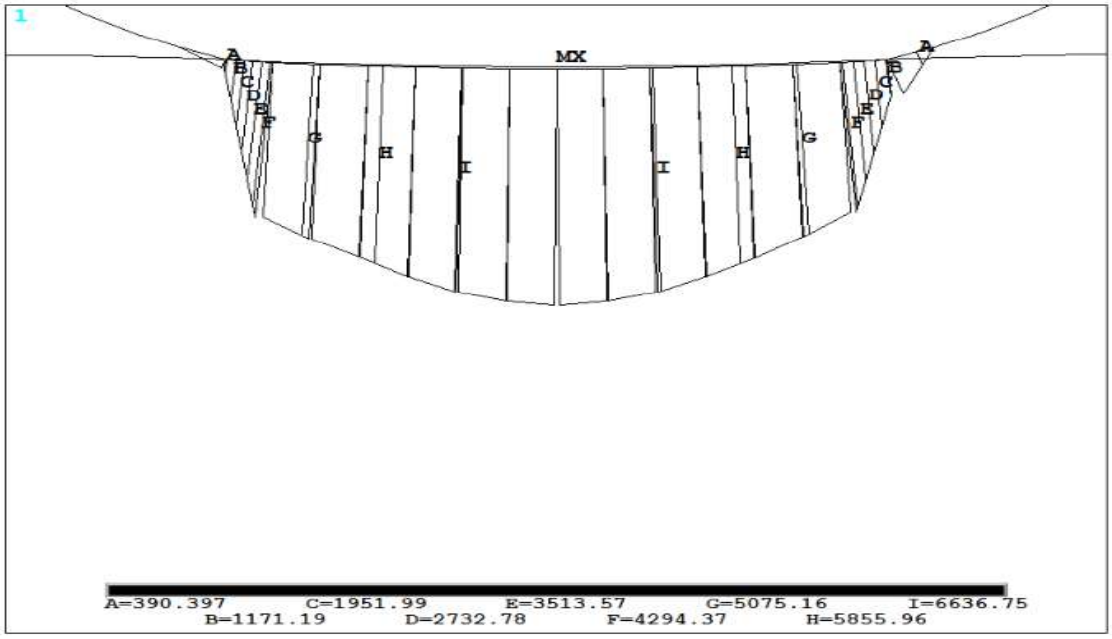
Şekil 14, 15 ve 16'da da malzemenin farklı frekanslar altında gösterdiği aşınma davranışı incelenmiştir. Yatay eksen zaman ve dikey eksen aşınma oranıdır.Ancak artan frekans, artan aşınma oranına neden olmuştur.



Şekil 14. 75000 devir/s frekans için Kontak basınç

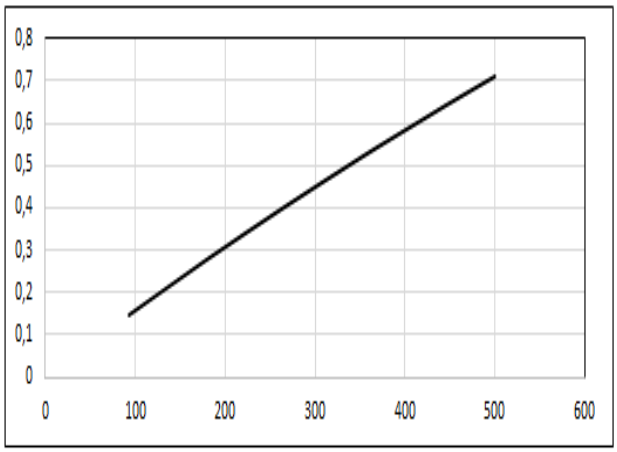


Şekil 15. 100000 devir/s frekans için Kontak basınç

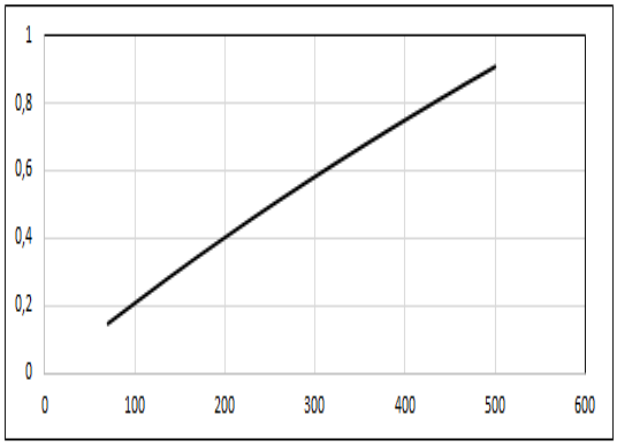


Şekil 16. 125000 devir/s frekans için Kontak basınç

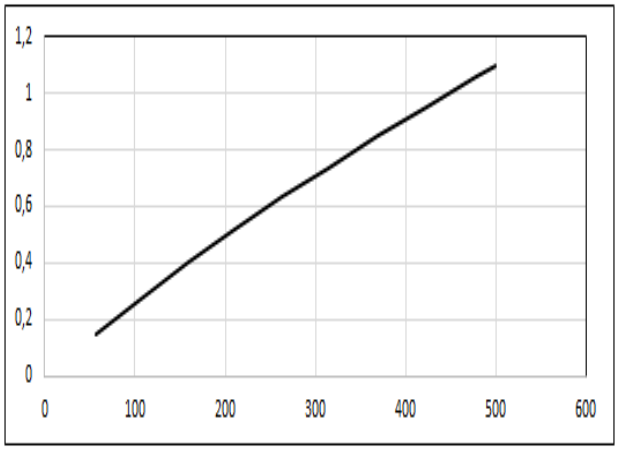
Çevrim(dev/s) /Kon. Bas.(MPa)	A	B	C	D	E	F	G	H	I
75000	445.6	1336.8	2228	3119.2	4010.4	4901.6	5792.8	6684	7575.2
100000	414.923	1244.77	2074.62	2904.46	3734.31	4564.15	5394	6223.85	7053.69
125000	390.397	1171.19	1951.99	2732.78	3513.57	4294.37	5075.16	5855.96	6636.75



Şekil 14. 75000 devir/s frekans için Aşınma Diyagramı



Şekil 15. 100000 devir/s frekans için Aşınma Diyagramı



Şekil 16. 125000 devir/s frekans için Aşınma Diyagramı

Bu çalışmada farklı yükler ve frekanslarda iki diskten oluşan model aşındırılarak sonuçlar incelenmiştir. Tablo 3 ve 4 bu modelde Pitting aşınmasının yanı sıra, yenme ve sürekli sınır aşınmalarından ortaya çıkan sonuçlar incelenmiştir. Çizgisel veya veya noktasal temas durumunda olan fonksiyon yüzeyleri arasında pitting aşınması meydana gelmektedir. Değişken yük etkisi altındaki çok küçük değme noktalarında pul şeklindeki mazleme parçacıkları zamanla ayrılarak çukurcuk meydana getirirler. Pitting oluşması ile ilgili farklı görüşler mevcuttur. Bazı araştırmacılar mikro temas noktalarındaki değişken zorlanmalar neticesinde meydana gelen yorulma sonucunda pitting oluştuğunu savunmaktadırlar. Birbirine göre kayma hareketi yapan yüzeyler arasındaki yüzey basıncı ve kayma hızı belirli bir kritik değeri aştığında yenme ortaya çıkar. Yenme olayı bazen de daha küçük hız ve yüklerde, yüksek ortam sıcaklığında meydana gelir. Aslında yenme olayı çok şiddetli bir bölgesel kaynama ve adezyon olayı olmasından ötürü niceliksel değerlendirilmesi tam olarak yapılmamıştır. Literatüre

bakıldığında Davis, Almen ve özellikle Blok kriterleri olarak adlandırılan ve bir takım sınır değer kombinasyonlarını boyutlandırmada yararlanılmaktadır. Sürekli sınır aşınmasında aralıkarla sınır sürtünmesi haline maruz kalan veya sınır sürtünme bölgesinde çalışan bir bakıma kontrollü olan bu aşınma şekliyle karşılaşmaktayız. Yüzeylerde önemli bir hasar meydana gelmez ve çalışma süresince yüzeyler düzgünleşir.

Tablo 3 ve 4'de görüldüğü gibi hem yük ve hem frekans malzeme aşınmasında büyük bir rol oynamaktadır. Diske uygulanan yük ve frekans artıkça aşınma artış göstermektedir.

Tablo 3. 100,000 devir/s frekansında ve farklı yüklere göre aşınma değerleri (aşınma analizine göre şekil 5-7)

Uygulama	P=2,000 N/m^2	P=4,000 N/m^2	P=6,000 N/m^2
Aşınma	0.908512 mm	1.389296 mm	1.778222 mm

Tablo 4. 2,000 N/m^2 Yük altında ve farklı frekanslara göre aşınma değerleri (aşınma analizine göre şekil 14-16)

Frekans=75,000 Devir/s	**Frekans=100,000 Devir/s**	**Frekans=125,000 Devir/s**
0.710356 mm	0.908512 mm	1.094749 mm

4. Sonuç

*Bu çalışmada farklı yükler ve frekanslarda iki diskten oluşan model aşındırılarak sonuçlar incelenmiştir.

*Malzemeye uygulanan yük arttıkça gerilme oranı ve beraberinde kontak basıncı da artmaktadır.

*Artan frekansla birlikte azalan gerilmeye paralel olarak kontak basıncının da düştüğü görülmektedir.

*Farklı frekanslar altında aşınma davranışı incelenen malzemede, artan frekansın artan aşınma oranına neden olduğu belirlenmiştir.

*Sonuç olarak, diske uygulanan yük ve frekans artıkça aşınmanın artış gösterdiği belirlenmiştir.

*Bu sonuçlardan da görüldüğü üzere yük ve frekans parametreleri malzeme aşınmasında büyük bir rol oynamaktadır.

Kaynaklar

Aquaro, D. ve Fontani E., 2001. Erosion of ductile and brittle materials, Mecanica, 36, 651–661.

Bhushan, B., 2000. Modern Tribology Handbook, Two Volume Set, 1st Edition, Boca Raton, FL: CRC Press

P.C. Mishra,'Tribodynamic modeling of piston compression ring cylinder liner contact athigh pressure zone of engine cycle', International Journal of Advances in ManufacturingTechnology, vol. 66, no. 5-8, pp. 1075-1085, 2013

Elalem, K., 1999. Dynamical simulation of an abrasive wear process, J. Comput-Aided Mater. Des., 6, 185–193.

Finnie, I., 1958. The mechanism of erosion of ductile metals, Proceedings of the Third National Congress on Applied Mechanics, New York, 527–532.

Hashish, M., 1987. Modified model for erosion. Seventh International Conference on Erosion by Liquid and Solid Impact, Cambridge, England, 461–480.

Jahnmir, S., 2000. Wear behavior of dental Ceramics, Proceedings of the 7th Portuguese Conference on Tribology, June, Porto.

John, M., Thompson M.K., 2006. A Proposal for the Calculation of Wear. International ANSYS Users Conference & Exhibition, January 2006.

Johnson, G.R., Cook, W., 1985. Fracture characteristics of three metalssubjected to various strains, strain rates, temperatures and pressures, Eng. Fract. Mech., 21 (1), 31–48.

Kuhn, H., Medlin, D., 200. ASM Handbook Volume 8, Mechanical testin and Evaluation, Friciton and Wear, 21-23.

Lewis, R. ve Olofsson, U., 2004. Mapping rail wear regimes and transitions, Wear, 257 (7-8), 721-729.

Li, W., et al., Cell Wall Buckling Mediated Energy Absorption in Lotus-type Porous Copper. Journal of Materials Science & Technology, 2015. 31 (10): p. 1018-1026

Pu, C., et al., Diffusion-coupled cohesive interface simulations of stress corrosion intergranular cracking in polycrystalline materials. Acta Materialia, 2017. 136: p. 21-31

Shimizu, K., Noguchi, T., Seitoh, H, Okadab, M. ve Matsubara, Y., 2001. FEM analysis of erosive wear, Wear, 250, 779–784.

Stachowiak, G.W. ve Batchelor, A.W., 1993. Engineering Tribology, 1st Edition, Butterworth-Heinemann, Amsterdam; New york: Elsevier.

MODEL BİR FOTOVOLTAİK-TERMAL (FV/T) TOPLAYICININ TASARIMI VE ENERJİ ANALİZİ

DESIGN AND ENERGY ANALYSIS OF A MODEL PHOTOVOLTAIC-THERMAL (PV/T) COLLECTOR

Öğr. Gör. Dr. Özer KESTANE
Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu
Dr. Öğretim Üyesi Ali Murat ATEŞ
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Demirci Eğitim Fakültesi
Doç. Dr. Koray ÜLGEN
Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü

ÖZET

Enerjide dışa bağımlılığın %70'den fazla olduğu günümüzde, toplam enerji tüketiminin yaklaşık %25'i binaların iklimlendirilmesi için harcanmaktadır. Özellikle soğuk iklim bölgelerinde ısıtma enerjisi ihtiyacının yüksek olması, geleneksel enerji kaynaklarına bağımlılığın giderek artmasına yol açmaktadır. Bunu önlemek için yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı enerjide dışa bağımlılığın azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, çoklu enerji üretim kapasitesine sahip entegre sistemlerin geliştirilmesi ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Fotovoltaik panelleri ve termal toplayıcıları birleştiren FV/T sistemlerini kullanarak, binaların hem termal ihtiyaçlarını hem de elektrik enerjisi taleplerini güneş enerjisi ile karşılamak mümkündür. Bu yüzden çift etkili güneş enerjili sistemlerin kullanılması, aynı birim alanda hem elektrik enerjisini hem de ısı enerjisini sağlamanın yanında, sistemin otonom çalışmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca binaların güney cephelerine monte edilebilen ve bina kabuğu olarak da kullanılabilen FV/T sistemler modüler yapılarıyla uygulama kolaylığı sağlama yönünden de avantaj sağlamaktadırlar.

Bu çalışma kapsamında, binaya bütünleştirilen bir FV/T havalı toplayıcı tasarlanmış ve İzmir ili iklim koşulları altında performansını değerlendirmek için bir deneysel düzenek oluşturulmuştur. Deney düzeneği ölçüm sistemi, sıcaklık, nem ve ışınım verilerini istenilen sıklıkta ölçebilen ve bilgisayara aktarabilen bir veri depolama ünitesi ile verileri elde eden sensörlerden oluşmaktadır. FV/T sistemin performansının belirlenebilmesi için her iki tür dönüştürücünün verimleri ayrı ayrı saptanmıştır. Sistemin enerji analizi açısından performansını belirleyecek hesaplama kriterleri ve modelleri tespit edilmiştir. Modeller, kararsız koşullar altında, zamana bağlı olarak geliştirilmiştir. Çalışmada geliştirilen FV/T havalı toplayıcının performansını belirlemek amacıyla oluşturulan enerji analizi meteorolojik koşullara bağlı olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik, Havalı toplayıcı, FV/T sistem, Enerji analizi.

ABSTRACT

Today, the dependence on foreign energy is more than 70% and about 25% of total energy consumption is spent on air-conditioning of buildings. High heating energy requirements, especially in cold climates, leads to the increasing dependence on traditional energy sources. In order to prevent this, the use of new and renewable energy sources is of great importance in terms of reducing dependence on foreign energy. Moreover, the development of integrated systems with multiple energy generation capacity contributes to the national economy. It is possible to meet both the thermal needs and electrical energy demands of buildings with solar energy, by utilizing PV/T systems, which combined photovoltaic panels and thermal collectors. Therefore, the use of double-acting solar systems will produce both electric, and heat energy in the same unit area, and enable autonomous operation of the system. In

addition, FV / T systems, which can be mounted on the southern facades of buildings and can be used as building shells provide advantages in terms of ease of application with their modular structure.

In this study, a PV/T air collector integrated into the building was designed and an experimental mechanism was developed to evaluate the performance of the system under İzmir climatic conditions. The test system consists of a data storage unit capable of measuring temperature, humidity and radiation data at the desired frequency and transferring it to a computer, and sensors that obtaining the data. In order to determine the performance of the PV/T system, the efficiency of both types of the converter was determined separately. The calculation criteria and models that determine the performance of the system in terms of energy analysis were determined. Models have been developed time-dependent under unsteady state conditions. The energy analysis, in order to determine the performance of the PV/T air collector developed in the study was evaluated based on the meteorological conditions.

Keywords: Photovoltaic, Air collector, PV/T system, Energy analysis.

1. GİRİŞ

Türkiye sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeline göre dünyada birçok ülkeden daha avantajlı konumdadır. Enerji işleri genel müdürlüğünün yayınladığı Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA)'na göre ülkemizin yıllık toplam güneşlenme süresi 2737 saat (günlük toplamı 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi ise 1527 kWh/m²yıl (günlük toplam olarak 4,2 kWh/m²) değerindedir [1]. Türkiye'de, güneş kaynaklı su ısıtıcıları yılın yaklaşık %70'i bir sürede tam randımanlı olarak çalışabilmektedir. Bu sebeple, özellikle Akdeniz ve Ege Bölgesi kıyıları başta olmak üzere, hemen hemen tüm bölgelerde güneş enerjisi toplayıcısı sıcak su elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bazı endüstriyel uygulamalarda, hacim ısıtma uygulamaları ile elektrik üretiminde fotovoltaik pillerin kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır [2].

Ticari güneş pilleri %20'den daha düşük bir verimle güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Verimleri, sıcaklık artışı ile ters orantılı olarak azalmaktadır. Bu sebeple güneş pillerindeki sıcaklık artışını önleyebilmek için değişik formda ve yapılarda PV/T sistemler geliştirilmiştir [3-7]. Binaların güneş alan cephelerine entegre edilebilen veya bina kabuğu olarak da kullanılabilen PV/T havalı toplayıcı sistemler güneş enerjisinden aynı anda hem elektrik enerjisi üretmek hem de binaların ihtiyaç duydukları ısı enerjisini veya sıcak suyu karşılamaktadır. Güneş pilleri, güneşten elde ettiği enerjiyi dönüştürürken enerjinin önemli bir miktarı ısı enerjisine dönüşmekte ve bu durum hücre sıcaklığını arttırarak elektriksel verimi düşürmektedir. Bu fotovoltaik dönüşüm sırasında, taşıyıcı bir akışkan kullanılarak, ısının, yutucu yüzey ve hücrelerden uzaklaştırılması ile soğuyan güneş pillerinin çıkış gücü ve sistem verimi artırılabilecektir.

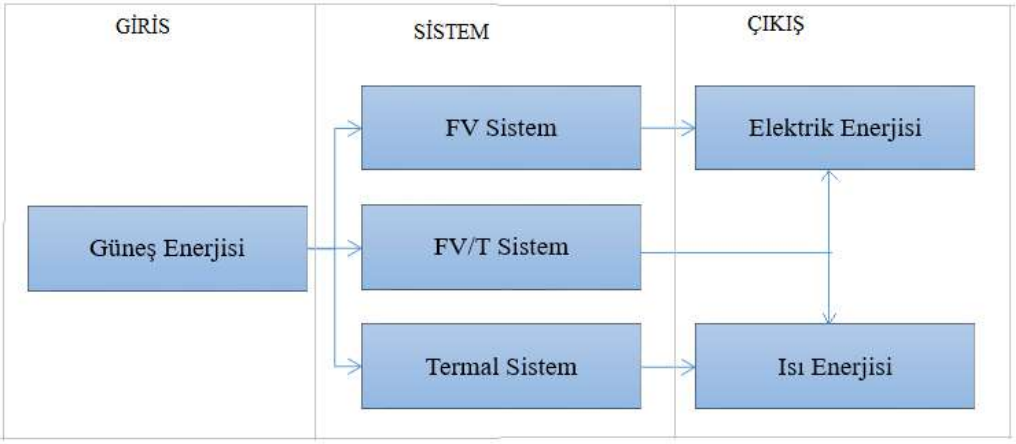
Genellikle güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerindeki akışkan olarak su kullanılmaktadır. İhtiyaç duyulan sıcak suyun karşılanması, elektrik üretilmesi ve yapının ısıtılması için güneş enerjisinden yararlanılması ile çevre kirliliği önemli ölçüde azaltılabilir, enerji açısından yaklaşık %72'ler mertebesindeki dışa bağımlılık daha aşağı mertebelere çekilebilir [8-12]. İlk yatırım maliyetinin yüksek olmasına rağmen, ülke ekonomisine ve çevreye katkıları uzun vadede olumlu olacak olan bu iki dönüştürücünün, birleşik kullanılması maliyeti düşürmektedir. Aynı zamanda bu sistemler, binaların çatılarına daha kolay ve az yer kaplayacak şekilde yerleştirilebilir. Özellikle güneşin bulunduğu saatlerde aktif olarak kullanılan okullar ve bazı işyerlerinde, depolama elemanı boyutu küçüldüğü için sistem ilk kurulum maliyetleri düşmektedir.

Çift etki gösteren bu sistemlerden elektrik üretiminin yanı sıra sıcak su üretimi veya sıcak hava üretimi sağlayarak isteğe bağlı olarak kullanım sıcak suyu ve doğrudan mekân ısıtması için kullanımı mümkün olmaktadır. Mekân ısıtması amaçlı kullanımında doğrudan ortamdaki havanın akışkan olarak kullanımı, sistemin toplam verimliliğini oldukça artırmaktadır. Binaların güney, güneybatı ve batı cephelerine yerleştirilecek cephe entegrasyonlu bu sistemlerin geliştirilmesi enerji taleplerini oldukça düşürecektir [13-15].

Bu çalışmada bina kabuğuna entegre edilebilen model bir PV/T havalı toplayıcı sisteminin geliştirilmiştir. Geliştirilen model sistemin performansı, deneysel düzenek ile ölçülmüştür. İzmir iklim koşulları altında gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen verilere göre sistemin hem ayrı ayrı, hem de genel performansları ortaya konulmuştur.

2. YÖNTEM

Elektrik üretiminde kullanılan FV modül ve ısı üretiminde kullanılan termal sistemin bütünleşik olarak kullanılması sonucu ortaya çıkan FV/T sistemin kıyaslaması Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. FV sistem, termal sistem ve FV/T sistemin kıyaslaması

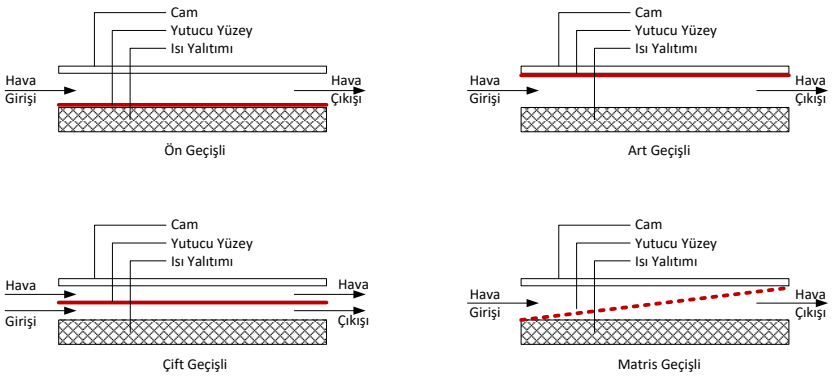
Geliştirilen bu sistemlerde amaç, aynı alan içerisinde hem faydalı ısı hem de elektrik üretiminin birlikte yapılmasını sağlayarak kombine (hibrit) bir çözüm oluşturmaktır.

Bilindiği gibi günümüzde güneş enerjisi 2 ayrı şekilde kullanılmaktadır: Yeryüzüne gelen güneş ışınımının ısıya çevrildiği termal güneş sistemleri ve güneş enerjisinin elektrik enerjisine çevrildiği fotovoltaik (FV) sistemlerdir. Termal güneş sistemleri su ısıtma, mekân ısıtma ve mekanik güç üretimi gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Fotovoltaik sistemler ise, güneş ışınımını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürerek binaların ve ticari işletmelerin elektrik enerjisi ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılmaktadır.

Yaşam alanı olarak kullandığımız binaların en temel ihtiyaçları içerisinde elektrik enerjisi ve ısıl talepler gelmektedir. Özellikle soğuk iklim bölgelerinde ısıtma enerjisi ihtiyacının yüksek olması ile birlikte elektrik enerjisi tüketiminin aynı sistem üzerinden karşılanması büyük önem kazanmaktadır. Bu amaçla geliştirilen FV/T sistemler çatı tipi ve binaya entegre edilen tip olmak üzere iki farklı uygulama şekline sahiptir. Binaya entegre olan FV/T sistemler daha çok mekân ısıtması için kullanılmakta olup, binanın güney, güneybatıya ve batıya bakan cephelerine entegre edilerek gün boyunca efektif bir çözüm oluşturmaktadır. Bu sistemde akışkan olarak mekânda bulunan hava kullanılmakta olup, FV/T sistem içerisinden geçirilip direkt ortama geri verilerek ihtiyaç karşılanır.

Aslında havalı toplayıcı davranış gösteren bu sistem, sıcak hava üretiminin yanında elektrik üretmesiyle sanki kojenerasyon sistemi gibi çalışmaktadır.

Güneş enerjili havalı toplayıcılar genelde havanın akış yönüne ve akışın yutucu yüzeyin neresinde aktığına göre, ön geçişli, arka geçişli, çift geçişli ve matris geçişli olmak üzere dört farklı şekilde tanımlanır (Şekil 2).

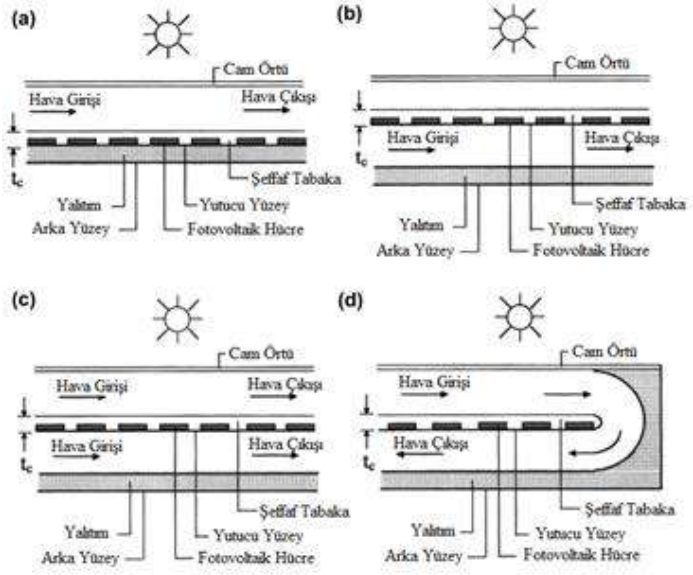


Şekil 2. Havalı toplayıcılarda akış şekilleri

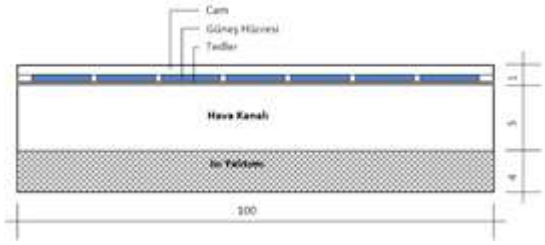
Akış kanalının konumu, akışkanın hızı ve akış kanalındaki basınç kaybı sistemin verimliliğini etkileyen unsurların başında gelmektedir. Buna göre sistemi tasarlarken minimum basınç kaybı yaratacak ve optimum akış hızını sağlayacak şekilde toplayıcının tasarlanması büyük önem taşımaktadır.

Fotovoltaik modüllerin verim değişimi etkileyen en önemli unsur ise, modül arka yüzey sıcaklığı ve bu yüzey oluşan hava hareketidir. Fotovoltaik modül yüzeyine ulaşan güneş ışınımının bir kısmı elektrik enerjisine dönüşmekte, diğer kısım ise ortama ısı olarak yayılmaktadır. Fotovoltaik modülün arka yüzey sıcaklığını düşüren bir çözüm yaratıldığı takdirde fotovoltaik modül toplam performansında artış gözlemlenmektedir. Bu amaçla oluşturulan ve literatürde verilen, FV/T havalı toplayıcıların kesitleri ve akış geçişleri Şekil 3'de verildiği gibidir [16].

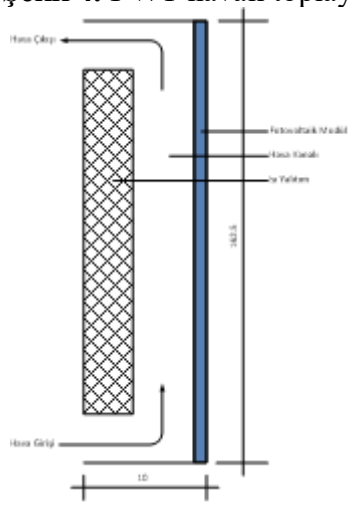
Çalışmada kullanılan FV/T havalı toplayıcının özellikleri aşağıda belirtildiği gibidir. FV/T havalı toplayıcıda hava kanalı art geçişli olarak tasarlanmış olup, hava kanalı genişliği 5 cm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, hava kanalının arka yüzeyinde üzeri alüminyum folyo kaplı ısı yalıtım malzemesi kullanılarak hem ısı kayıplarının azaltılması, hemde yüzeyde düzgün (laminar) akışın olması hedeflenmiştir. Geliştirilen FV/T havalı toplayıcının yatay kesiti Şekil 4'de ve düşey kesiti Şekil 5'de verildiği gibidir. Şekillerde verilen boyutsal değerler cm cinsinden gösterilmektedir.



Şekil 3. FV/T havalı toplayıcı tiplerinin şematik görünümü



Şekil 4. FV/T havalı toplayıcının yatay kesiti



Şekil 5. FV/T havalı toplayıcının düşey kesiti

Yukarıda verilen kesit detaylarından da anlaşılacağı üzere FV/T havalı toplayıcının boyutları seçilen fotovoltaik modüle göre belirlenmiştir. FV/T havalı toplayıcıda kullanılan fotovoltaik modülün karakteristik özellikleri Çizelge 1'de verildiği gibidir. Fotovoltaik modül monokristal yapıda 60 adet göze içermektedir. Fotovoltaik modülün pik gücü 285 Watt olup, standart test koşulları altında verimliliği %18,2'dir.

Çizelge 1. Fotovoltaik modülün karakteristik özellikleri

Nominal Güç	P_n	285 W_p	**Göze tipi - Sayısı**	Mono – 60 adet
Flash Güç	P_{flash}	287 W_p	**Yangın Sınıfı**	C sınıfı
Nominal Voltaj	V_{MPP}	32,7 V	**Tasarım Yükü**	2400 N/m^2 - 5400 N/m^2
Nominal Akım	I_{MPP}	8,92 A	**Mak. Sistem Voltajı**	1000 V
Açık Devre Gerilimi	V_{oc}	40,2 V	**Uygulama Sınıfı**	A sınıfı
Kısa Devre Akımı	I_{sc}	9,35 A	**Ebatlar**	40/986/1624 mm

Geliştirilen FV/T havalı toplayıcının İzmir ili iklim koşulları altındaki performansını deneysel olarak belirlemek amacıyla bir kayıt sistemi gerekmektedir.

FV/T havalı toplayıcının ve FV modülün güç analizinin yapılabilmesi için öncelikle FV modülün gerilim ve akım değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Gerilim ve akım değerlerinin ölçümleri yapılan sistemin güç analizi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır [17].

$$P_{mpp} = I_{mpp} V_{mpp} \tag{1}$$

Elektriksel verim hesabının yapılabilmesi için; güneş ışınımı ölçer yardımıyla ölçülen ve modül yüzeyine düşen güneş ışınım değeri, modülün yüzey alanı, gerilim ve akım değerlerinin bilinmesi gerekir. Isıl verim hesabının yapılabilmesi amacıyla modülü soğutmak için sistemde dolaşan havanın hızı, kanala giriş – çıkış sıcaklıklarının bilinmesi gereklidir. Bilinen değerler ile FV/T sistemin verimi değişimi Şekil 6 ile verilen algoritma yardımıyla Eşitlik 3 ve 4 kullanılarak hesaplanmıştır.

Şekil 6. FV/T sistemin verim hesap algoritması

$$\eta_{ref} = \frac{P_{mpp}}{A_{FV} H_T} = \frac{V_{mpp} I_{mpp}}{A_{FV} H_T} \tag{2}$$

$$\eta_{FV} = \eta_{ref} \left(1 - 0{,}002\left(T_{FV} - T_{ref}\right)\right) \tag{3}$$

$$\eta_{th} = \frac{Q_u}{A_{FV} H_T} = \frac{\dot{m} C_p \left(T_{üstmenfez} - T_{altmenfez}\right)}{A_{FV} H_T} \tag{4}$$

Şekil 7'de ise, veri depolama ünitesinin (data-logger) ve sensörlerin hem iç hem de dış ortam bağlantı noktaları ve PV/T sistemin gerçek görüntüleri verilmektedir.

Şekil 7. İç ve dış ortam sıcaklık, nemölçer ile güneş ışınımı ölçerin yerleşimi

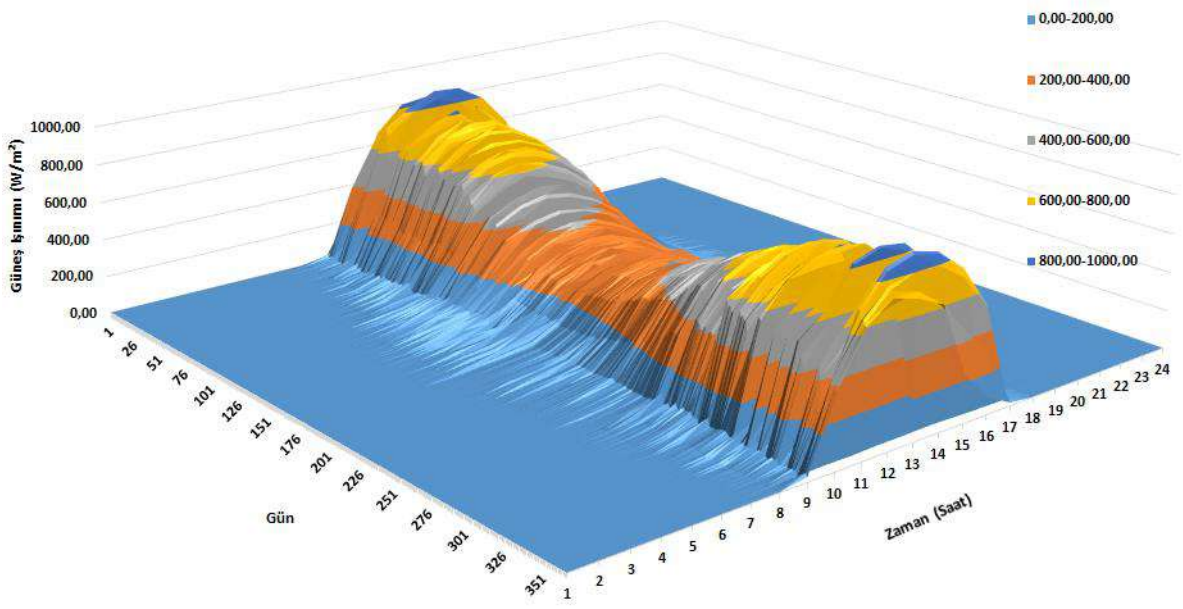
3. ANALİZ ve BULGULAR

Tasarlanan FV/T havalı toplayıcının İzmir ili iklim koşulları altındaki performansını belirlemek amacıyla oluşturulan hesaplama algoritması ve deneysel düzenekten elde veriler doğrultusunda değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. FV/T havalı toplayıcı sistem üzerindeki deneysel çalışmalar bir yıl boyunca sürdürülmüştür. Deneysel çalışmalar için oluşturduğumuz ölçüm sistemi ile kaydettiğimiz bir yıllık veriler ile elde edilen meteoroloji parametrelerin değişimi çizelge 2'de görülmektedir.

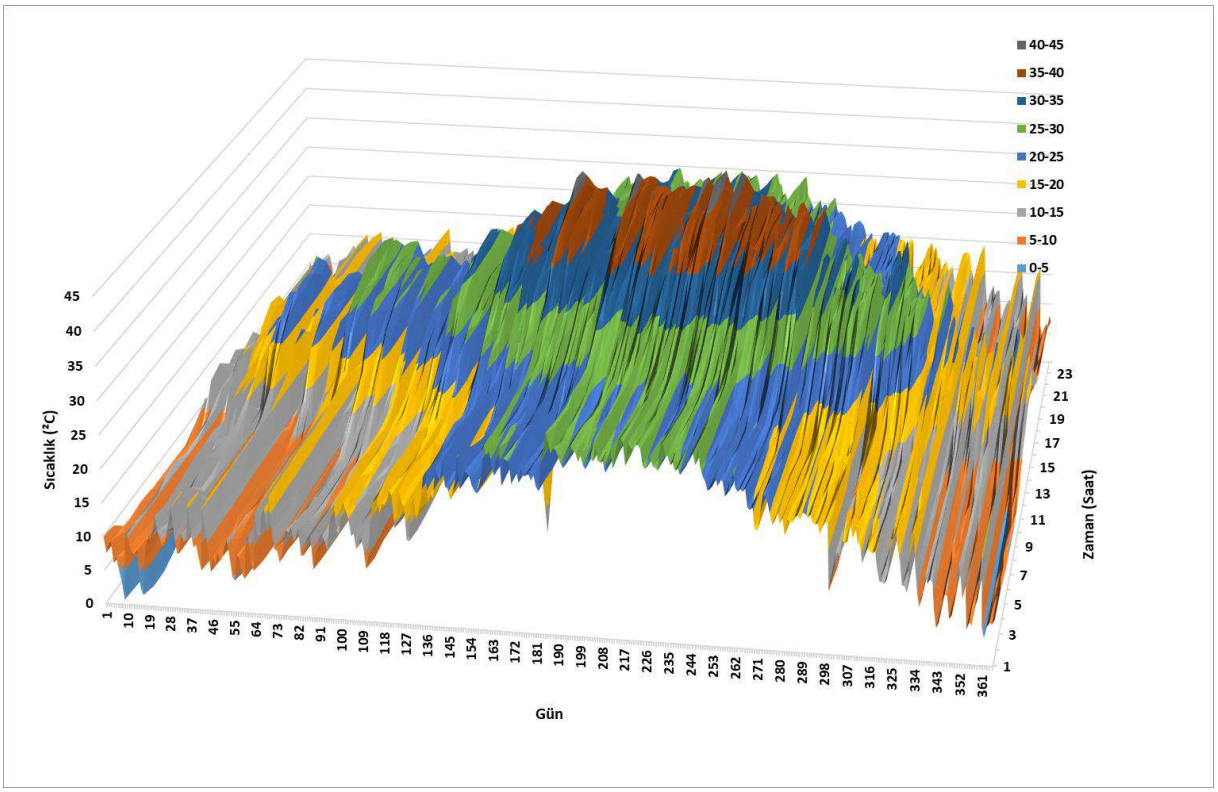
Çizelge 2. İzmir için aylık ortalama meteorolojik parametrelerin değişimi

Aylar	Güneş Işınımı (W/m²)	Dış Sıcaklık (°C)			Dış nem (%)		
		max	min	ort.	max	min	ort.
1	64,56	21,67	0,01	9,85	98,20	24,28	73,85
2	131,57	27,15	3,74	11,60	95,70	29,96	69,71
3	148,75	30,14	3,61	14,93	93,60	26,40	61,59
4	106,27	32,65	6,51	17,73	92,10	25,75	61,01
5	88,53	39,52	11,69	23,37	90,60	18,89	59,28
6	81,36	42,55	17,59	27,17	97,90	24,04	61,55
7	96,87	42,43	19,31	30,12	89,20	26,35	54,69
8	120,33	43,35	18,51	30,34	90,00	26,50	56,60
9	137,24	40,07	16,72	26,56	96,00	26,94	57,51
10	151,60	34,67	7,19	21,34	94,80	26,24	65,47
11	115,95	34,44	7,60	16,78	95,00	26,05	68,66
12	105,50	23,89	3,01	10,47	96,20	34,35	72,32

Deneysel çalışmalarda dış etkenlerden güneş ışınımının tüm yıl boyunca değişimi Şekil 8'de, dış sıcaklığın değişimi ise Şekil 9'da verildiği gibidir.

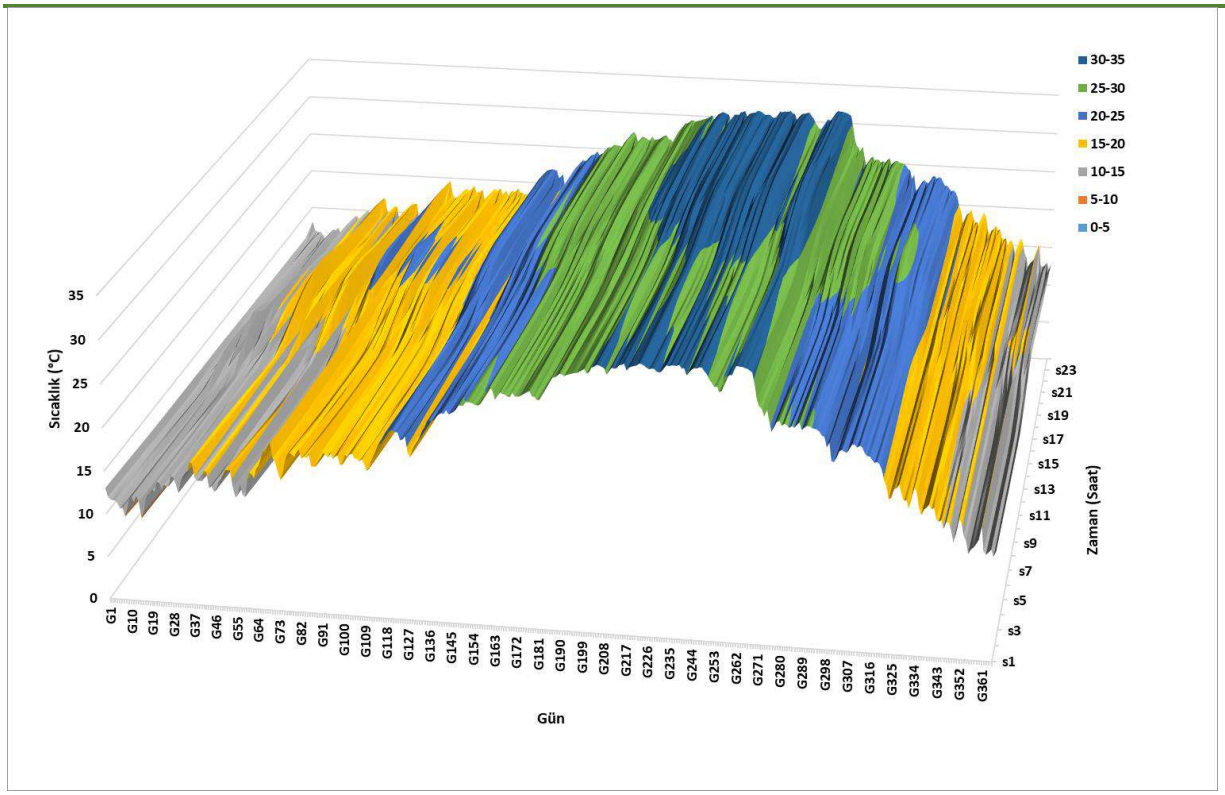


Şekil 8. Günlük, düşey düzlemde saatlik ortalama güneş ışınımı değişimi



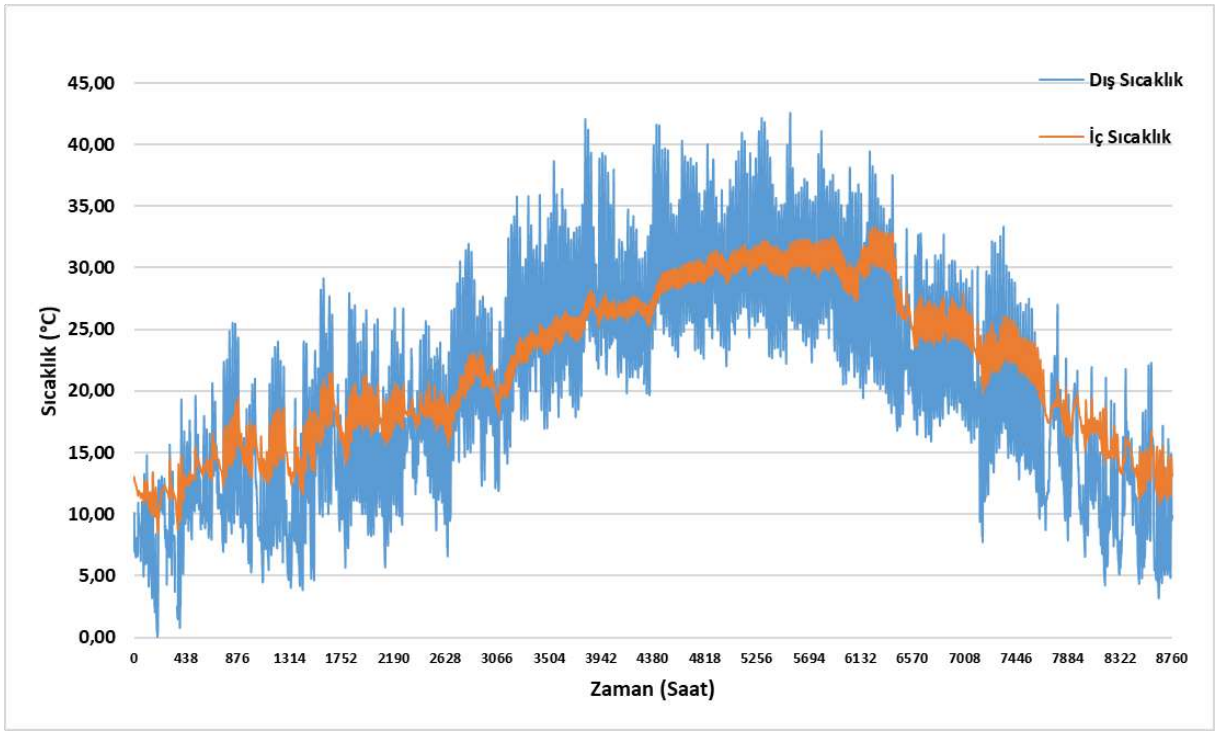
Şekil 9. Günlük, saatlik ortalama dış ortam sıcaklık değişimi

Deneysel çalışmalardan elde edilen iç ortam sıcaklığının yıllık değişimi ise, Şekil 10'da verildiği gibidir.

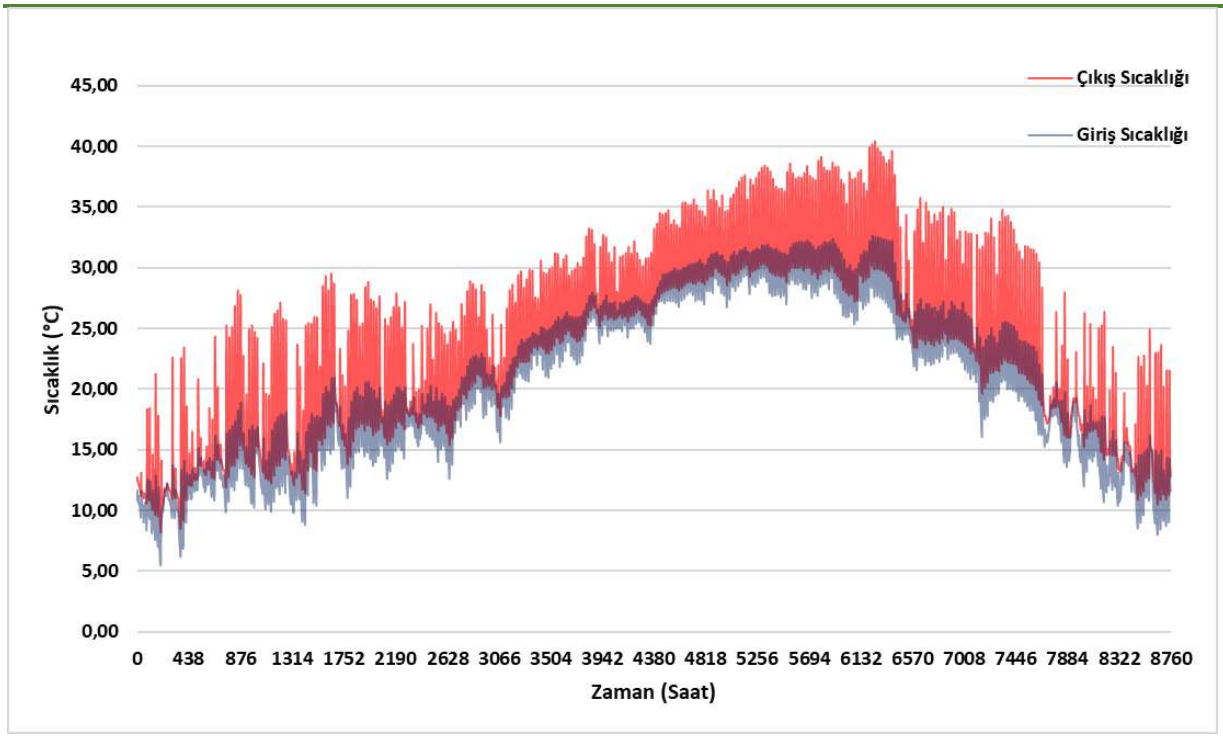


Şekil 10. Günlük, saatlik ortalama iç ortam sıcaklık değişimi

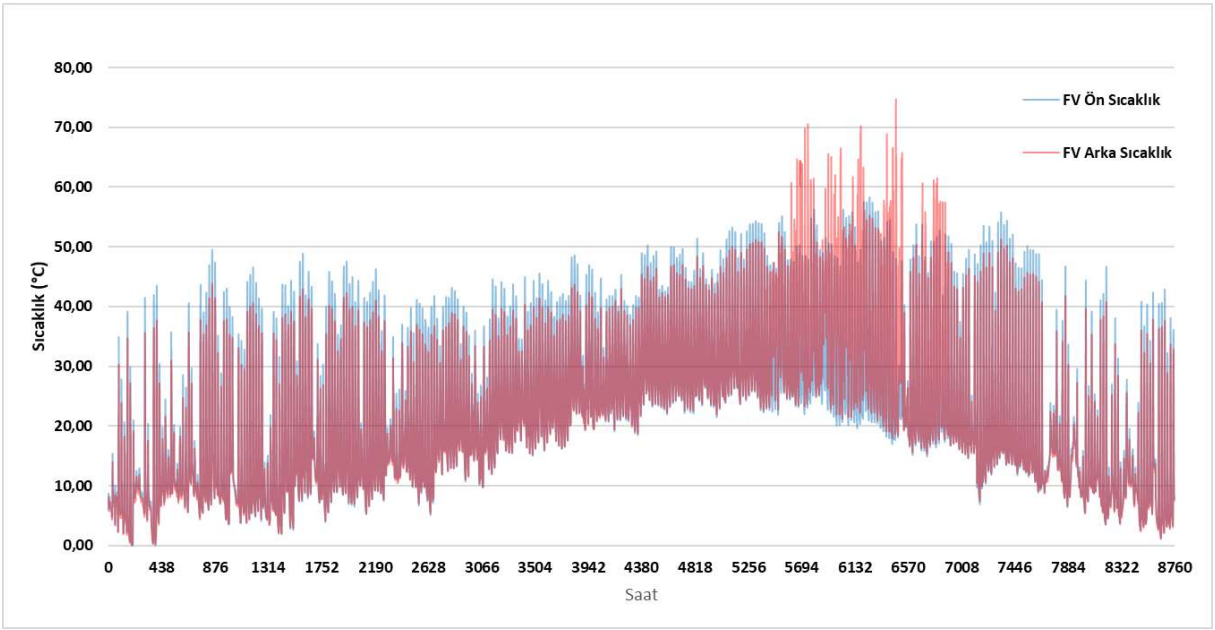
Şekil 11'de saatlik dış ortam ve iç ortam sıcaklık yıllık değişimi, Şekil 12'de hava kanalı girişi ve çıkışındaki saatlik ortalama sıcaklığın yıllık değişimi, Şekil 13'de FV ön ve arka yüzey saatlik ortalama sıcaklığın yıllık değişimi görülmektedir.



Şekil 11. Saatlik ortalama iç ve dış ortam sıcaklık değişimi

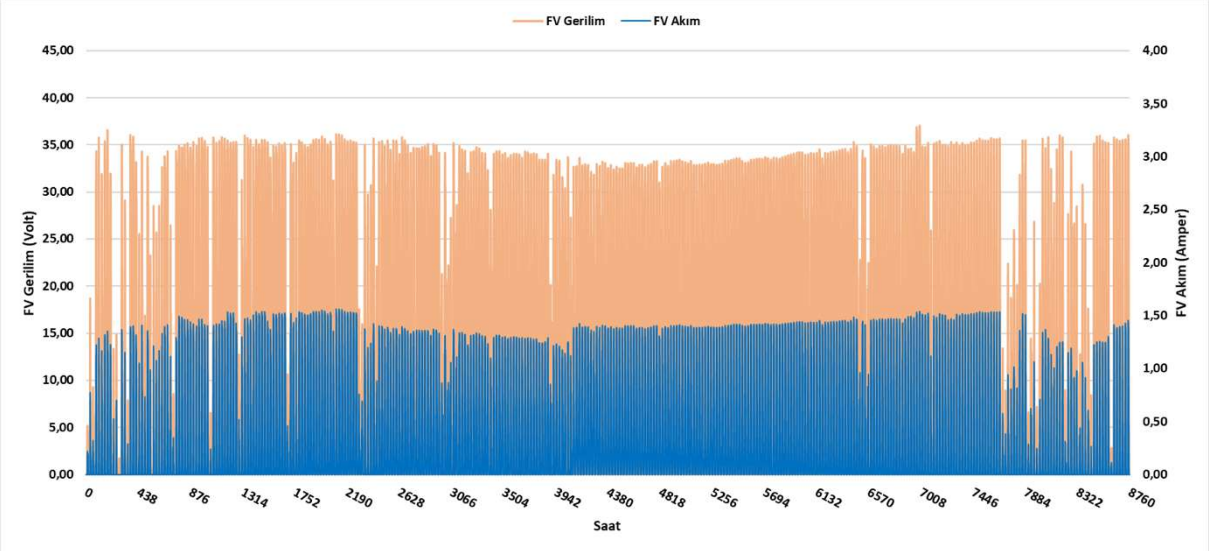


Şekil 12. Saatlik ortalama hava kanalı giriş ve çıkış sıcaklık değişimi



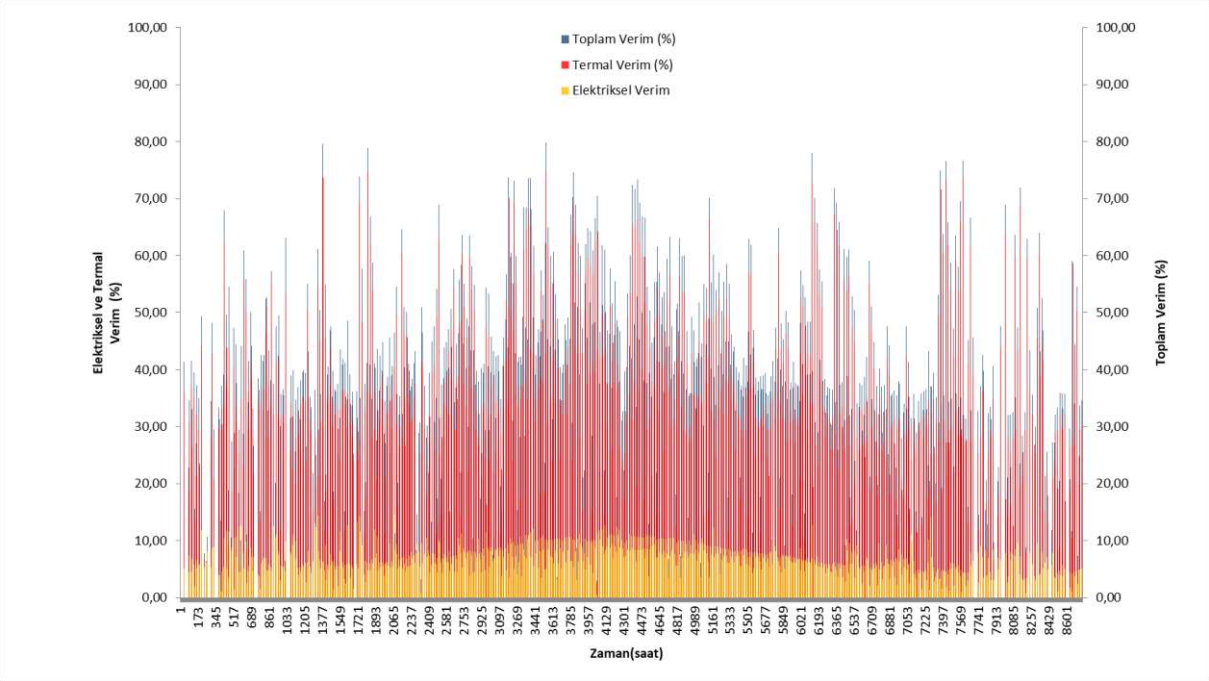
Şekil 13. Saatlik ortalama FV ön ve arka yüzey sıcaklık değişimi

FV modül çıkışına bağlanan yük (rezistans) uçlarında ölçülen gerilim ve yükten geçen akım değerlerinin yıllık değişimi Şekil 14'te görülmektedir. Şekilden maksimum gerilimin yıl içerisinde yaklaşık 35V ve maksimum akımın ise, 1.5A olduğu açıkça görülmektedir.

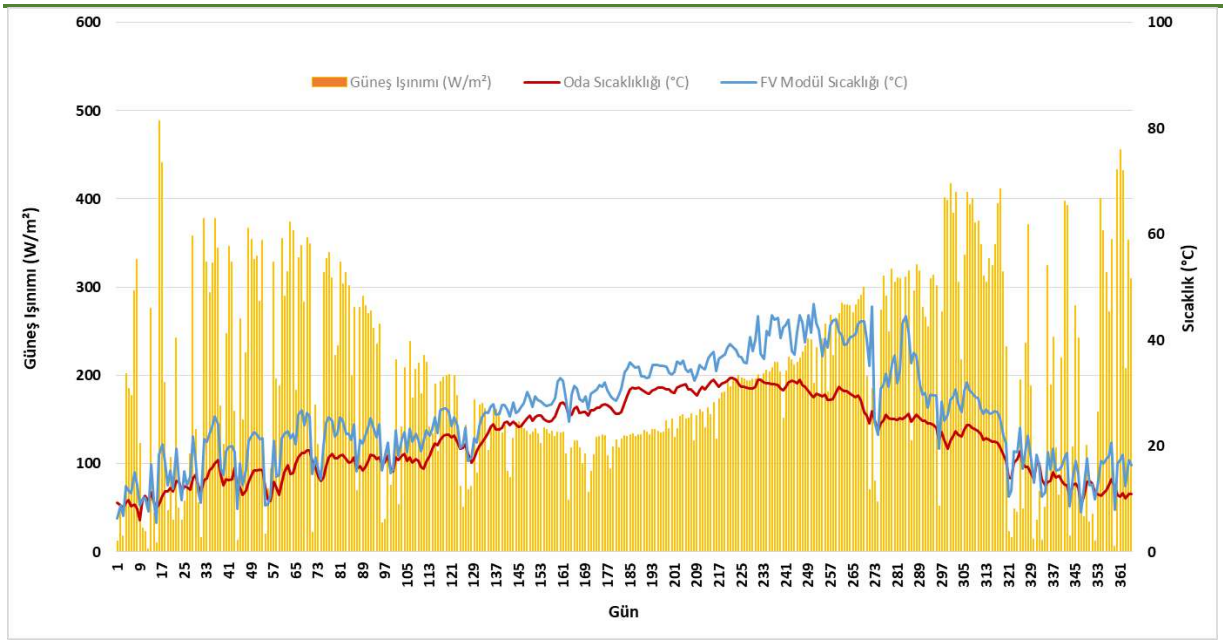


Şekil 14. Saatlik ortalama FV akım ve gerilim değişimi

Şekil 15'te bir yıllık dönemde saatlik ortalama elektriksel ve termal verim değişimi, Şekil 16'da ise aynı dönem içerisinde saatlik ortalama güneş ışınımı, oda sıcaklığı ve FV modül sıcaklığı değişimi görülmektedir.



Şekil 15. Saatlik ortalama elektriksel ve termal verim değişimi



Şekil 16. Saatlik ortalama güneş ışınımı, oda sıcaklığı ve FV modül sıcaklığı

4. SONUÇLAR

Bir yıllık 5 dakikalık zaman aralıkları ile gerçekleştirilen ölçümler neticesinde yıl içerisindeki en düşük dış ortam sıcaklığı, 0,03°C ve en yüksek sıcaklık ise 42,54°C olmuştur. PV/T sistemin etkisiyle iç ortamdaki sıcaklık değişimi incelendiği zaman, güneş ışınımının etkisiyle dış ortam sıcaklık değişimine göre daha kararlı davrandığı gözlemlenmiş olup sıcaklık değişim aralığı 08,49°C ile 33,21°C arasında kalmıştır. Bu durum mekân için çok fazla bir ek enerjiye ihtiyaç duymadan ısıl gereksinimin karşılanması için olumlu bir sonuç yarattığını göstermektedir.

Hava kanalının giriş sıcaklığı yıl içerisinde en düşük 5,48°C ölçülmüş, en yüksek ise 32,67°C olarak tespit edilmiştir. Hava kanalının çıkış sıcaklığı ise 8,18°C ile 40,44°C arasında olduğu gözlenmiştir.

FV modüle bağlanan rezistans (yük) uçlarında edilen gerilim en yüksek 37,04V, yükten geçen akım ise en yüksek 1,56A değerine ulaşmıştır. Ulaşılan maksimum güç 57,78W'tır. Bir yılda bu modülden 86.338,11W güç elde edilmiştir.

PV panelde güneş hasadında oluşan ısı, PV panelin verimini önemli ölçüde etkilemektedir. FV/T toplayıcı sisteminde ise PV panelde oluşan ısı, PV panelin arkasında oluşturulan hava boşluğuna aktarmaktadır. Böylece PV modülün soğuması sağlanmakta ve PV modülün elektriksel verimi de artmaktadır.

Oluşturulan sistemlerde elde edilen ısı üretimi, elektrik performansından çok daha yüksektir. Mevcut teknolojilerle, FV/T bileşimi, 2 ayrı sistemden daha düşük verimliliğe sahiptir ve ilk gelişme aşamasından ötürü, FV/T kombinasyonu daha pahalıdır. Buna rağmen, estetik, gelecekteki maliyet azalımları (üretim ve kurulum) ve piyasa/ tüketici ihtiyaçları açısından avantajlı olacağı düşünülmektedir. Bu nedenle fotovoltaik sistemlere bütünleşmiş termal sistemlerin verimliliği yüksektir denilebilir ve toplam sistem verimini artırmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 2017.KB.FEN.009

KAYNAKÇA

[1] http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx
[2] https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/09677e0899d72e8_ek%281%29.pdf
[3] Ali H.A. A., K. Sopiana, Hussein A. K., Miqdam T. C., 2017. Photovoltaic/Thermal (PV/T) systems: Status and future prospects, Renewable and Sustainable Energy Reviews.
[4] M. Hasanuzzaman,A.B.M.A. Malek, M.M. Islam, A.K. Pandey, N.A. Rahim, 2016. Global advancement of cooling technologies for PV systems: A review, Solar Energy.
[5] S.C. Solanki, Swapnil D., Arvind T., 2009. Indoor simulation and testing of photovoltaic thermal (PV/T) air collectors, Applied Energy.
[6] Sohail R. R., Mohammad A. E., Cheng-Xian L., 2015. A review of PV–T systems: Thermal management and efficiency with single phase cooling, International Journal of Heat and Mass Transfer.
[7] Challa B., P. Ponnambalam, 2017. The role of thermoelectric generators in the hybrid PV/T systems: A review, Energy Conversion and Management.
[8] Adham M., Siddig O., Hisham S., 2014. Advancements in hybrid photovoltaic systems for enhanced solar cells performance, Renewable and Sustainable Energy Reviews.
[9] Gökhan Ö., 2018. Fotovoltaik-Termal (PV / T) Sistemin Sayısal (CFD) ve Deneysel Analizi, Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi, 30(1),161-167.
[10] I Nardi, D Ambrosini, T de Rubeis, D Paoletti, M Muttillo and S Sfarra, 2017. Energetic performance analysis of a commercial water-based photovoltaic thermal system (PV/T) under summer conditions, 35th UIT Heat Transfer Conference (UIT2017).
[11] A. Shuklaa, Karunesh K., Atul S., Pascal H. B., 2017. Cooling methodologies of photovoltaic module for enhancing electrical efficiency: A review, Solar Energy Materials & Solar Cells.
[12] Jinshun W., Xingxing Z., Jingchun S., Yupeng W., Karen C., Tong Y., Llewellyn T., Manxuan X., Yixuan W., Ke J., Chao C., Peng X., Hong W., 2017. A review of thermal absorbers and their integration methods for the combined solar photovoltaic/thermal (PV/T) modules, Renewable and Sustainable Energy Reviews.
[13] Sajan Preet, Brij Bhushan, Tarun Mahajan, 2017. Experimental investigation of water based photovoltaic/thermal (PV/T)system with and without phase change material (PCM), 155: 1104-1120.
[14] C.S. Malvi, D.W. Dixon-Hardy, R. Crook, 2011. Energy balance model of combined photovoltaic solar-thermal system incorporating phase change material Solar Energy, 85: 1440-1446.
[15] Husam A. H., 2017. Experimental investigation of jet array nanofluids impingement in photovoltaic/thermal collector, Solar Energy.
[16] Klein, S. A., Duffie, J. A., Beckman, W. A., 1974. Transient considerations of flat-plate solar collectors, J. Eng. Power, 96: 109-113
[17] Kabul, A. Yaşar, E., 2017. Fotovoltaik/Termal (pv/t) hibrit sistemlerin soğutma tekniklerinin deneysel olarak incelenmesi, SDU International Journal of Technological Science, vol 9, no 1, p:17-32

BİR EĞİTİM BİNASININ YILLIK ENERJİ ANALİZİ
ANNUAL ENERGY ANALYSIS OF AN EDUCATIONAL BUILDING

Dr. Öğretim Üyesi Ali Murat ATEŞ
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Demirci Eğitim Fakültesi
Öğr. Gör. Dr. Özer KESTANE
Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu
Doç. Dr. Koray ÜLGEN
Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü

ÖZET
Enerji bütün dünyada su ve gıdadan sonra en büyük ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda enerji ticaretinin ve enerjide dışa bağımlılığın ülkelerin ekonomilerini sarsar boyutlara kadar yükseldiği görülmektedir. Ülkemizde de enerjide dışa bağımlılık, bütçe açığımızda önemli bir kalem olarak karşımızda durmaktadır. Türkiye'de tüketilen enerjinin yaklaşık 1/4 kadarı iklimlendirme amaçlı kullanıldığı bilinen bir gerçektir. Bu durumda binaların enerji performanslarını değerlendirmek ve bina enerji tüketimini azaltmak ya da tüketilen enerjinin bir kısmını yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlamak ülkemiz için olumlu bir adım olacaktır. Bu çalışmada, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Köprübaşı Meslek Yüksekokulu binasının yıllık enerji analizi yapılmıştır. Gerçekleştirilen enerji analizine göre enerji tüketiminin yıllık bazda 259.456 kWh/yıl olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuca göre Köprübaşı Meslek Yüksek Okulu binasında ısıtma amaçlı enerji tüketimi 105,36 kWh/m^{2}yıl olup enerji performansı binalarda enerji performans (BEP) yönetmeliğine göre "B" sınıfı olduğu görülmektedir. Binanın sera gazı salımı 43,21 kg-CO_2/m^{2}yıl olarak hesaplanmış olup BEP'e göre bina sera gazı salımı açısından "C" sınıfı olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Enerji analizi, performans değerlendirmesi, enerji sınıflandırması, karbon salımı

ABSTRACT
Energy is the biggest requirement after water and food all over the world. Energy trade and foreign dependence in energy have increased to the extent that shakes the economies of countries in recent years. Foreign dependence on energy is an important item in our country's budget deficit. About 1/4 of the energy consumed in Turkey is a known fact that air-conditioning purposes. In this case, it will be a positive step for our country to evaluate the energy performance of buildings and to reduce building energy consumption or to provide some of the energy consumed with new and renewable energy sources. In this study, energy analysis of Manisa Celal Bayar University Köprübaşı Vocational School building is done. According to the performed energy analysis, it is determined that the annual energy consumption is 259.456 kWh/year. According to the results, the energy consumption for heating purposes in the Köprübaşı Vocational School building is 105,36 kWh/m^{2}year and the energy performance is class "B" according to the energy performance regulation in the buildings (BEP). The greenhouse gas emission (GHG) of the building is calculated as 43.21 kg-CO_2/m^{2}year and according to BEP, the building is classified as class "C" in terms of GHG emissions.

Keywords: Energy analysis, performance evaluation, energy classification, carbon emission

1. Giriş
Ülkemizin enerji açısından dışa bağımlılığı her geçen gün artış göstermektedir. Bunun nedeni olarak, nüfus yoğunluğunun giderek artmasıyla birlikte toplam tüketimdeki payı %33'lere yaklaşan konut sektöründe performansı düşük binaların payının yükselmesi olarak ifade edilebilir [1]. 2007 yılında

kabul edilen 5627 sayılı Enerji Verimliliği Yasasının uygulamasını sağlayan Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği 2008 yılında yürürlüğü girerek, on yıllık periyod içerisinde tüm binalar açısından enerji etiketlemesi ve yeni binalar açısından ise C sınıfı kimlik belgesine sağlayacak şekilde zorunlu hale gelmiştir [2]. Buna bağlı olarak 2011 yılında Enerji Bakanlığı tarafından yayınlanan direktife göre Kamu Kurumları açısından mevcut binaların enerji analizlerinin ve verimlilik artırıcı uygulama projelerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir [3].

2. İklim ve Örnek Bina Özellikleri

2.1. İklimsel Parametreler

Çalışma kapsamında enerji analizi gerçekleştirilecek olan eğitim binası, Manisa ili Köprübaşı ilçesinde olup, aylık ortalama iklimsel özellikleri Çizelge 1'de verildiği gibidir. İlçede, Akdeniz iklimi ile karasal iklim özellikleri bir arada görülmektedir. Bu nedenle ilçe genelinde hava, yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlı geçmektedir. İlçedeki hava sıcaklığı –1°C ile +35°C arasında değişmektedir [4].

Çizelge 1. Köprübaşı İklim Parametreleri

Aylar	Sıcaklık	Nem	Rüzgâr Hızı	Güneş Işınımı	
				Yatay	Eğimli
	(°C)	(%)	(m/s)	(kWh/m^2)	(kWh/m^2)
Ocak	5,30	81,60	1,19	2,23	1,73
Şubat	9,03	83,08	1,19	3,00	3,72
Mart	12,12	74,36	1,39	4,24	5,57
Nisan	16,98	62,47	1,36	5,84	5,73
Mayıs	20,73	64,27	1,51	6,89	6,48
Haziran	23,78	61,73	1,58	7,66	6,94
Temmuz	26,78	51,90	1,77	8,14	7,42
Ağustos	27,15	56,24	1,45	7,23	6,94
Eylül	22,76	55,76	1,44	5,66	5,67
Ekim	16,26	70,56	1,15	3,93	4,58
Kasım	10,65	78,07	1,00	2,72	2,84
Aralık	5,06	83,45	1,04	2,01	2,05
Ortalama	16,38	68,62	1,34	4,97	4,97

2.2. Bina Özellikleri

Bu çalışmada Manisa Celal Bayar Üniversitesi Köprübaşı Meslek Yüksekokulu olarak kullanılan, 2 farklı kütleden oluşan bina için hesaplamalar yapılmıştır. Köprübaşı Meslek Yüksekokulu binasının, toplam oturma alanı 1.486 m² olup, iki kattan oluşmaktadır. Binanın toplam kullanım alanı 2.972 m², brüt hacmi 11.294 m³'tür.

Binanın toplam yüzey alanı 1.647,38 m² olup bunun 473,81 m²'si cam yüzeydir. Yani, binanın yüzey alanın %29'u pencere olarak oluşturulmuştur (Şekil 1).

Binanın ısıtma enerjisi ihtiyacı 350.000 kcal/h (407 kW) gücünde kömür yakıtlı bir yakma sisteminden karşılanmaktadır. Binanın soğutma enerjisi ihtiyacı ise, 108 kW toplam kurulu gücüne sahip 18 adet duvar tipi klima sistemi ile karşılanmaktadır.

Şekil 1. Köprübaşı Meslek Yüksekokulu binasının cephe görünüşleri

Köprübaşı Meslek Yüksekokulu binasının 2018 yılı içerisinde aylık bazda tükettiği enerji miktarları Çizelge 2'de görüldüğü gibidir. Binanın ısıtması için yıllık olarak 35 Ton kömür yakılmıştır. Aynı şekilde binada yıllık bazda soğutma, aydınlatma ve elektrikli cihazlar için 32.005 kWh elektrik enerjisi tüketilmiştir.

2017 yılı içerisinde binanın çatısına 30 kW kurulu güce sahip bir güneş enerjisi güç sistemi kurulmuş olup, bu sistem 2018 yılında toplam 45.283 kWh elektrik üretimi gerçekleştirmiştir. Sistemin elektrik enerjisi üretiminin aylık değişimi Çizelge 2.'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 2. Aylık Tüketilen Enerji Değerleri

Aylar	IDG	SDG	Tüketim				Üretim
			Kömür (kg)		Elektrik	Toplam	Elektrik
			(kg)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
Ocak	354		10.368	66.305	4.381	70.686	1.423
Şubat	204		5.975	38.209	3.714	41.924	2.725
Mart	100		2.929	18.730	2.864	21.594	4.323
Nisan	11	7	322	2.060	2.500	4.560	4.247
Mayıs		52		-	1.715	1.715	4.665
Haziran		98		-	2.863	2.863	4.928
Temmuz		204		-	2.374	2.374	5.685
Ağustos		214		-	2.400	2.400	5.332
Eylül		88		-	2.154	2.154	4.426
Ekim	35		1.025	6.556	2.159	8.715	3.650
Kasım	132		3.866	24.724	3.523	28.247	2.203
Aralık	359		10.515	67.241	4.984	72.225	1.676

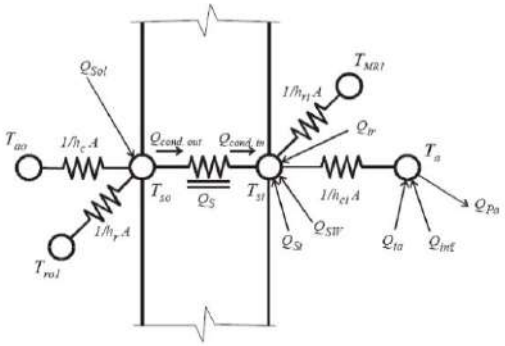
Toplam	1195	663	35.000	223.825	35.631	259.456	45.283

3. Analiz

3.1. Enerji Analizi Metodolojisi

Ülkemizde 2008 yılında yayınlanan Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği, binaların ısıtma amaçlı analizi için TS 825 hesaplama yöntemini dikkate almaktadır. TS 825 hesaplama yöntemi, Türkiye'yi 4 iklim bölgesine ayıran ve bu iklim bölgelerinin aylık ortalama meteorolojik verilerinin kullanıldığı statik bir hesaplama yöntemidir. TS 825'de iç kazançlar ve güneş kazançları, fayda faktörü düzeltmesiyle aylık olarak hesaplanmaktadır. İletim ve havalandırma yolu ile olan ısı kayıpları ise aylık ortalama dış sıcaklık değerleri kullanılarak bulunmaktadır. Kullanılan aylık değerler, binanın bulunduğu konuma ait olmayıp, o konumun ait olduğu iklim bölgesinin ortalama değeridir. Binanın tek hacim gibi kabul edilmesi, sürekli ısıtma rejimi uygulanması ve ısıl kütlenin ihmal edilmesi gibi kabullere dayanan metot, bina için gerekli yalıtım hesaplamalarını başarı ile gerçekleştirmektedir. Bu nedenle binanın tasarım aşaması için uygun bir metot olmakla beraber; enerji tüketiminin tahmini için uygun değildir [5].

Bunun için bu çalışma kapsamında, aylık ortalama değerler yerine saatlik değerler dikkate alan hem ısıtma hemde soğutma yüklerini hesaplayabilen ASHRAE'nin Isıl Denge Yöntemi kullanılmıştır. ASHRAE Isıl Denge Metodu; saatlik-dinamik bir metot olup güneş kazançları ve iç kazançların detaylı hesaplanması, iç yüzey sıcaklıklarının her yüzey için ayrı ayrı tanımlanması, doğal havalandırma, gölgeleme, HVAC ekipmanları ve ısıl kütlenin dahil edilmesi ile fiziksel duruma en yakın ve kabullerin en aza indirgendiği, dolayısı ile de gerçeğe en yakın sonuçları vermektedir. İç kazançların, radyasyon ve tasınım dirençlerinin hesaplanması ile ilgili detaylar [6]'dan alınabilir. Yöntemin elektriksel analojisi, Şekil 2'de ve yöntemde kullanılan dört ısıl denge denklemi ise aşağıda verildiği gibidir [7].



Şekil 2. ASHRAE Isıl Denge Yönteminin Elektriksel Analojisi

Bina kabuğunu oluşturan dış duvar yüzeyindeki ısıl denge;

$$Q_{güneş} + Q_{ışınım,dış} + Q_{taşınım,dış} - Q_{iletim,dış} = 0 \quad (1)$$

olarak ifade edilebilir. Bu eşitlikte, bina kabuğunu oluşturan dış duvar yüzeyindeki ısıl dengeyi etkileyen güneş enerjisi kazancı ile uzun dalga ışınım kazancı ayrı ayrı ele alınmaktadır.

Duvardaki ısıl denge ise,

$$Q_{iletim,dış} - Q_{depo} - Q_{iletim,iç} = 0 \quad (2)$$

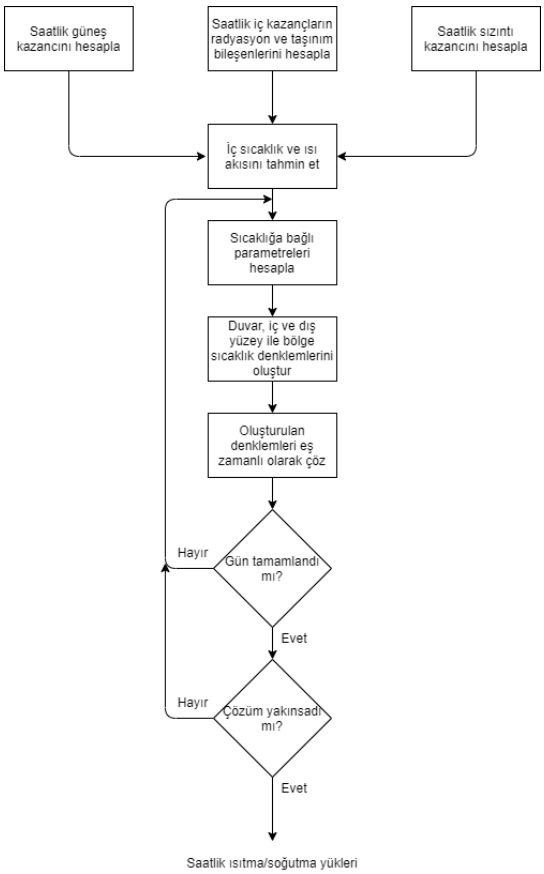
şeklinde yazılır. Burada, Q_{depo} , duvar içerisinde depolanan enerji miktarını ifade etmektedir. Bina kabuğunu oluşturan duvarın iç yüzeyindeki ısıl denge;

$$Q_{güneş,iç} + Q_{ısı\ kaynağı,iç} + Q_{ışınım,iç} - Q_{taşınım,iç} + Q_{aydınlatma} + Q_{iletim,iç} = 0 \qquad (3)$$

olarak düzenlenebilir. Burada duvarın iç yüzeyindeki ısıl denge oluşturulurken, aydınlatma, iç bileşenlerden ışınım kazancı, yansıma sonucu gerçekleşen güneş kazancı, taşınım ve ışınım dirençleri gözönüne alınmaktadır. İç ortamda hava için ısıl denge denklemi (Q_{Pa} HVAC sistem yükü dahil):

$$Q_{taşınım,iç} + Q_{hava,iç} + Q_{sızıntı} + Q_{Pa} = 0 \qquad (4)$$

ASHRAE Isıl Denge Yönteminde kullanılan dört denklem birbirine iletim ve taşınım parametreleri bakımından bağlıdır, bu nedenle denklem seti eşzamanlı olarak çözülmelidir. Şekil 3'de, yöntemin hesaplama akış şeması verilmektedir.

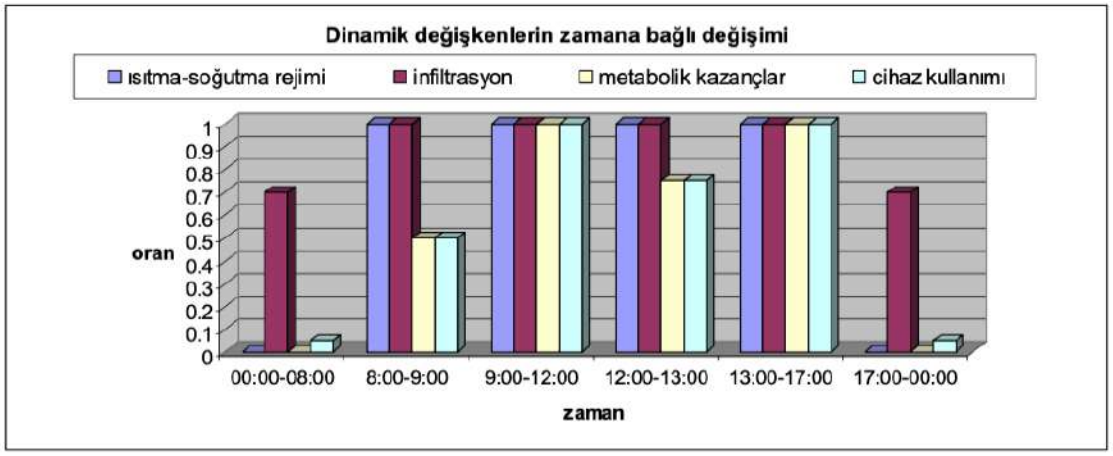


Şekil 3. Hesaplama Yönteminin Akış Şeması.

Proje kapsamında ele alınan Köprübaşı MYO binasının enerji analizini gerçekleştirmek için Şekil 3'de verilen akış şemasına göre analizler, bilgisayar tabanlı yazılımlar yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sırasında, oluşturulan algoritmanın daha sağlıklı sonuçlar verebilmesi için aşağıdaki kabuller dikkate alınacaktır;

- Bina analiz edilirken, zamana bağlı dinamik değişkenler (cihaz kullanım kazançları, metabolik kazançlar, ısıtma rejimi, inflitrasyon oranı) ya ölçüm verilerinden ya da ASHRAE ve EN standartlarından alınmıştır.

- Isıtma-soğutma yapılan alanlardaki elektrik tüketimi (ofis cihazları, bilgisayar, faks, aydınlatma vb.) o alana iç kazanç olarak geri dönmektedir. Güç analizöründen toplanan veriler, mesai saatleri içinde toplam iç kazançların ortalama 15 W/m^2 olduğunu göstermiştir.
- İnflitrasyon için saatlik hava değişim sayısı olarak EN ISO 13789'a uygun olarak 1/saat değeri kullanılmıştır. Isıtılan zorların ofis zonu olması kabulüyle ASHRAE 55 ve EN ISO 13791 standardından yararlanılarak; metabolik kazançlar 70 W/kişi (met), clo değeri kış sezonu için 1, yaz sezonu için 0.5, m^2 başına düşen kişi sayısı ise 300 kişi olarak alınmıştır.
- İnflitrasyon, metabolik kazanç, cihaz kullanımının gün içindeki değişimi, EN ISO 15232 ve ASHRAE 90 standartlarındaki ofis binaları yaklaşımı kullanılarak Şekil 4'de verilen zaman çizelgesi kullanılmıştır.
- Isıtma-soğutma iç sıcaklık set değerleri, 2018-2019 yılları arasında gerçekleştirilen ölçümlere göre mekanların sıcaklık ortalaması bulunarak belirlenmiştir. Buna göre ısıtma set değeri 20°C, soğutma set değeri ise 24°C olarak dikkate alınmıştır.
- Binanın ısıtılmasında kömür yakıtlı kazan kullanılmasından dolayı, kazan verimi ortalama %85 alınmıştır.
- Enerji analizi gerçekleştirilecek olan bina Manisa'nın Köprübaşı ilçesinde olduğu için, bu bölgeye ait meteorolojik parametreler benzetim programına uygun olarak düzenlenmiştir.

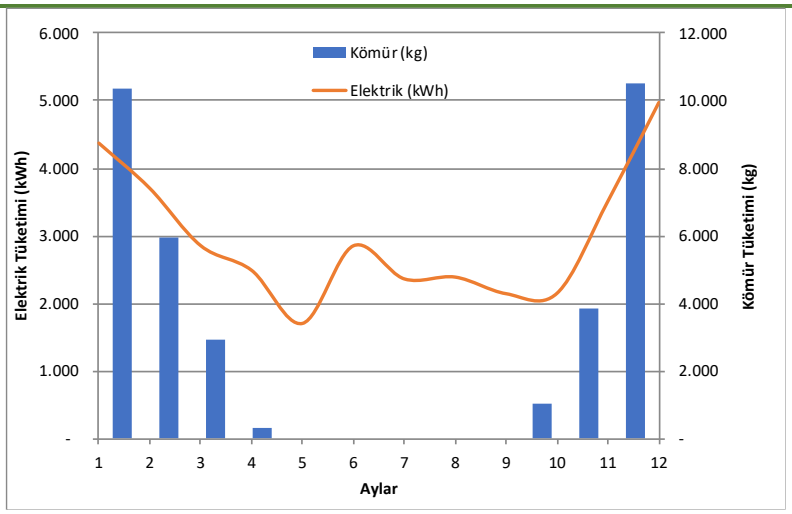


Şekil 4. Dinamik Değişkenlerin Gün İçerisindeki Salınımı

3.2. Yıllık Enerji Tüketimi

Bu çalışma kapsamında dikkate alınan, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Köprübaşı Meslek Yüksekokulu binasının yıllık enerji analizi elde edilen bulgular aşağıda verildiği gibidir.

2018 yılı içerisinde binanın ısıtılması için 35 ton kömür kullanılmıştır (Çizelge 2 ve Şekil 5). Ayrıca soğutma, aydınlatma ve elektrikli cihazlardan kaynaklanan 36.631 kWh'lık bir elektrik tüketimi mevcuttur (Çizelge 3).



Şekil 5. 2018 Yılı İçerisinde Tüketilen Enerji ve Yakıt Miktarı

Çizelge 3. Tüketilen Elektrik Enerjisinin Aylara Göre Dağılımı

Aylar	Aydınlatma	Klimalar	Bilgisayar -NS	Diğer	Toplam Tüketim
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
Ocak	186	1.746	816	1.633	4.381
Şubat	84	1.485	748	1.397	3.714
Mart	124	813	836	1.091	2.864
Nisan	60	762	804	874	2.500
Mayıs	62	431	822	400	1.715
Haziran	120	525	802	1.415	2.863
Temmuz	31	687	784	871	2.374
Ağustos	31	1.050	827	492	2.400
Eylül	30	1.127	839	157	2.154
Ekim	62	363	745	989	2.159
Kasım	150	1.206	415	1.751	3.523
Aralık	217	1.810	965	1.992	4.984
Toplam	1.157	12.006	9.404	13.063	35.631

Çizelge incelendiğinde yıllık 35.631Wh olan elektrik enerjisinin 12.006kWh'lik kısmı klimalar ve 9.404kWh'lik kısmı da bilgisayar laboratuvarı ve network altyapısı tarafından tüketilmektedir. Aydınlatma amacıyla harcanan enerji ise 1.157kWh olarak ölçülmüştür. Bu tabloda "Diğer" başlığı altında olan 13.063kWh'lık tüketim ise okul binasındaki prizlerden çekilen enerjiyi göstermektedir ki bu değer klimalardan bile daha yüksektir. Bu değerin içinde okulda kullanılan tüm büro makineleri (Ofislerdeki bilgisayarlar, yazıcılar vb.) ve diğer elektrikli cihazlar bulunmaktadır. Bu değerin özellikle soğuk olan aylarda yüksek çıkmasının sebebi, personelin yılın soğuk zamanlarında odalarında kullandıkları elektrikli ısıtıcı ve benzeri cihazlar olmasıdır. Bu durum da binadaki yalıtım sisteminin yeteri kadar iyi olmaması sebebiyle kalorifer sistemi çalışmasına rağmen odaların istenilen sıcaklık seviyesinde olmadığından kaynaklanmaktadır.

3.3. Yıllık Enerji Üretimi

Yüksekokul çatısında kurulu bulunan 30kWp gücündeki FV Güneş Enerji Santrali (GES) tarafından üretilen enerjinin aylık dağılımı ve bu üretimin tüketimi karşılama durumu Çizelge 4'de verilmiştir.

30kWp gücündeki FV GES yıllık toplam 45.283kWh elektrik enerjisi üretmektedir. FV GES, 35.631kWh olan yıllık toplam tüketimi karşılamakla beraber 9.652kWh fazla üretilen elektriği de şebekeye vermektedir. Işınımın düşük olduğu aylarda (Kasım - Şubat) bir yandan elektrik üretimi düşerken diğer yandan tüketimin de artması sebebiyle FV GES tarafından üretilen elektrik enerjisi bina tüketiminin tamamını karşılayamamaktadır.

Çizelge 4. Üretilen Elektrik Enerjisi ve Tüketimi Karşılama Durumu

Aylar	Üretim (kWh)	Tüketim (kWh)	Şebeke	
			Alınan (-)	Verilen (+)
Ocak	1.423	4.381	2.959	
Şubat	2.725	3.714	989	
Mart	4.323	2.864		1.459
Nisan	4.247	2.500		1.747
Mayıs	4.665	1.715		2.950
Haziran	4.928	2.863		2.065
Temmuz	5.685	2.374		3.311
Ağustos	5.332	2.400		2.932
Eylül	4.426	2.154		2.272
Ekim	3.650	2.159		1.490
Kasım	2.203	3.523	1.320	
Aralık	1.676	4.984	3.308	
Toplam	45.283	35.631		9.652

4. Sonuçlar ve Tartışma

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Köprübaşı Meslek Yüksek Okulu binası üzerinde yıllık bazda gerçekleştirilen analizler sonucunda, toplam 259.456 kWh/yıl enerji tüketimi gerçekleştirmiştir. Bina, 2. Isıtma bölgesinde olup, Bina Enerji Performans Yönetmeliğine göre sınıflandırılması açısından, birincil enerji referans göstergesi 255 kWh/ m^2yıl ve sera gazı emisyonu referans göstergesi 45 kg-CO_2/m^2yıl olarak Çizelge 5 ve Çizelge 6'dan belirlenmiştir. Aynı zamanda binanın enerji sınıfını belirlerken hangi sınıfta olduğunu anlamak için Çizelge 7'de verilen eşitliklerden yararlanılması gerekmektedir.

Çizelge 5. Birincil Enerjiye Göre Referans Göstergesi (RG, kWh/m^2yıl)

Bina Tipleri	Kullanım Amaçları	1.Isıtma Bölgesi	2.Isıtma Bölgesi	3.Isıtma Bölgesi	4.Isıtma Bölgesi
Konutlar	Tek ve ikiz aile evleri	165	240	285	420
	Apartman blokları	180	255	300	435
Hizmet Binaları	Ofis ve büro binaları	240	300	360	495
	Eğitim binaları (okullar, yurtlar, spor tesisleri vb.)	180	255	300	450
	Sağlık binaları (Hastaneler, huzurevleri, yetiştirme yurtları, sağlık ocakları vb.)	600			
Ticari Binalar	Otel, motel, restoran vb.	540			
	Alışveriş ve ticaret merkezleri	750			

Çizelge 6. Sera Gazı Emisyonuna Göre Referans Göstergesi (SRG, kg-CO_2/m^2yıl)

Bina Tipleri	Kullanım Amaçları	1.Isıtma Bölgesi	2.Isıtma Bölgesi	3.Isıtma Bölgesi	4.Isıtma Bölgesi
Konutlar	Tek ve ikiz aile evleri	28	40	47	70
	Apartman blokları	30	43	50	73
Hizmet Binaları	Ofis ve büro binaları	40	50	60	80
	Eğitim binaları (okullar, yurtlar, spor tesisleri vb.)	30	45	50	75
	Sağlık binaları (Hastaneler, huzurevleri, yetiştirme yurtları, sağlık ocakları vb.)	120			
Ticari Binalar	Otel, motel, restoran vb.	100			
	Alışveriş ve ticaret merkezleri	150			

Çizelge 7. Bina Enerji Sınıfı

Bina Enerji Sınıfı	Birincil Enerji Tüketimlerine Göre Enerji Sınıfı Endeksi (EP)	Birincil Enerji Tüketimlerine Göre Enerji Sınıfı Endeksi (SEG)
A	EP<0,4*RG	SEG<0,4*SRG
B	0,4*RG≤EP<0,8*RG	0,4*SRG≤SEG<0,8*SRG
C	0,8*RG≤EP<RG	0,8*SRG≤SEG<SRG
D	RG≤EP<1,2*RG	SRG≤SEG<1,2*SRG
E	1,2*RG≤EP<1,4*RG	1,2*SRG≤SEG<1,4*SRG
F	1,4*RG≤EP<1,75*RG	1,4*SRG≤SEG<1,75*SRG
G	1,75*RG≤EP	1,75*SRG≤SEG

Yukarıda bilgilerin ışığı altında, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Köprübaşı Meslek Yüksekokulu binasının analizi sonucunda elde edilen sonuçlara göre, enerji tüketimi açısından 105,36 kWh/m^2yıl'lık tüketimi ile "B" sınıfı bina statüsünde değerlendirilmiştir. Bina sera gazı emisyonu açısından 43,21 kg-CO_2/m^2yıl'lık emisyon salınımı gerçekleştirdiğinden dolayı "C" sınıfı bir bina statüsüne erişmiştir.

Bina bu haliyle, Bina Enerji Performans Yönetmeliği kriterlerini sağlasa da her iki kriterde sınır değere yakın olmasından dolayı, binanın enerji tüketimin azaltacak ve daha fazla yenilenebilir enerji kullanımını sağlayacak iyileştirmelerin dikkate alınması gerekmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2018-062 kodu ile finansal olarak desteklenmiştir.

6. Kaynaklar

[1] ÇŞB, (2018). "Türkiye'nin Genel Enerji Görünümü", Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
[2] BEP, **(**2008). **"**Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği", Bayındırlık ve İskân Bakanlığı.
[3] ETKB, (2011). "Kamu Kurumlarında Enerji Etütleri ve VAP" Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı.
[4] MGM, (2019). "Köprübaşı Meteoroloik Parametreleri", Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
[5] Yaman MC, Gökçen G., (2009). "Statik ve Dinamik Hesaplama Metotları ile Binalarda Enerji Performans Değerlendirmesi Ölçüm Değerleri ile Karşılaştırılması", IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 509-525.
[6] Rees, S. J., Spitler, J. D., Davies, M. G., Haves, P., (2000). "Qualitative Comparison of North American and U.K. Cooling Load Calculation Methods", HVAC&R Research, 6(1): 75–99.
[7] ASHRAE. (2009). Energy Estimating and Modeling Methods. In Handbook- Fundamentals (SI, p. 599). Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc.

YENİ PERİLEN TÜREVLERİNİN SENTEZİ

SYNTHESIS OF NEW PERYLENE DERIVATIVES

Dr. Öğr. Üyesi Demet DEMİRCİ GÜLTEKİN

Atatürk Üniversitesi, Aşkale Meslek Yüksekokulu, Metalurji Programı

ÖZET

Boyarmaddeler arasında yer alan perilen türevi bileşikler son yıllarda güneş ışığı konsantratörleri, güneş pilleri, biyogörüntüleme ajanları, biyoetiketler, kimyasal sensörler, floresans sensörler ve ışık saçan diyodlar gibi ileri teknoloji uygulamalarındaki potansiyelleri bakımından oldukça ilgi çekmektedirler. Perilen sınıfı bileşikler, görünür bölgeyi de içine alan geniş ve şiddetli bir spektral soğurma aralığına sahiptir. Yüksek floresans kuantum verimlerinin yanısıra; kimyasal, fotokimyasal ve termal kararlılıkları ileri teknolojik uygulamalarına oldukça uygun olmalarını sağlamaktadır.

Yeni boyarmaddelerin uygun şekilde fonksiyonlandırılmış yüzeylere bağlanabilmesi ve yapılarında daha sonraki reaksiyonlarda kullanılabilecek fonksiyonel gruplar taşımaları istenen bir durumdur. Boyarmaddeler arasında yer alan perilen, $C_{20}H_{12}$ kimyasal formüllü polisiklik aromatik hidrokarbondur.

Bu nedenle perilen türevi bileşikler, üzerinde en çok çalışılan boyarmaddeler arasında yerini almıştır.

Ayrıca PTB'ler enerji transferi sistemlerinde, yakın IR absorplayabilen sistemlerde ve termografik uygulamalarda da kullanılmaktadırlar. Bu tür boyar maddeler kullanılarak elde edilen nanokompozitlerin optiksel ve morfolojik karakterizasyonu; optik sensörler, optoelektonik cihazlar gibi potansiyel uygulama alanları için büyük öneme sahiptir. Ayrıca suda çözünür perilen türevlerine dayalı canlı hücrelerin boyanması için floresans boyalar yüksek floresans kuantum verimlerinden dolayı büyük ilgi görmektedir.

Bu çalışmada, ilk defa sentezlenen perilen türevi boyarmadde (PTB)'nin, fotofiziksel özelliklerinin incelenmesi ve elektronik, elektrokimyasal ve biyolojik uygulama potansiyellerinin belirlenmesi amaçlamaktadır. PTB türevlerinin yeni sentez bileşikleri olmalarının dışında, literatürle kıyaslandığında bu tür boyarmaddelerle yapılmış çalışmaların az sayıda oluşu da bu çalışmayı özgün kılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Perilen türevi, hücre içi, sensör

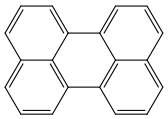
ABSTRACT

Perylene-derived compounds, which are among the dyestuffs, have attracted much attention in recent years in terms of their potential in advanced technology applications such as sunlight concentrators, solar cells, biomarkers, bio-labels, chemical sensors, fluorescence sensors and light-emitting diodes. The perylene class compounds have a broad and intense spectral absorption range including the visible region. In addition to high fluorescence quantum yields; their chemical, photochemical and thermal stability makes them very suitable for advanced technological applications.It is desirable for new dyes to be bonded to suitably functionalized surfaces and to carry functional groups in their structure which can be used in subsequent reactions. Among the dyestuffs, the perylene is a polycyclic aromatic hydrocarbon of the chemical formula $C_{20}H_{12}$.Thus, the perylene derivative compounds are among the most studied dyestuffs.PTBs are also used in energy transfer systems, near IR absorbable systems and thermographic applications. Optical and morphological characterization of nanocomposites obtained by using such dyes; optical sensors, optoelectronic devices. Furthermore, fluorescence dyes for staining living cells based on water-soluble perylene derivatives are of great interest due to their high fluorescence quantum yields.The aim of this study is to investigate the photophysical properties of the first synthesized perylene derived dyestuff (PTB) and to determine the potential of electronic, electrochemical and biological applications. Apart from being new synthesis compounds of PTB derivatives, the fact that there are few studies with such dyes compared to literature makes this study unique.

Keywords: Perylene derivative, in vivo, sensor

GİRİŞ

Perilen molekülü, 1 ve 8 numaralı karbonlardan birbirine bağlanmış iki naftalin molekülü içerir ve moleküldeki tüm karbon atomları sp^2 hibritleşmesi yapmıştır. Perilenler ilk olarak 1913'te Kardos tarafından keşfedilmişlerdir[1]. İlk uygulama alanları tekstil alanında olmuş, daha sonraki dönemlerde yüksek performanslı pigmentler olarak kullanılmışlardır[2]. Perilen sınıfı bileşikler, görünür bölgeyi de içine alan geniş ve şiddetli bir spektral soğurma aralığına sahiptir. Yüksek floresans kuantum verimlerine sahip olmalarının yanı sıra; kimyasal, fotokimyasal ve termal kararlılıkları ileri teknolojik uygulamalarına oldukça uygun olmalarını sağlamaktadır. PTB'ler en fazla çalışılma yapılan boyarmaddeler grubundandır[3].



Şekil 1.1. Perilen'in kimyasal yapısı

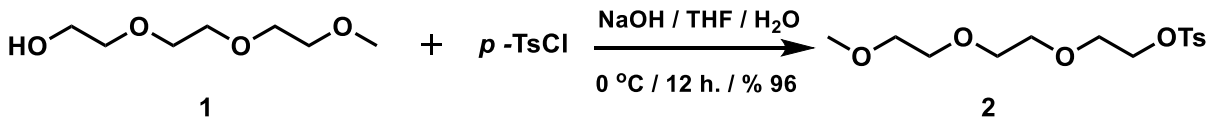
Perilen sınıfı boyarmaddeler, görünür bölgeyi de içeren geniş bir spektral aralıkta şiddetli absorpsiyon ve emisyon yapabilen termal ve fotokimyasal olarak son derecede dayanıklı türevler olduklarından[4,5], son yıllarda ışık hasat edebilen dendrimerlerin[6], güneş pilllerinin[7] (fotosensitizer), tek ve çok boyutlu nano-agregatların ve likit kristallerin üretiminde yaygın bir biçimde kullanılmaktadırlar[8,9].

Ayrıca, çeşitli koşullar altında agregat oluşturma eğilimleri nedeniyle, supramoleküler yapıların oluşumu için sık sık perilen bazlı moleküller kullanılmaktadır. Perilen mono/diimid veya perilen tetraester türevleri, sahip oldukları elektron çekici imid grupları veya tetraester grupları nedeniyle elektronca fakir bileşiklerdir.Mono ve diimidler perilenin elektron noksanlığını daha da arttırmaktadır.

Gerçekleştirilen bir dizi reaksiyon sonunda perilen tetraester türevi **(9)** sentezlenmiştir. Çalışmanın bundan sonraki kısmında ise bileşiğin fotofiziksel özellikleri ile Zn(II) sensörü olarak davranabilme kabiliyetinin belirlenmesi hedeflenmektedir.

MATERYAL YÖNTEM

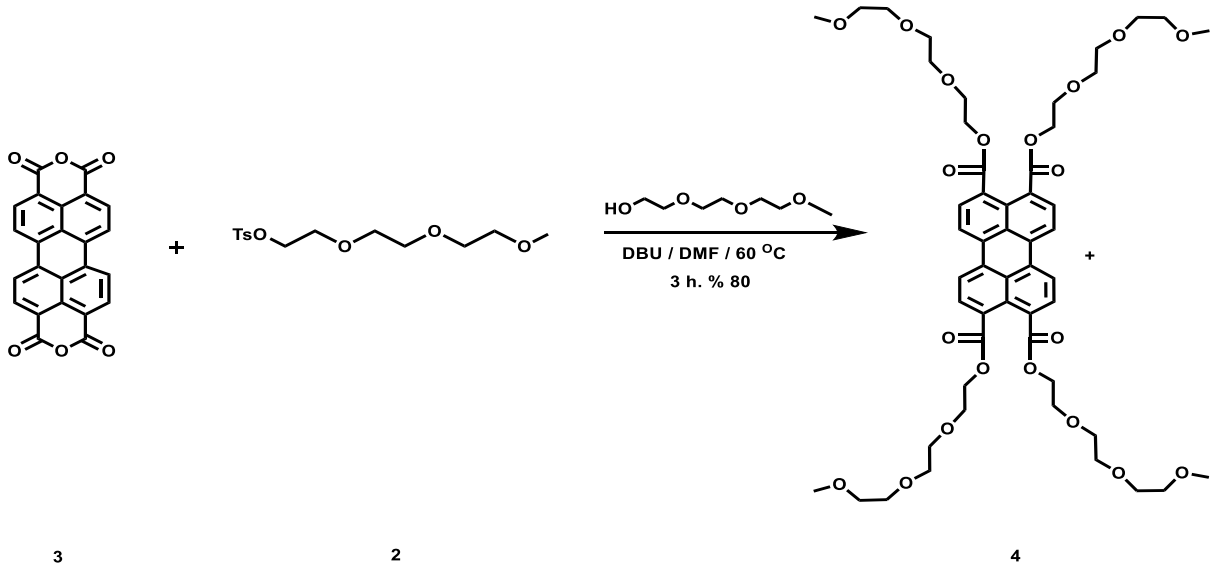
Hedef perilen ester türevinin sentezi için, önce trietilen glikol monometil eterin tosil klorür ve NaOH varlığında reaksiyonu sonucu **2** no'lu molekülün sentezi gerçekleştirilmiştir.



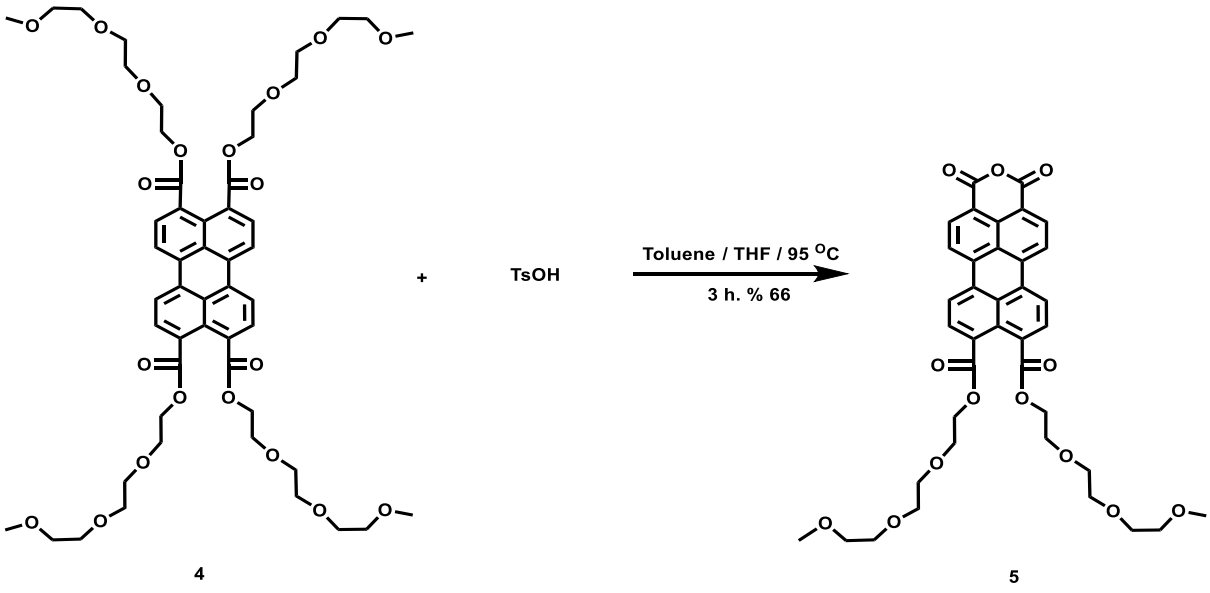
1 2

Perilen tetraester **4**'ü sentezlemek için, 60 °C' de DMF içinde DBU (1,8-Diazabicyclo(5.4.0)undec-7-ene) ve perilen tetrakarboksilik dianhidrit (PTCDA) **(3)** varlığında **2** bileşiği kullanılarak esterleşme reaksiyonu gerçekleştirildi.

Daha sonra tetraester **4**'ün toluende 95 °C'de TsOH ile reaksiyonu sonucu perilen monoanhidrid diester **5** sentezlenmiştir.

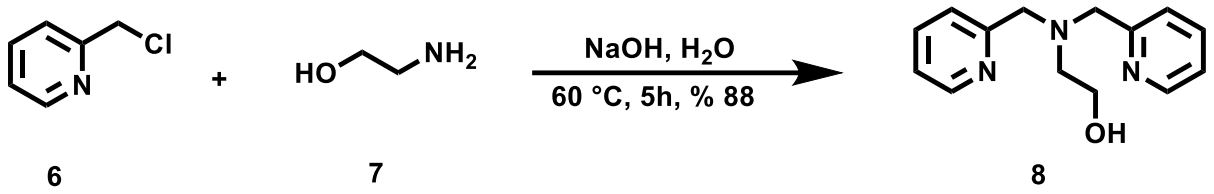


3 2 4



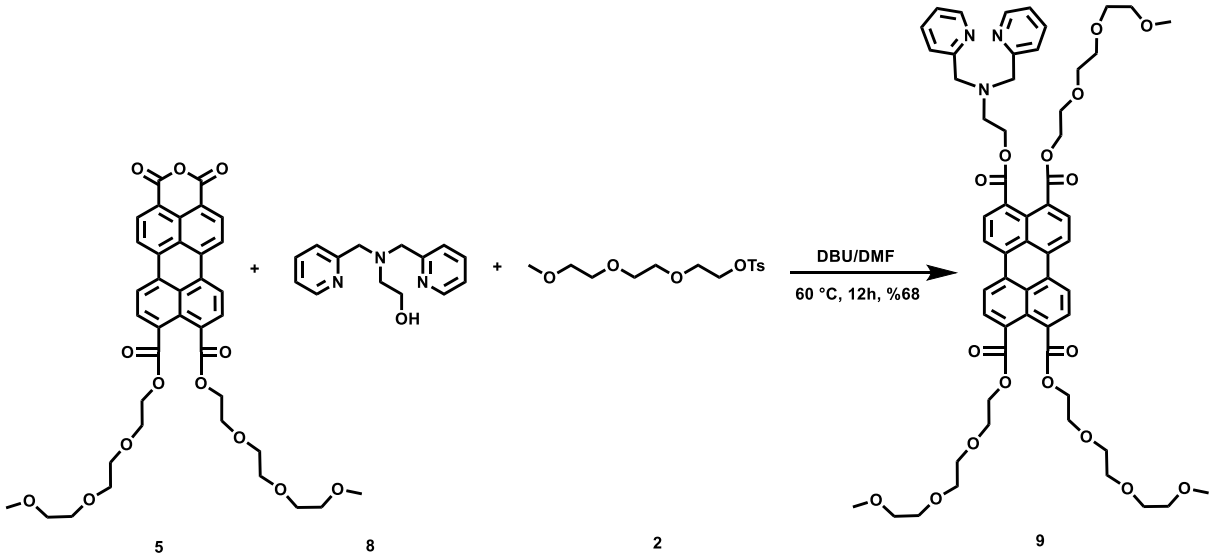
4 5

2-Pikolil klorürün **(6)** etanolamin **(7)** ile 60 ^{0}C'de sulu ortamda NaOH ile reaksiyonundan N,N-bis 2-piridil metil-2-hidroksietilamin (BPMEA) **(8)** elde edildi.



6 7 8

Hedef bileşik **9**'un sentezi için yine DBU varlığında **8** bileşiği diester **5** ile reaksiyonu tabii tutuldu. Elde edilen ham ürün kromatografik yöntemlerle saflaştırıldıktan sonra NMR ve Q-TOF spektroskopileri kullanarak karakterizasyonları gerçekleştirildi.



5 8 2 9

SONUÇ TARTIŞMA

Bir dizi reaksiyon sonucu sentezi gerçekleştirilen anahtar molekül **9** tetraesterinin Zn iyonunun sulu ortamda tayini için çalışmalara devam edilecektir. Bu çalışma ile tetraester **9**'un Zn (II) sensörü olarak davranabilme yeteneği tespit edilecektir.

KAYNAKÇA

1. Kardos, M. 1913. "Deutsches Reichspatent", 276357.

2. Langhals, H. 1994. "Novel Perylene Derivatives as Highly Photostable Fluorescent Dyes", Chimia, 48 (11), 503-505.

3. Chen, L., Li, C., Mullen, K. 2014. "Beyond perylene diimides: synthesis, assembly and function of higher rylene chromophores", Journal of Materials Chemistry C, 2(11), 1938-1956.

4. C. Huang, S. Barlow and S.R. Marder, J.Org.Chem. 2011, 76, 2386-2407.
5. T.Heek, J.Nikolaus, R. Schwarzer, C. Fasting, P. Welker, K. Licha, A. Hermann and R. Haag, Bioconjugate, 2013, 24, 153-158.
6. A. Arnaud, J. Belleney, F. Boue, L. Bouteiller, G. Carrot and V. Wintgens, Angewandte Chemie, 2004, 116, 1750-1753.
7. C. Xue, R. Sun, R. Annab, D. Abadi. S. Jin, Tetrahedron Letters, 2009,50, 853-856.
8. C. Lu, M. Fujitsuka, A. Sugimoto, T. Majima, J.Phys. Chem.C, 2017, 121,4558-4563.
9. C. Lu, M. Fujitsuka, A. Sugimoto, T. Majima, J.Phys. Chem.C, 2016, 120,12734-12741.

NiO VE Zr (ZİRKONYUM) KATKILI NiO YAPISAL OPTİK VE GAZ SENSÖRÜ ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF STRUCTURAL, OPTİCAL AND GAS SENSOR PROPERTIES OF AS-DEPOSITED AND ZİRCONİUM (Zr) DOPED NiO

Dr. Öğr. Üyesi Erdal TURGUT
Atatürk Üniversitesi, Aşkale Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü
Dr. Öğr. Üyesi Sevda SARITAŞ
Atatürk Üniversitesi, İspir Hamza Polat Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü
Prof. Dr. Saman HABASHYANİ
Atatürk Üniversitesi, Fizik Bölümü
Prof. Dr. Muhammet YILDIRIM
Atatürk Üniversitesi, Fizik Bölümü
Prof. Dr. Emre GÜR
Atatürk Üniversitesi, Fizik Bölümü

ÖZET

Bu çalışmada Radyo Frekansı (RF) saçılma tekniği kullanılarak, % 30 oksijen kısmi basıncında Nikel Oksit (NiO) yarı iletken ince filmler ile aynı koşullar kullanılarak Zirkonyum (Zr) katkılı NiO ince filmler büyütülmüştür. Büyütülen NiO ve W katkılı NiO filmlerin, yapısal ve optik özellikleri araştırılmıştır. NiO ve Zr katkılı NiO yarıiletken ince filmlerine ait soğurma grafikleri ile ince filmlere ait 20 ile 70 derece arasında x-Işını Kırınım (XRD) desenleri elde edilmiştir. NiO ince filmlere yapılan W katkısının, soğurma eğrilerinde ve (XRD) kırınım desenlerinde ne gibi değişimler meydana getirdiği gözlenmiştir. Çalışmamızın bir diğer aşamasında, NiO ince film yapısına Zr katkılanması ile Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ölçümleri sonucunda, ince film gaz sensörü uygulamaları için büyük öneme sahip olan yüzey morfolojisinin değişimi gözlenmiştir. Çalışmanın son aşamasında ise 200-300 ^{0}C'de filmlere H_2 gazı uygulanıp filmlerin gaz sensör özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; NiO ile Zr katkılı NiO ince filmlerinin gaz sensör özellikleri belirlenmiştir. NiO yapısına katkılanan tungstenin, gaz sensör özelliklerinde ne gibi değişimler meydana getirdiği belirlenmiştir. Buna bağlı olarak gaz sensörü özelliklerinde NiO yapısına Zr katkısının olumlu yada olumsuz etkileri ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Gas Sensör, RF Sıçratma, Soğurma, Zr (Zirkonyum), NiO

• *Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi tarafından desteklenmiştir*.

ABSTRACT

In this study, 30% oxygen partial pressure Nickel Oxide (NiO) semiconductor thin films were grown using Radio Frequency (RF) scattering technique and Zirconium (Zr) doped NiO thin films were grown using the same conditions. The structural and optical properties of the enlarged NiO and Zr doped NiO films were investigated. Absorption graphics of NiO and Zr doped NiO semiconductor thin films and X-Ray Diffraction (XRD) patterns of thin films between 20 and 70 degrees were obtained. It has been observed that the contribution of Zr made to NiO thin films changes the absorption curves and (XRD) diffraction patterns. In another step of our study, by adding Zr to NiO thin film structure, Scanning Electron Microscopy (SEM) and Atomic Force Microscopy (AFM) measurements showed that surface morphology which is of great importance for thin film gas sensor applications was observed. In the last stage of the study, H_2 gas was applied to the films at 200-300 ^{0}C and the gas sensor properties of the films were examined. According to the results obtained; Gas sensor characteristics of NiO and Zr doped NiO thin films were determined. It was determined that the gas response of the samples was higher and the changes in the gas sensor properties of the zirconium added to the NiO structure were determined. Consequently, positive or negative effects of Zr contribution to NiO structure in gas sensor properties were revealed.

Keywords: Gas Sensor, RF sputtering, Absorption, Zr (Zirconium), NiO

- *This study was supported by Atatürk University Scientific Research Project Unit.*

1. GİRİŞ

Elektrik-elektroniğin bir çok alanında ve gaz sensör uygulamalarında büyük bir öneme sahip olan metal-oksit yarıiletkenlerinden uygun olanları belirlemek, bu yarıiletkenlerin yapısal, optik yada elektriksel özelliklerini ortaya koymak, bilim dünyası için oldukça önemli konulardan birisidir. Hızla gelişen bilim dünyasına ışık tutan oksit tabanlı yarıiletkenler özellikle gaz sensör uygulamalarında sık bir kullanım alanı bulmuştur. Günümüzde oksit tabanlı yarıiletkenlerin kullanımının yanı sıra, bu yarıiletkenlere uygun elementler katkılanarak optik, elektriksel ve gaz sensörü özelliklerinin geliştirilmesine çalışılmaktadır.

Oksit tabanlı yarıiletken büyütmede birçok yöntem kullanılmaktadır. İnce film büyütme tekniği, yarıiletken özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden birisidir. Bu yüzden oksit tabanlı yarıiletken büyütme tekniğinin seçimi oldukça önemlidir. Gaz sensörü uygulamalarında oldukça iyi sonuçlar veren oksit tabanlı yarıiletkenlerin büyütülmesinde RF (Radio Frequency) Sıçratma, DC Sıçratma, MBE, MOCVD, CVD, SP… gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. RF (Radio Frequency) Sıçratma tekniği ile daha iyi numuneler elde edebilmek için büyütme sırasında birçok parametrenin göz önünde bulundurulması gerekir. Bu parametreler, filmlerin optik ve elektriksel özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Yukarıda bahsettiğimiz parametrelerden bazılarını;

- Hedef gaz basıncı, sputter gücü, oksijen gaz basıncı,
- Hedef (target) ile taban (substrate) arasındaki mesafe,
- Hedef gazı ve oksijen gazı kısmi basınçları,
- Ortam sıcaklığı,
- Büyütme süresi,

Olarak sıralamak mümkündür. Gaz sensörlerine olan talepler her geçen gün artmaktadır. Taleplerdeki bu hızlı artış, gaz sensörlerinin hem daha küçük boyutlarda imal edilmesi hem de güvenirliliğinin fazla olması zorunluluğunu doğurmaktadır. Gaz sensörlerinde aranan bazı önemli özellikleri şu şekilde sıralamak mümkündür.

- Yüksek hassasiyet
- Yüksek ve düşük sıcaklıklarda kararlılık
- Seçicilik
- Yüksek hız
- Çalışma ömrü
- Kolay üretilebilirlik
- Düşük maliyet
- İdeal sensör cevabı
- Normalleşme süresi

Çalışmada RF Sıçratma tekniği kullanılarak NiO ve Zirkonyum (Zr) katkılı NiO yarıiletkenler elde edilmiştir. Elde edilen NiO ve Zr katkılı NiO yarıiletken ince filmlerinde katkı elementinin, NiO yarıiletken ince filmlerinin yapısal, optik ve gaz sensörü özelliklerinde ne gibi değişiklikler meydana getirdiği ortaya konulmuştur.

2. MATERYAL METOD

2.1. Radyo Frekans (RF) Saçtırma Tekniği

Sıçratma tekniği, belli sıcaklıkta vakum ortamına yerleştirilen hedef (target) elementine, yüksek enerjiye sahip plazma halindeki gaz iyonlarının yönlendirilerek hedeften atom koparma işlemi olarak tanımlanabilir. Hedef malzemeden koparılan atomlar sıçratma cihazı hücresine yerleştirilen taban malzeme üzerine birikmeye ve yavaş yavaş ince film oluşturmaya başlar. Hedef malzeme üzerine yönlendirilen atomlar, genellikle iyonize edilmiş argon (Ar) gazı atomlarıdır. Belli bir enerji ve momentuma sahip olan Ar gazı atomları, hedefteki atomlara enerjisini ve momentumunu aktararak hedeften atomların koparılmasına neden olur ve böylece iyonizasyon gerçekleşir.

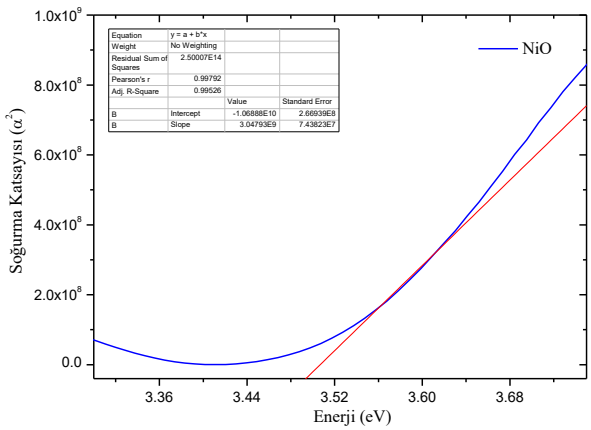
Sıçratma tekniğinde; hedef ile taban malzeme arasındaki mesafe, RF sputter gücü, plazma gazı ile reaktif gazın toplam basıncı ($Ar+O_2$), büyütme süresi, sistem geometrisi, taban malzemenin yüzey kalitesi ve taban malzeme üzerine doğru yönelen atomların sapma açısı ince film kalınlıkları ile filmlerin yapısal özelliklerini etkileyen önemli parametrelerdir. Çizelge 1.'de büyütme sırasında NiO ve Zr:NiO yarıiletken ince filmlerine ait bazı parametreler görülmektedir.

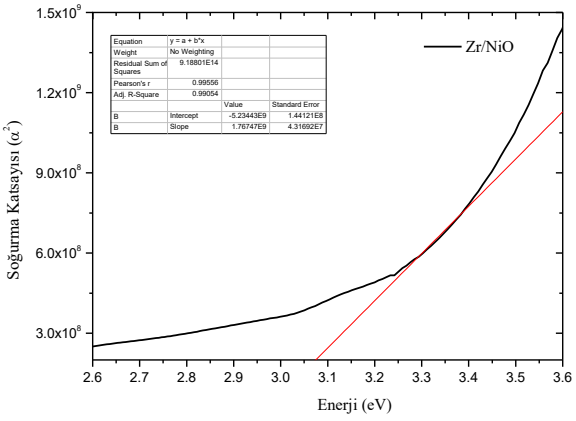
Çizelge-1. RF sıçratma tekniği ile elde edilen NiO ve Zr:NiO ince filmleri için büyütme şartları

İnce Film	O_2 Gaz Oranı	(Ar)/O_2 Akış Miktarı (sccm)	Kalınlık (nm)	Toplam Büyütme Süresi (Dakika)
NiO	%7,62	300/30	350,67	120
Zr:NiO	%7,15	300/30	260	120

3. BULGULAR

3.1. Soğurma



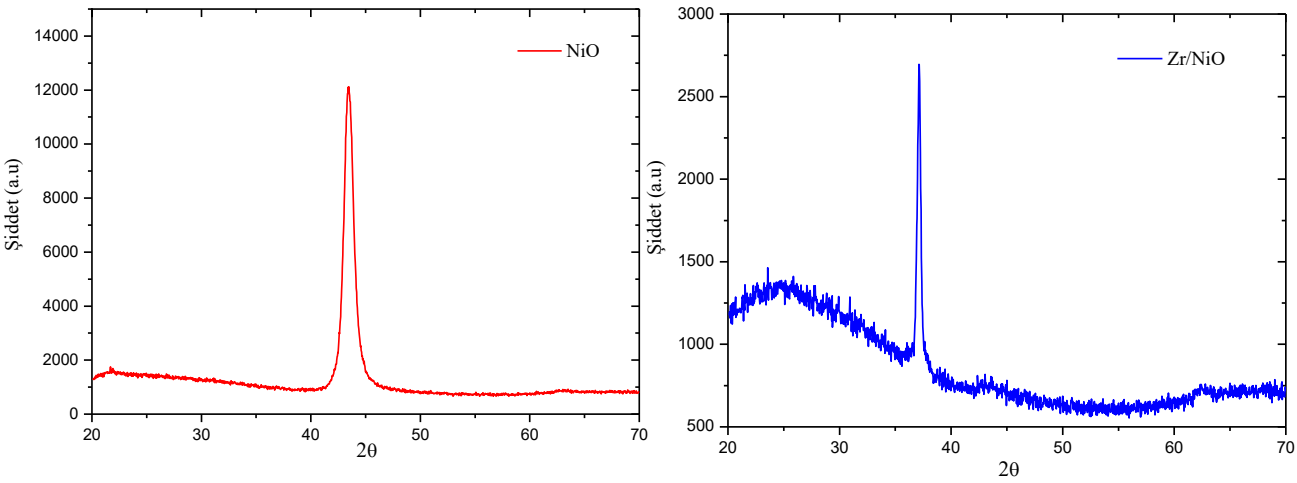


Şekil-1. NiO ve Zr:NiO ince film yarıiletkenlerine ait α^2~Eg (yasak enerji aralığı) değişim grafiği

Çizelge-2. NiO ve Zr:NiO ince film yarıiletkenlerine ait yasak enerji değerleri

İnce Film	Yasak Enerji Aralığı (Eg) (eV)
NiO	3,49
Zr:NiO	3,07

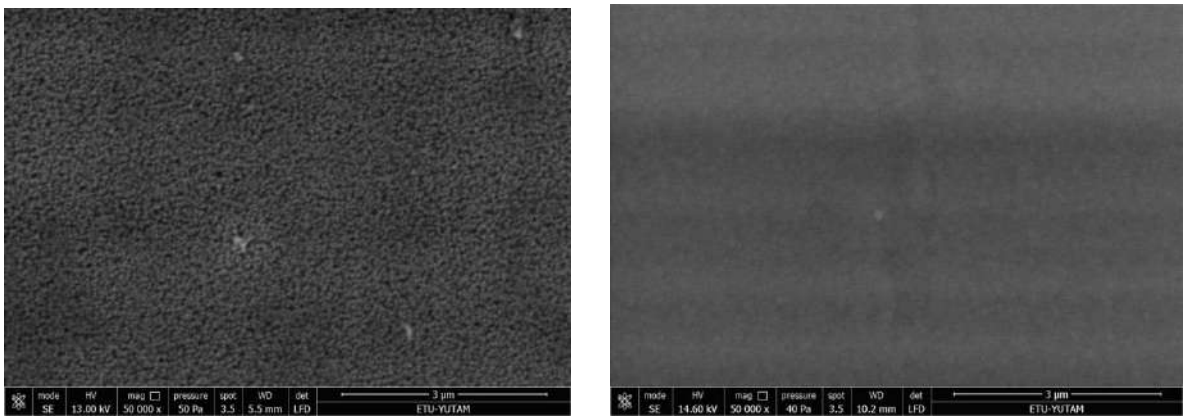
3.2. XRD Kırınım Desenleri



Şekil-2. NiO ve Zr:NiO ince filmlerinin XRD kırınım desenleri

XRD kırınım desenlerine göre Zr katkılı NiO ince filmlerinin pik şiddetinde bir azalma meydana gelirken, 2θ değerleri de düşük açı değerlerine doğru kaydığı görülmektedir.

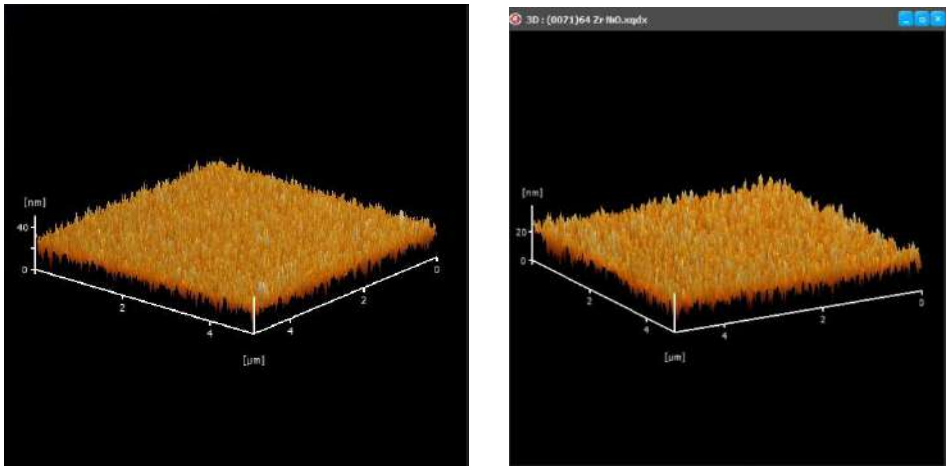
3.3. SEM Görüntüleri



(a) **(b)**

Şekil-3. a) $NiCr_2O_4$ and **b)** Zr:NiO ince filmlerinin SEM görüntüleri

3.4 AFM Görüntüleri



(a) **(b)**

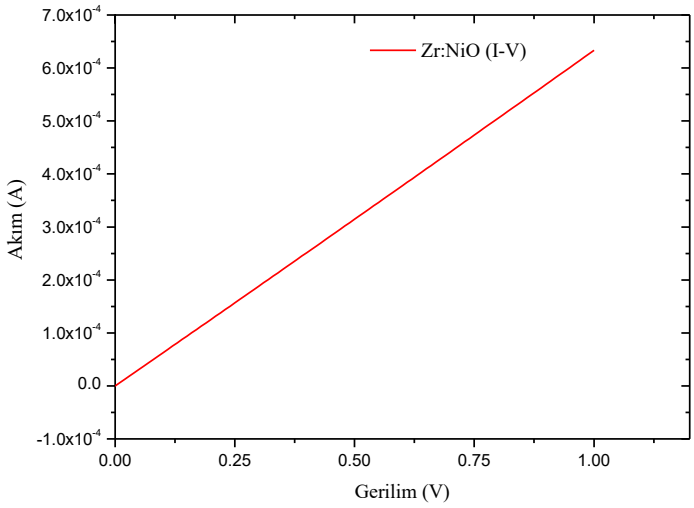
Şekil-4. a) NiO ve **b)** Zr:NiO ince filmlerinin AFM görüntüleri

Çizelge-3. NiO ve Zr:NiO ince filmleri için pürüzlülük değerleri

İnce Film	Ra (nm)	Rp (nm)	Rv (nm)	Sa (nm)	Rq/RMS (nm)
NiO	4,3	13,2	17,9	4,7	5,5
Zr:NiO	3,45	8,6	9,9	3,7	4,18

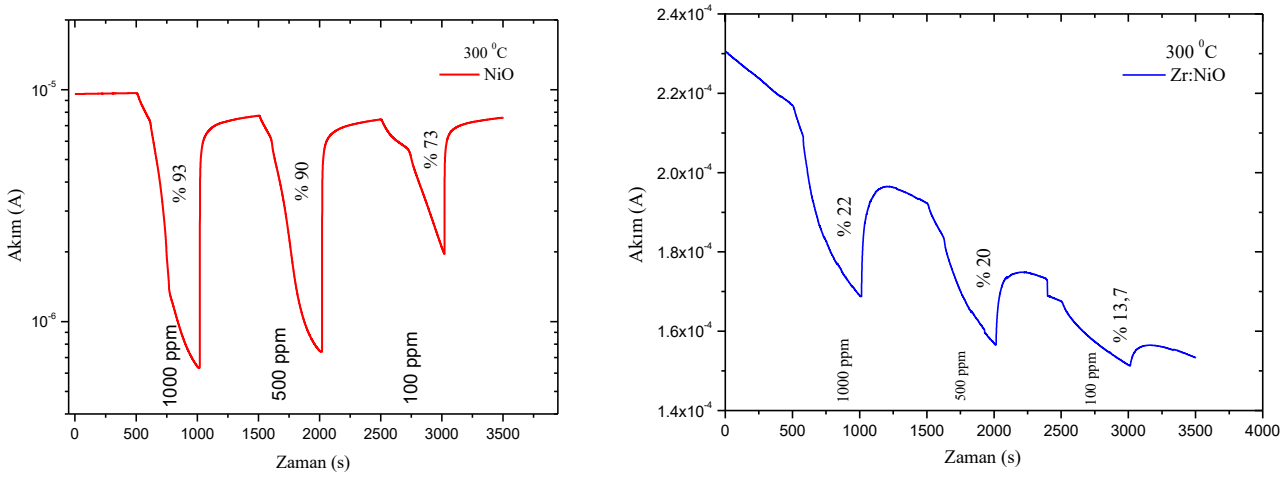
3.5. Gaz Sensör Uygulaması

Filmlere ait gaz sensörü özelliklerinin incelenmesinden önce, tüm numunelerin yüzeylerine ohmik gümüş kontaklar yapılmıştır. Yapılan kontakların ohmik kontak olduğunu gösteren kontak I-V karakteristiği Şekil-5.'de gösterilmiştir.

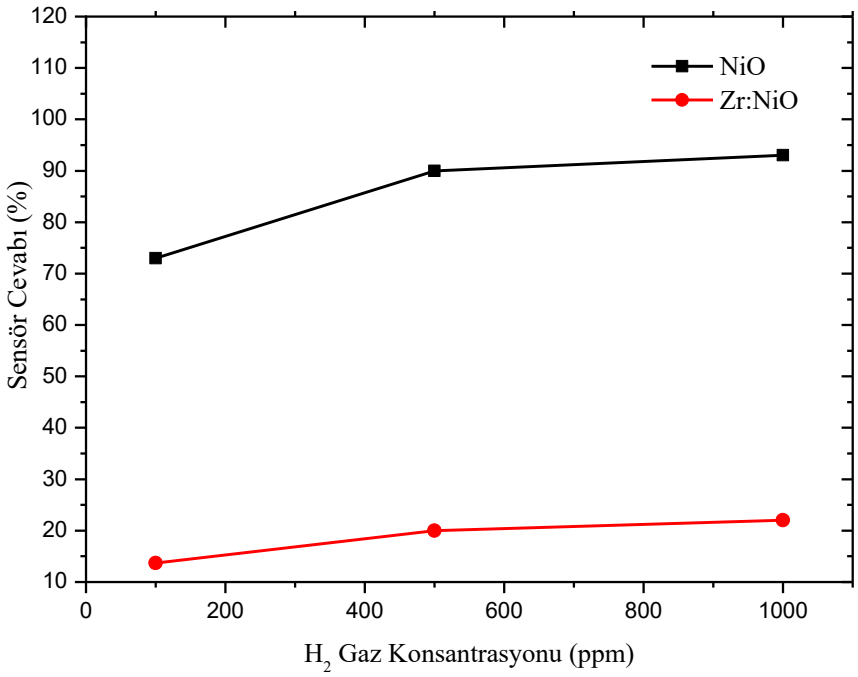


Şekil-5. Yarıiletken ince filmlerin kontak I-V karakteristiği

NiO ve Zr katkılı NiO gaz sensör cevabı her ikisinde de artan gaz konsantrasyon ile orantılı olarak artarken, daha ideal gaz sensörünün NiO gaz sensörü olduğu görülmektedir.



Şekil-6. H_2 gaz konsantrasyonuna karşı akım değişimi



Şekil-7. NiO ve Zr Katkılı NiO sensörlerine ait H_2 gaz konsantrasyonu ile sensör cevabının değişimi

4. SONUÇLAR

- Zr katkılı NiO yarıiletken ince filmlerinin yasak enerji aralığının azaldığı gözlenmiştir.
- Zr katkılı NiO ince filmlerinin XRD kırınım desenlerine göre pik şiddetlerinde azalma gözlenirken, 2θ açı değerinin düşük açı değerine kaydığı gözlenmiştir.
- AFM ve SEM görüntülerine göre yüzey pürüzlülük değeri Zr katkılı NiO ince filmlerinde azalmıştır.
- Gaz sensör uygulamalarında filmlerin yüzey pürüzlülük değerinin ve tanecik yapısının çok önemli bir parametre olduğu sonucuna varılmıştır.
- Zr katkılı NiO yarıiletken ince filmlerinin yüzey pürüzlülük değeri ve tanecikler arası boşluklar azaldığından dolayı gaz sensör cevabının zayıf olduğu belirlenmiştir.

5. REFERANSLAR

Po-Cheng Chou, Huey-Ing Chen, I-Ping Liu, Chun-Chia Chen, Jian-Kai Liou, Kai-Siang Hsu, Wen-Chau Liu, 2015. Hydrogen sensing performance of a nickel oxide (NiO) thin film-based device. İnternational journal of hydrogen energy 40 (2015)729-734.

Samatha Benedict, Monika Singh, T. R. Ravikumar Naik, S. A. Shivashankar and Navakanta Bhat 2018. Microwave-Synthesized NiO as a Highly Sensitive and Selective Room-Temperature NO2 Sensor. ECS Journal of Solid State Science and Technology, 7 Q3143-Q3147 (2018).

Mohammed K. Khalaf, Rajaa H. Mutlak, Ausama I. Khudiar, Qahtan G. Hial 2017. Influence of discharge voltage on the sensitivity of the resultant sputtered NiO thin films toward hydrogen gas. Physica B 514 (2017) 78–84.

Ling Zhu, Wen Zeng, Jingdong Yang, Yanqiong L 2018. One-step hydrothermal fabrication of nanosheet-assembled NiO/ZnO microflower and its ethanol sensing property. Ceramics International 44 (2018) 19825–19830.

Ling Zhu, Wen Zeng, Jingdong Yang, Yanqiong Li 2018. Fabrication of hierarchical hollow NiO/ZnO microspheres for ethanol sensing property. Materials Letters 230 (2018) 297–299.

Tariq Abdul-Hameed Abbas1, Shaida Anwer Kakil, Lary Hana Slewa 2017. Comparative study between sensing properties of single layer (NiO) and heterojunction (NiO/p-Si) gas sensors based on nanostructured NiO films by spray pyrolysis. J Mater Sci: Mater Electron (2017) 28:16086–16093 DOI 10.1007/s10854-017-7509-y

Toni Vilic, Eduard Llobe 2016. Nickel doped WO_3 nanoneedles deposited by a single step AACVD for gas sensing applications. Procedia Engineering 168 (2016) 206 – 210.

2-[(3-(*P*-KLOROBENZİL)-4,5-DİHİDRO-1*H*-1,2,4-TRİAZOL-5-ON-4-İL)-AZOMETİN]-BENZOİK ASİD MOLEKÜLÜNÜN SPEKTROSKOPİK (^{13}C/^{1}H-NMR) VE HESAPSAL İNCELENMESİ

SPECTROSCOPIC (^{13}C/^{1}H-NMR) AND COMPUTATIONAL (DFT/HF) INVESTIGATION OF 2-[(3-(*P*-CHLOROBENZYL)-4,5-DIHYDRO-1*H*-1,2,4-TRIAZOL-5-ON-4-YL)-AZOMETHINE]-BENZOIC ACID MOLECULE

Assist. Prof. Dr. Gül KOTAN

Kafkas University, Kars Vocational School

Gül ÖZDEMİR

(PhD.Student) Kafkas University, Department of Chemistry

Prof. Dr. Haydar YÜKSEK

Kafkas University, Department of Chemistry

ÖZET

2-[(3-(*p*-Klorobenzil)-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on-4-il)-azometin]-benzoik asid molekülünün tüm kuantum kimyasal hesaplamaları, birçok metod ve temel sete sahip olan Gaussian G09W paket programı kullanılarak yapılmıştır. Öncelikle, molekül Hatree Fock (HF) metodu ve Yoğunluk fonksiyonel teorisinin (DFT) B3LYP fonksiyonu ile 6-31G++(d,p) temel setinde optimize edilmiştir. Böylece iki farklı metot ile bileşiğin en kararlı geometrik yapısı elde edilmiştir. Molekülün kararlı yapısı ve diğer tüm teorik grafikler ve şekiller GaussView5.0 programında çizilmiştir. GIAO metoduna göre Proton Nükleer Manyetik Rezonans (^{1}H-NMR) ve Karbon-13 Nukleer Manyetik Rezonans (^{13}C-NMR) spektral değerleri DMSO çözücüsünde ve gaz fazında hesaplanmıştır. Teorik ve deneysel değerler kullanılarak δ exp=a+b·d calc. eşitliğine göre grafikler çizilmiştir. Molekülün teorik olarak spektral değerleri hesaplanmış ve deneysel değerler ile karşılaştırılmıştır. Deneysel değerler literatürden alınmıştır. Veda4f programı Infrared (IR) titreşim frekans değerlerini belirlemede kullanılmıştır. Standart hata değerleri *a* ve *b* sabitlerinin regresyon katsayısı ile Sigmaplot programı kullanılarak bulunmuştur. Bu molekülün titreşim frekans değerleri DFT (B3LYP) and HF metodları ile 6-31G++(d,p) temel seti kullanılarak hesaplanmıştır. Sonra, bu değerler uygun skala faktörleri ile çarpılmıştır. Ayrıca farklı yöntemlerle elde edilen ve fonksiyonel olan teorik sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmıştır. Bundan başka, HOMO-LUMO enerji hesaplamaları ile kimyasal sertlik (η), elektronegatiflik (χ), iyonlaşma potansiyeli (I), kimyasal yumuşaklık (σ), elektron ilgisi (A) gibi parametreler belirlenmiştir. Elektron yoğunluğu moleküler yüzeyler, elektron spin potansiyeli (ESP), moleküler elektrostatik potansiyel (MEP), toplam yoğunluk ve kontur haritaları belirlenmiştir. Ayrıca, molekülün geometrik (bağ açısı ve uzunluğu) ve termodinamik özellikleri teorik olarak incelenmiştir. Böylece molekülün tüm teorik parametreleri hesaplanmıştır. Sonuçta teorik elde edilen veriler ile deneysel veriler karşılaştırılmış ve uygun yöntem bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: B3LYP, HF, HOMO-LUMO, GIAO, MEP.

ABSTRACT

All quantum chemical computations of 2-[(3-(*p*-chlorobenzyl)-4,5-dihydro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on-4-yl)-azomethine]-benzoic acid molecule were performed using the Gauss G09W package program,

which contains many methods and basis sets. Firstly, the molecule has been optimized using HF method and B3LYP functional of Density Functional Theory (DFT) in the 6-31G++(d,p) basis set. Thus, the most stable geometrical comformer of compound with different methods was obtained. Proton Nuclear Magnetic Resonance (^{1}H-NMR) and Carbon-13 Nuclear magnetic Resonance (^{13}C-NMR) spectral values according to GIAO method was calculated using Gaussian G09W program package in gas phase and in DMSO solvent. Theoretical and experimental values were plotted according to δ exp=a+b·d calc. Theoretical spectral values of molecule were calculated and compared with experimental values. Experimental data obtained from the literature. The veda4f program was used in defining Infrared (IR) vibrational frequency data. The standard error values were found via the Sigma plot with regression coefficient of a and b constants. The vibrational frequency values of this molecule have been calculated by using 6-31G++(d,p) basis set with DFT (B3LYP) and HF methods. Then, these values are multiplied with appropriate scala factors. In addition, the theoretical results obtained by different methods and functional are compared with each other. Furthermore, parameters such as chemical hardness (η), electronegativity (χ), ionization potential (I), chemical softness (σ), electron affinity (A) were determined with HOMO-LUMO energies calculations. The molecular surfaces such as the electron density, the electron spin potential (ESP), molecular electrostatic potential (MEP), the total density and contour maps were designated. Also, geometric (bond angles and bond lengths) and thermodynamics properties of molecule have been examined theoretically. As a result, theoretical and experimental data were compared and the appropriate method was found.

Keywords: B3LYP, HF, HOMO-LUMO, GIAO, MEP.

INTRODUCTION

1,2,4-Triazoles have been reported for their wide biological properties such as antibacterial, antifungal, antiviral, inflammatory, antitubercular, antitumoral, antimicrobial, anticonvulsant, herbicidal activities [1-10]. Recently, quantum chemical calculation methods have widely been used to theoretically predict the structural, spectroscopic, electronic and thermodynamic properties of molecular systems. The quantum chemical calculation methods ensure support for experimental structural and spectroscopic studies [11-16]. In this study, having a large number of theory and basic set options, including molecular mechanics, semi-empirical and ab-initio methods, Gaussian 09W [17] package is used. Hartree-Fock (HF) and Density Functional Theory (B3LYP) methods are used for the determination of the structure of molecules and the investigated of spectroscopy, electronics, nonlinear optical properties. The compound was analyzed with IR, ^{1}H-NMR and ^{13}C-NMR and theoretical spectrums were drawn. 2-[(3-(*p*-chlorobenzyl)-4,5-dihydro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on-4-yl)-azomethine]-benzoic acid has been optimized using B3LYP/6-31G++(d,p) and HF/6-31++G(d,p) basis set [17,18]. ^{1}H-NMR and ^{13}C-NMR isotropic shift values were calculated by the method of GIAO [18] using the program package Gaussian G09W. Experimental data obtained from the literature [19]. Experimental and theoretical values were inserted into the grafic according to equatation of δ exp=a+b. δ calc. The standard error values were found via SigmaPlot program with regression coefficient of a and b constants. IR absorption frequencies of analysed molecule were calculated by two methods. The veda4f program, was used in defining IR data, which were calculated theoretically [20]. Furthermore, theoretical bond lengths and bond angles, dipole moments, mulliken charges, thermodynamics properties, electronic parameters, countour maps, HOMO-LUMO energies and total energy of the molecule for both methods were calculated.

MATERIALS AND METHODS

Experimental

Table 1. Experimental ^{1}H/ ^{13}C-NMR values

Experimental ^{1}H-NMR values					
CH_2		**Aromatik H**	**=CH**	**NH**	**-COOH**
3.98 (s)		7.30-7.36 (m, 4H), 7.49-7.60 (m, 2H)	10.14 (s)	11.82 (s)	11.56 (s)
Experimental ^{13}C-NMR values					
C=O	**Triazol C5**	**Triazol C3**	**Aromatik C**	**=CH**	**Alifatik C**
168.09	152.20	145.34	125.44, 128.03, 128.08, 128.17, 130.31, 130.79, 130.93, 131.28, 131.86, 134.23, 134.58, 134.65,	151.25	38.12

Theoretical

The calculations were carried out with density functional theory (DFT) and Hartree-Fock (HF) methods using 6-31G++(d,p) basis sets at the Gaussian 09W program package on a computing system [17]. Firstly, the compound was optimized by using the DFT(B3LYP)/HF methods and 6-31G++(d,p) basis set [17,18]. Then, ^{13}C/ ^{1}H-NMR isotropic shift values were calculated with method of GIAO [18]. The veda4f program was used in defining IR data [20]. Theoretically calculated IR data are scaled with appropriate scala factors [21]. Scaled dft and hf values are formed using theoretical infrared spectrum. Besides, the HOMO-LUMO energy, energy gap (ΔE_g), bond angles, bond lengths, electronic properties, total energy, thermodynamic parameters, dipole moment and mulliken charges were calculated on the computer.

RESULT AND DISCUSSION

Gaussian Calculations

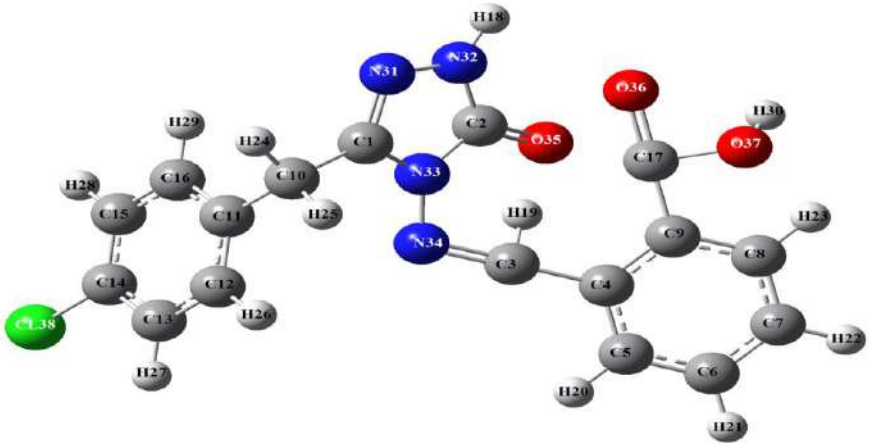


Figure 1. The optimized structure of the molecule.

Molecular Geometry (Bond Angles, Bond lengths)

Table 2. The theoretical bond lengths of molecule

Bond lengths	DFT	HF	Bond lengths	DFT	HF
C(1)-N(31)	1.301	1.270	**C(3)-H(19)**	1.083	1.070
C(1)-N(33)	1.388	1.377	**C(3)-C(4)**	1.476	1.487
C(1)-C(10)	1.496	1.496	**C(4)-C(5)**	1.405	1.390
N(31)-N(32)	1.380	1.369	**C(5)-H(20)**	1.084	1.073
N(32)-H(18)	1.007	0.991	**C(5)-C(6)**	1.392	1.385
N(32)-C(2)	1.370	1.347	**C(6)-H(21)**	1.086	1.075
C(2)-N(33)	1.419	1.386	**C(6)-C(7)**	1.397	1.384
C(2)-O(35)	1.223	1.202	**C(7)-H(22)**	1.085	1.074
N(33)-N(34)	1.374	1.371	**C(7)-C(8)**	1.392	1.384
C(10)-H(24)	1.094	1.083	**C(8)-H(23)**	1.083	1.072
C(10)-H(25)	1.093	1.082	**C(8)-C(9)**	1.404	1.391
C(10)-C(11)	1.523	1.520	**C(9)-C(17)**	1.489	1.491
C(11)-C(12)	1.399	1.387	**C(17)-O(36)**	1.216	1.191
C(12)-H(26)	1.085	1.075	**C(17)-O(37)**	1.358	1.327
C(12)-C(13)	1.397	1.388	**O(37)-H(30)**	0.971	0.948
C(13)-H(27)	1.084	1.073			
C(13)-C(14)	1.393	1.381			
C(15)-CL(38)	1.759	1.743			
C(14)-C(15)	1.395	1.384			
C(15)-H(28)	1.084	1.073			
C(15)-C(16)	1.395	1.384			
C(16)-H(29)	1.086	1.076			
N(34)-C(3)	1.289	1.259			

Table 3. The significant bond lengths of molecule

Bond Lengths (Å)	**Theoretical**	**Literature**
N38=C3	1.28/1.25 Å	1.28
N-C	1.41-1.27	
C=O	1.22/1.21	1.21
N-N	1.38-1.37	1.40
Phenly ring C-C	1.41-1.40	
C-O	1.35-1.32	

Table 4. The bond angles of molecule

Bond Angles	**B3LYP**	**HF**	**Bond Angles**	**B3LYP**	**HF**
N(31)-C(1)-N(33)	111.281	111.251	H(29)-C(16)-C(11)	119.675	119.780
N(31)-N(32)-H(18)	120.477	120.974	C(1)-N(33)-C(2)	108.330	108.106
H(18)-N(32)-C(2)	125.165	125.335	N(33)-N(34)-C(3)	117.979	117.995
N(32)-C(2)-O(35)	129.946	129.517	N(34)-C(3)-H(19)	122.473	122.876
O(35)-C(2)-N(33)	128.749	128.447	H(19)-C(3)-C(4)	119.443	119.089
N(32)-C(2)-N(33)	101.295	102.031	C(3)-C(4)-C(5)	119.092	118.519
N(33)-C(1)-C(10)	124.028	123.952	C(3)-C(4)-C(9)	122.486	122.751
C(1)-C(10)-H(24)	106.340	106.376	C(4)-C(5)-H(20)	118.251	118.829
C(1)-C(10)-H(25)	109.044	108.931	H(20)-C(5)-C(6)	120.403	120.155
H(24)-C(10)-C(11)	110.059	110.099	C(4)-C(5)-C(6)	121.336	121.010
H(25)-C(10)-C(11)	109.681	109.885	C(5)-C(6)-H(21)	119.731	119.637

C(1)-C(10)-C(11)	113.555	113.298	H(21)-C(6)-C(7)	120.212	120.196
H(24)-C(10)-H(25)	107.975	108.072	C(5)-C(6)-C(7)	120.050	120.164
C(10)-C(11)-C(12)	121.104	121.116	C(6)-C(7)-H(22)	120,464	120.502
C(11)-C(12)-H(26)	119.680	119.869	H(22)-C(7)-C(8)	119,935	119.955
H(26)-C(12)-C(13)	119.229	119.103	C(7)-C(8)-H(23)	120.202	119.965
C(12)-C(13)-H(27)	120.666	120.537	H(23)-C(8)-C(9)	118.913	119.295
H(27)-C(13)-C(14)	120.224	120.224	C(7)-C(8)-C(9)	120.877	120.738
C(13)-C(14)-C(15)	121.003	120.879	C(9)-C(17)-O(36)	125.679	124.898
C(13)-C(14)-CL(38)	119.532	119.612	O(36)-C(17)-O(37)	121.398	121.672
C(14)-C(15)-H(28)	120.186	120.175	C(17)-O(37)-H(30)	106.404	108.336
H(28)-C(15)-C(16)	120.713	120.614			
C(15)-C(16)-H(29)	119.243	119.181			

Mulliken Charges

The electronegative atoms in the compound; N and O atoms have negative charge values. The mulliken charge values of H atoms were found to be positive. In the compound, C2 and C17 atoms surrounded by electronegative atoms and these atoms have positive atomic charge values. C2 atom is surrounded by 3 (three) electronegative atoms (N32, N33, O35), C17 atom is surrounded by 2 (two) electronegative atoms (O36, O37). The C2 atom surrounded by three (3) electronegative atoms was found to have the highest atomic charge of 0.709 and 0.989.

Table 5. The theoretical mulliken charges datas

	DFT	HF		DFT	HF
C1	-0.703	-0.411	**H22**	0.112	0.142
C2	0.709	0.989	**H23**	0.171	0.207
C3	-0.063	-0.313	**H24**	0.190	0.176
C4	-0.582	-0.399	**H25**	0.203	0.196
C5	0.141	-0.087	**H26**	0.129	0.128
C6	-0.063	-0.064	**H27**	0.152	0.177
C7	-0.287	-0.386	**H28**	0.140	0.166
C8	0.270	0.253	**H29**	0.150	0.164
C9	-0.600	-0.367	**H30**	0.395	0.205
C10	0.180	0.107	**N31**	-0.014	-0.024
C11	0.399	0.949	**N32**	-0.310	-0.450
C12	-0.429	-0.648	**N33**	-0.158	-0.340
C13	-0.311	-0.354	**N34**	-0.014	-0.014
C14	-0.113	-0.114	**O35**	-0.521	-0.642
C15	-0.286	-0.334	**O36**	-0.446	-0.508
C16	0.090	-0.174	**O37**	-0.425	-0.533
C17	0.758	0.913	**CL38**	0.228	0.234
H18	0.374	0.411			
H19	0.260	0.205			
H20	0.145	0.175			
H21	0.128	0.158			

The vibration frequency of the compound

Theoretically IR values were calculation veda 4f programme. The calculated harmonic vibrational frequency values were scaled with 0.9617 for DFT(B3LYP) level, 0.8992 for HF/6-31++G(d,p) level. The possitive frequency in the data was found. IR spectrums were drawn with obtained values

according to DFT/HF methods. Theoretically IR values were compare with experimentally IR values and found corresponding with each other of values.

Table 6. Significant vibrational frequencies (cm^{-1})

vibrational frequencies	Experimental (cm^{-1})	B3LYP/HF 6-31G++(d,p)	
	IR	Scaled B3LYP	Scaled HF
ν (NH)	3172	3546	3549
ν (C=O)	1710, 1695	1733	1752
ν (C=N)	1615/1588	1580	1616
ν (COO)	1197	1199	1203

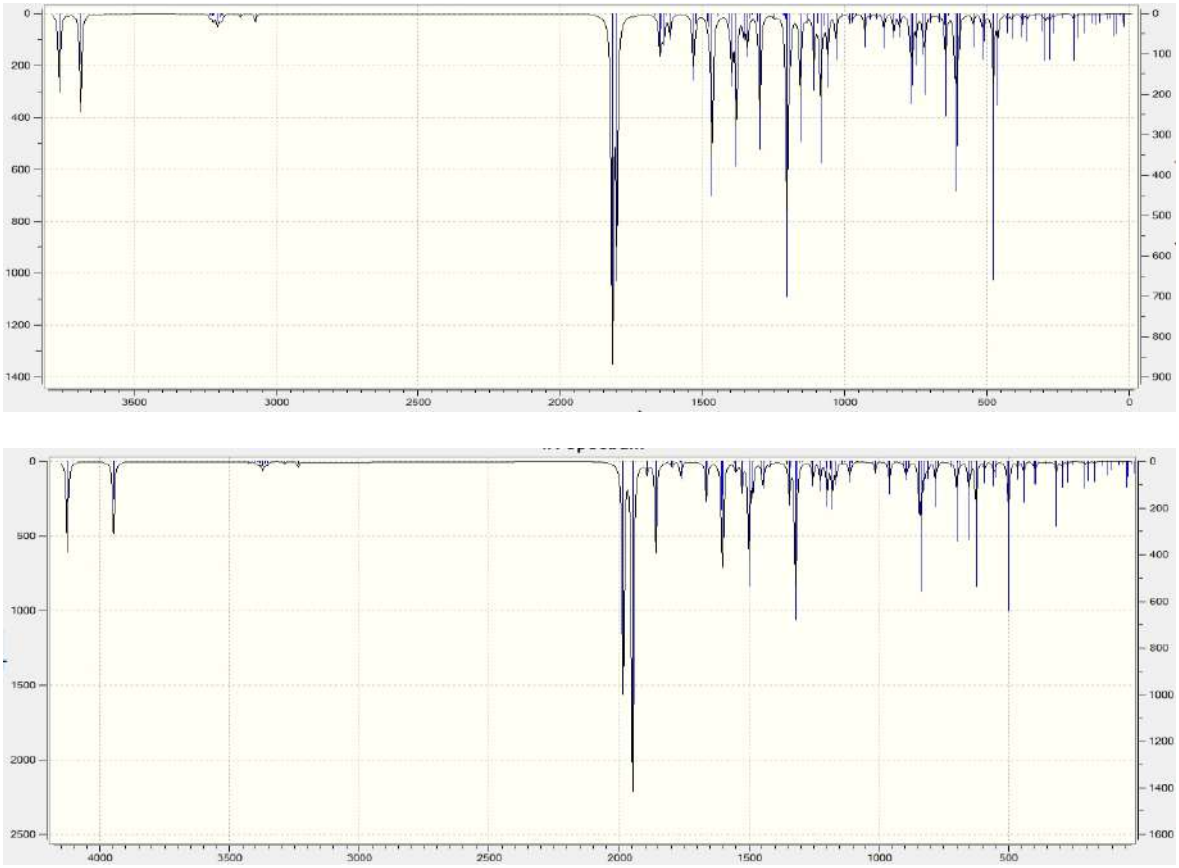


Figure 2. Theoretical IR spectrums simulated with B3LYP/HF 6-31G ++(d,p)

Table 7. ^{1}H/ ^{13}C-NMR(Vakum-DMSO) isotropic chemical shifts (δ/ppm)

No	Experimental	B3LYP/ Vacum	Different Vacum	B3LYP DMSO	Different DMSO	HF Vacum	Different Vacum	HF DMSO	Different /DMSO
C1	145,34	152,92	-7,58	154,16	-8,82	146,46	-1,12	147,99	-2,65
C2	152,2	153,16	-0,96	154,29	-2,09	146,48	5,72	147,52	4,68
C3	151,25	159,02	-7,77	159,38	-8,13	155,29	-4,04	155,82	-4,57
C4	134,65	144,94	-10,29	143,59	-8,94	138,37	-3,72	136,75	-2,1
C5	130,31	131,64	-1,33	132,21	-1,9	125,05	5,26	125,2	5,11
C6	134,23	135,85	-1,62	137,79	-3,56	131,34	2,89	132,99	1,24
C7	128,03	132,7	-4,67	134,74	-6,71	124,38	3,65	126,11	1,92
C8	131,28	136,29	-5,01	136,86	-5,58	130,18	1,1	130,8	0,48
C9	125,44	134,05	-8,61	133,71	-8,27	123,83	1,61	123,32	2,12

C10	38,12	41,96	-3,84	41,69	-3,57	27,66	10,46	27,47	10,65
C11	131,86	140,18	-8,32	141,52	-9,66	131,31	0,55	132,65	-0,79
C12	130,93	135,01	-4,08	135,59	-4,66	127,6	3,33	127,96	2,97
C13	128,08	132,17	-4,09	132,31	-4,23	124,59	3,49	124,90	3,18
C14	134,58	146,92	-12,34	145,49	-10,91	134,27	0,31	132,60	1,98
C15	128,17	132,18	-4,01	132,22	-4,05	125,28	2,89	125,37	2,8
C16	130,79	133,32	-2,53	133,94	-3,15	126,83	3,96	127,21	3,58
C17	168,09	169,61	-1,52	171,43	-3,34	157,96	10,13	159,71	8,38
H18	11,82	7,74	4,08	8,26	3,56	7,56	4,26	8,05	3,77
H19	10,14	11,01	-0,87	10,9	-0,76	10,63	-0,49	10,53	-0,39
H20	7,52	8,72	-1,2	8,85	-1,33	8,67	-1,15	8,79	-1,27
H21	7,36	8,1	-0,74	8,39	-1,03	8,52	-1,16	8,83	-1,47
H22	7,34	7,85	-0,51	8,13	-0,79	8,23	-0,89	8,53	-1,19
H23	7,58	8,63	-1,05	8,74	-1,16	9,11	-1,53	9,26	-1,68
H24	3,98	3,98	0	4,12	-0,14	4,03	-0,05	4,19	-0,21
H25	3,98	4,2	-0,22	4,42	-0,44	4,14	-0,16	4,39	-0,41
H26	7,34	7,58	-0,24	7,77	-0,43	7,79	-0,45	8,00	-0,66
H27	7,32	7,33	-0,01	7,48	-0,16	7,64	-0,32	7,83	-0,51
H28	7,32	7,61	-0,29	7,75	-0,43	7,99	-0,67	8,15	-0,83
H29	7,34	7,84	-0,5	7,96	-0,62	8,2	-0,86	8,33	-0,99
H30	11,56	11,01	0,55	6,93	4,63	6,3	5,26	6,87	4,69

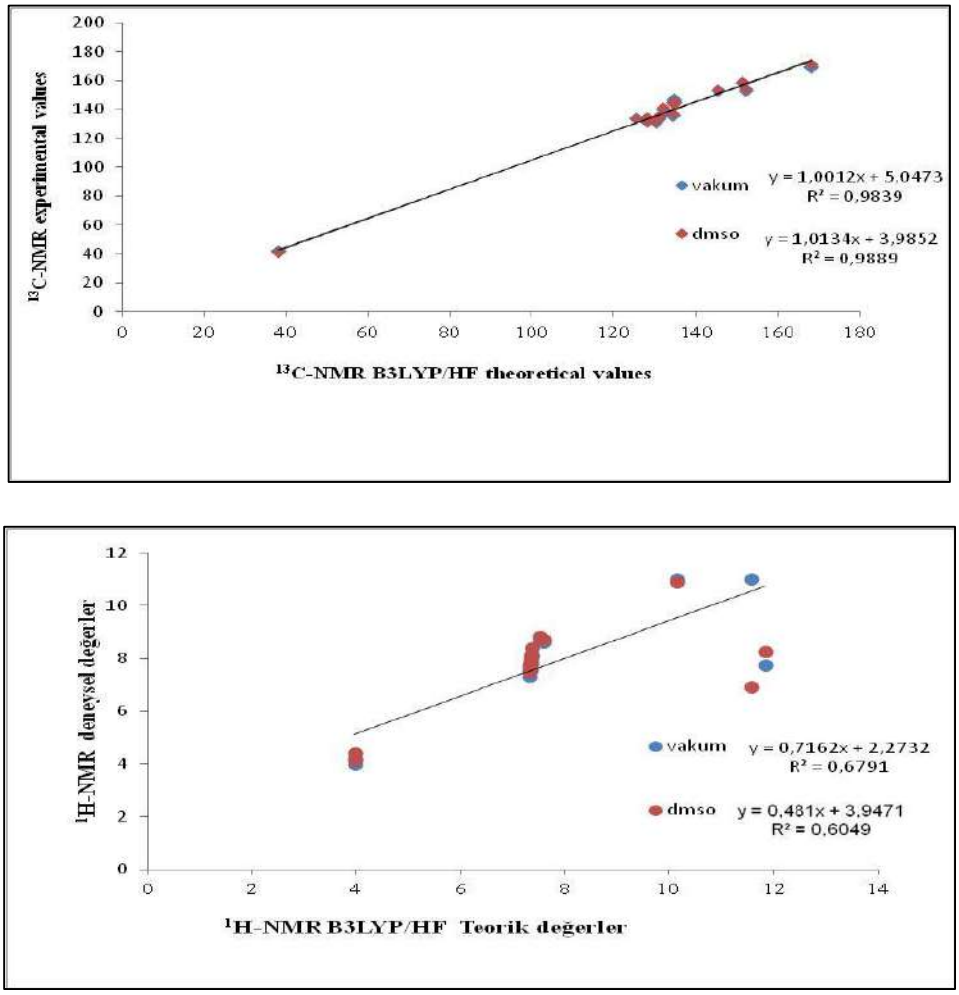


Figure 3. Compared values of calculated and experimental ^{13}C-and ^{1}H-NMR chemical shifts values of titled compound with DFT/ HF 6-31G++(d,p) (gas phase/DMSO).

Frontier molecular orbital analysis

HOMO-LUMO energy values of compound was calculated with three computational levels and these values are 4.083/9.939 e.v. for B3LYP/HF 6-31G++(d,p) basis sets (figure 4). Using HOMO-LUMO energy gap electron affinity (A), global hardness (η), electronegativity (χ), chemical potential (μ), softness (S), ionization potential (I), chemical potential (Pi), electrophilic index(ω), Nucleophilic index (IP) for the compound was calculated and are showed in table 8.

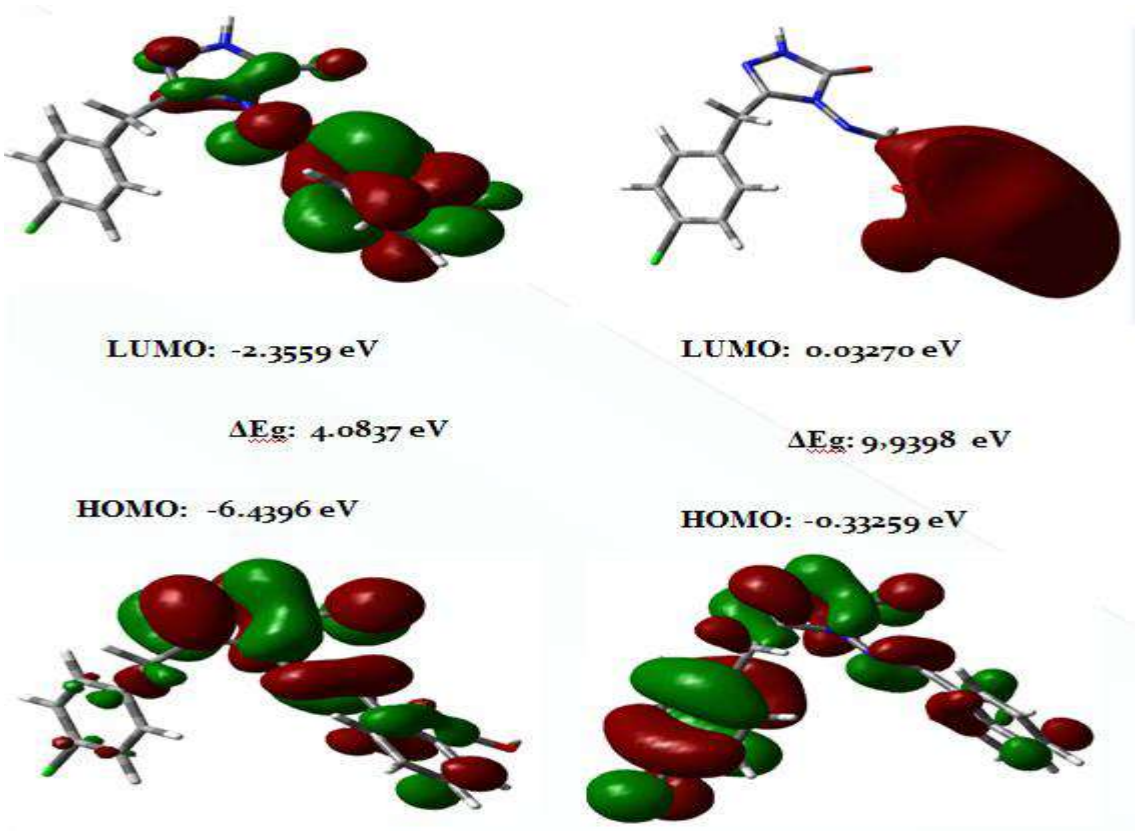


Figure 4. HOMO-LUMO energy of the molecule

Table 8. The calculated electronic structure parameters of the molecule

		Hatree	ev	kcal/mol	KJ/mol
	LUMO	-0,08658	-2,3559	-54,3292	-227,316
	HOMO	-0,23665	-6,43941	-148,499	-621,325
A	electron affinity	0,08658	2,3559	54,3292	227,316
I	ionization potential	0,23665	6,43941	148,499	621,325
ΔE	energy gap	0,15007	4,08351	94,1694	394,009
χ	electronegativity	0,161615	4,39766	101,414	424,32
Pi	chemical potential	-0,161615	-4,39766	-101,414	-424,32
ω	electrophilic index	0,000979935	0,02666	0,61491	2,57282
IP	Nucleophilic index	-0,01212678	-0,32998	-7,60959	-31,8389
S	molecular softness	13,3271	362,64	8362,8	34990,3
η	molecular hardness	0,075035	2,04175	47,0847	197,004

Thermodynamics properties

Thermodynamics parameters were calculated with (B3LYP) functionals in DFT method and HF method at the 6-31G++(d,p) basis set at 298.150 K and under 1 atm pressure.

Table 9. The thermodynamics parameters of the molecule

Rotational temperatures (Kelvin)	**DFT**	**HF**
A	0.01067	0.01039
B	0.00625	0.00690
C	0.00487	0.00512
Rotational constants (GHZ)		
A	0.22238	0.21658
B	0.13015	0.14376
C	0.10151	0.10674
Thermal Energies E(kcal/mol)		
Translational	0.889	0.889
Rotational	0.889	0.889
Vibrational	188.043	200.871
Total	189.821	202.648
Thermal Capacity CV(cal/mol-K)		
Translational	2.981	2.981
Rotational	2.981	2.981
Vibrational	74.667	68.985
Total	80.629	74.946
Entropy S(cal/mol-K)		
Translational	43.504	43.332
Rotational	35.946	35.527
Vibrational	79.859	77.901
Total	159.309	157.228
Zero-point correction (Hartree/Particle)	0.281311	0.302897
Thermal correction to Energy	0.302499	0.322940
Thermal correction to Enthalpy	0.303443	0.323885
Thermal correction to Gibbs Free Energy	0.227750	0.249180
Sum of electronic and zero-point Energies	-1560.242720	-1552.946902
Sum of electronic and thermal Energies	-1560.221532	-1552.926859
Sum of electronic and thermal Enthalpies	-1560.220587	-1552.925915
Sum of electronic and thermal Free Energies	-1560.296280	-1553.000619
Zero-point vibrational energy (Kcal/mol)	176.52506	190.07079

Table 10. Dipole Moment and Total Energy of molecule

	μ_x	μ_y	μ_z	μ_{Total}
DFT	-1.0372	-0.2950	0.6550	1.2617
HF	-1.0490	3.2200	1.8486	3.8583

Energy (a.u.)	B3LYP	HF
	-1560.5670	-1553.2497

The Surface Maps

The total density, molecular electron potential (MEP) and contour maps of the molecule were determined. From these surface maps were possible to determine the charge distribution and charge density, electronegative and positive regions of the molecule. The electronegative atoms in the structure were surrounded by red, the N-H proton is blue, while the other is yellow or green.

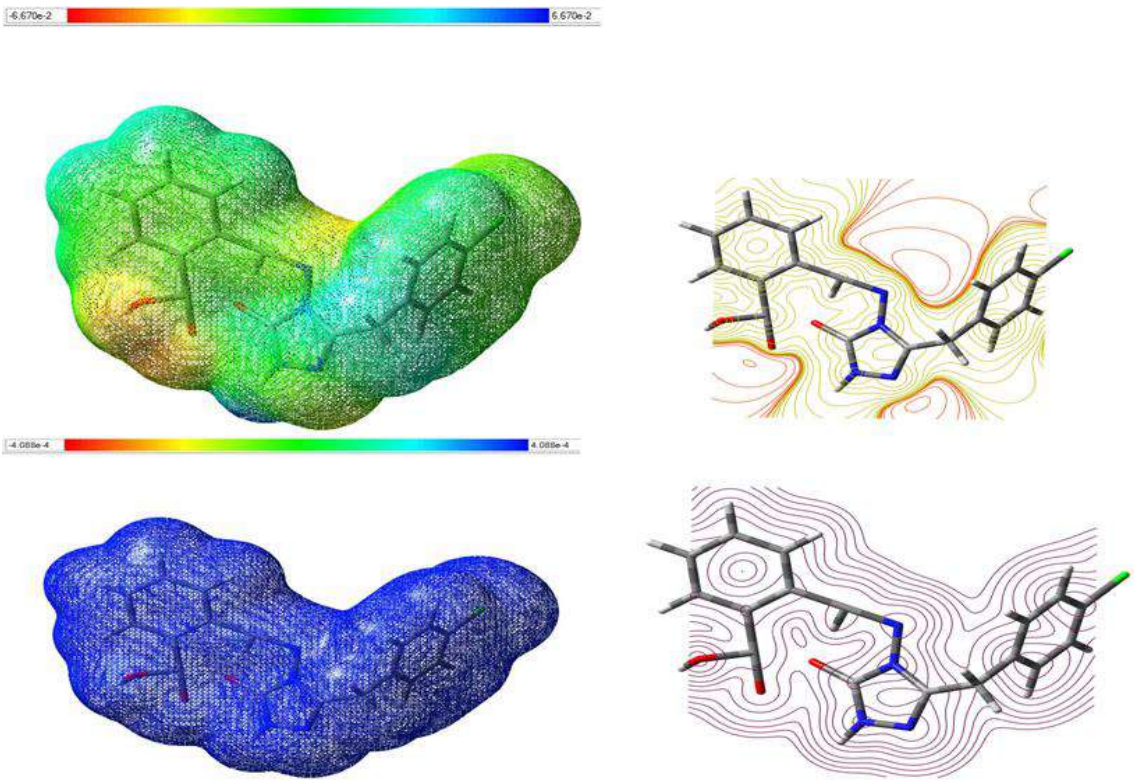


Figure 5. The MEP, Total density and Countour Maps of molecule

CONCLUSION

In this work, geometric, electronic and spectroscopic parameters of molecule are calculated by Density Functional Theory (DFT) and Hartree-Fock (HF) methods with the 6-31G++(d,p) basis sets of the program package Gaussian G09W. Obtained spectroscopic parameters are compared with experimental data. In addition, the highest occupied molecular orbital (HOMO) and the lowest unoccupied molecular orbital (LUMO), bond lengths, bond angles, mulliken charges, E_{LUMO}-E_{HOMO} energy gap (ΔEg), electronegativity (χ), electron affinity (A), global hardness (η), softness (σ), ionization potential (I), total energy of the molecule, thermodynamics properties, dipole moments were calculated with DFT(B3LYP)/ HF 6-31G++(d,p) basis sets. Furthermore, IR vibrational frequencies and IR spectrums were obtained. The IR data was found possitive. This result, structure of compound were shown stable. The chemical shifts in the calculations ^{1}H-NMR and ^{13}C-NMR and IR vibrational frequencies are found to be compatible with the experimental data. Theoretical and experimental carbon and proton chemical shifts ratios between acording to R^2 lineer a correlation were observed.

Surface maps of molecule were designated and indicated the presence of nucleophilic and electrophilic atoms in the molecule.

REFERENCES

[1] Madhu, S.M., Nagarjuna, U., Padmavathi, V., Padmaja, A., Vasudeva, R.N., Vijaya, T. (2018). Synthesis and Antimicrobial Activity of Pyrimidinyl 1,3,4-Oxadiazoles, 1,3,4-Thiadiazoles and 1,2,4-Triazoles. Eur. J. Med. Chem., 145, 1-10. DOI: 10.1016/j.ejmech.2017.12.067.

[2] Chen, M.H., Chen, L.J., Zhu, X.S., Wang, X.B., Li, Q., Zhang, J.P., Lu, D.W., Xue, W. (2017). Synthesis and Biological Activities of Cyclanone O-(2-(3-Aryl-4- Amino-4H-1,2,4- Triazol-3-yl) Thio)Acetyl)Oxime Derivatives. Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem., 192, 1259-1263. DOI: 10.1080/ 10426507.2017.1315419.

[3] Jin, R., Liu, J., Zhang, G., Li, J., Zhang, S., Guo, H. (2018). Design, Synthesis, and Antifungal Activities of Novel 1,2,4-Triazole Schiff Base Derivatives. Chem. Biodivers. 5,1800263. DOI: 10.1002/cbdv.201800263.

[4] Jia, C.Q., Su, W.C., Xu, Y.J., Liu, J.P., Qin, Z.H. (2016). Synthesis, Structure Characterization and Fungicidal Activity of 1,3- Disubstituted-1H-1,2,4-Triazole-5-Amines. Chin. J. Org. Chem., 36, 830-837. DOI: 10.6023/cjoc201510021.

[5] El-Sayed, H.A., Moustafa, A.H., Haikal, A. E.Z. (2013). Synthesis, Antiviral and Antimicrobial Activity of 1,2,4-Triazole Thioglycoside Derivatives. Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem., 188, 649-662. DOI: 10.1080/10426507.2012.668990.

[6] Tariq, S., Alam, O., Amir, M. (2018). Synthesis, anti-Inflammatory, P38a MAP Kinase Inhibitory Activities and Molecular Docking Studies of Quinoxaline Derivatives Containing Triazole Moiety. Bioorg. Chem. 76, 343–358. DOI: 10.1016/j.bioorg.2017.12.003.

[7] Ganesh Kumar, T. N.V., Gautham Shenoy, G., Kar, S.S., Shenoy, V., Bairy, I. (2018). Design, Synthesis and Evaluation of Antitubercular Activity of Novel 1,2,4-Triazoles against MDR Strain of Mycobacterium Tuberculosis. Pharm. Chem. J., 51, 907–917. DOI: 10.1007/s11094-018-1714-8.

[8] Kaldrikyan, M.-A., Melik-Ohanjanyan, R.G., Arsenyan, F.H. (2017). Synthesis and Antitumor Activity of 2-N-,3-S-Substituted 5-(4-Benzyloxyphenyl)-1,2,4-Triazoles. Pharm. Chem. J., 51, 760-763. DOI: 10.1007/s11094-017-1688-y.

[9] Du, H.-F., Zhi, J., Yang, L., Bao, X.P. (2018). Synthesis and Antimicrobial Activities of Novel 1,2,4-Triazole-Acylhydrazone Derivatives Containing the Quinazolin-4-One Moiety. Chin. J. Org. Chem., 38, 531–538. DOI: 10.6023/cjoc201708051.

[10] Zhang, Y., Wang, B.L., Zhan, Y.Z., Zhang, L.Y., Li, Y.H., Li, Z.M. (2016). Synthesis and Biological Activities of Novel 5-(Pyridine3-yl)-1,2,4-Triazole Mannich Bases and Bis-Mannich Bases Containing Piperazine Moiety. Chem. J. Chin. U., 37, 1100-1107. DOI: 10.7503./cjcu20160042.

[11] Yüksek, H., Kotan, G., Medetalibeyoğlu, H., Gürbüz, A., Alkan M. (2017). B3LYP ve HF Temel Setleri Kullanılarak Bazı 3-Alkil-4-(2-asetoksi-3-metoksibenzilidenamino)-4,5-dihidro-1*H*-1.2.4-triazol-5-on Bileşiklerinin Deneysel ve Teorik Özelliklerinin İncelenmesi. CBÜ Fen Bil. Dergi, Cilt 13, Sayı 1, 193-204.

[12] Kotan, G., Medetalibeyoğlu, H., Beytur M., Akyıldırım O., Yüksek H. (2019). Synthesis and Theoretical Analyses of Novel 5-mercapto-2-(5-methyl-furan-2-yl-methylidenamino)-1,3,4-thiadiazole Molecule. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(2): 1023-1034, ISSN: 2146-0574, eISSN: 2536-4618, DOI: 10.21597/jist.542004.

[13] Kotan G., Yüksek H. (2019). Theoretical (B3LYP, HF) properties [spectroscopic (FT-IR, $^{13}C/^{1}H$-NMR), electronic, thermodynamic and geometric] of 2-(3-benzyl-4,5-dihydro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on-4-yl)-azomethine) benzoic acid molecule. EurasianBioChem 2019, June 28-29, Ankara, Turkey. Proceeding Book, 1491-1498.

[14]Beytur M., Yüksek, H. (2014). Yeni 3-(3-Klorobenzil)-4-(3-sinnamoiloksibenzilidenamino)-4,5-Dihidro-1H-1,2,4-triazol-5-on Bileşiğinin Gaussian Programı Kullanılarak Spektroskopik Özelliklerinin İncelenmesi. Caucasian Journal of Science, 1(1), 149-166.

[15] Gökçe, H., Bahçeli, S., Akyıldırım, O., Yüksek, H. and Gürsoy-Kol, Ö. (2013). The Syntheses, Molecular Structures, Spectroscopic Properties (IR, Micro–Raman, NMR and UV–vis) and DFT Calculations of Antioxidant 3-alkyl-4-[3-methoxy-4-(4-methylbenzoxy)benzylidenamino]-4,5-dihydro-1H-1,2,4-triazol-5-one Molecules Letters in Organic Chemistry 10 (6): 395-441.

[16] Gökçe, H., Akyıldırım, O., Bahçeli, S., Yüksek, H. and Gürsoy-Kol, Ö. (2014). The 1-acetyl-3-methyl-4-[3-methoxy-4-(4-methylbenzoxy)benzylidenamino]-4,5-dihydro-1H-1,2,4-triazol-5-one Molecule Investigated by a Joint Spectroscopic and Quantum Chemical Calculations Journal of Molecular Structure DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.molstruc.2013.10.044, 1056-1057: 273-284.

[17]Frisch, M.J., Trucks, G.W., Schlegel, H.B., Scuseria, G.E., Robb, M.A., Cheeseman, J.R., Scalmani, G., Barone, V., Mennucci, B., Petersson, G.A., Nakatsuji, H., Caricato, M., Li, X., Hratchian, H.P., Izmaylov, A.F., Bloino, J., Zheng, G., Sonnenberg, J.L., Hada, M., Ehara, M., Toyota, K., Fukuda, R., Hasegawa, J., Ishida, M., Nakajima, T., Honda, Y., Kitao, O., Nakai, H., Vreven, T., Montgomery, J.A., Jr.Vreven, T., Peralta, J.E., Ogliaro, F., Bearpark, M., Heyd, J.J., Brothers, E., Kudin, N., Staroverov, V.N., Kobayashi, R., Normand, J., Raghavachari, K., Rendell, A., Burant, J.C., Iyengar, S.S., Tomasi J., Cossi, M., Rega, N., Millam, J.M., Klene, M., Knox, J.E., Cross J.B., Bakken, V., Adamo, C., Jaramillo, J., Gomperts, R., Stratmann, R.E., Yazyev, O., Austin, A.J., Cammi, R., Pomelli, C., Ochterski, J.W., Martin, L.R., Morokuma, K., Zakrzewski, V.G., Voth, G.A., Salvador, P., Dannenberg, J.J., Dapprich, S., Daniels A.D., Farkas, O., Foresman, J.B., Ortiz, J.V., Cioslowski, J., & Fox, D.J. (2009). Gaussian Inc., Wallingford, CT.

[18] Wolinski, K., Hilton, J.F. and Pulay, P.J. (1990). Am. Chem. Soc., 112, 512.

[19] Yüksek H., Akdeniz F., Bahçeci Ş. (2006). Bazı Potansiyel biyolojik aktif 4,5-dihidro-1H-1,2,4-triazol-5-on Türevlerinin Sentezi ve Yapılarının Aydınlatılması. Kimya 2006, XX. Ulusal Kimya Kongresi, Kayseri, Bildiri Özetleri Kitabı, OKS-03.

[20]Jamróz, M.H. (2004). Vibrational Energy Distribution Analysis: VEDA 4 program, Warsaw.

[21]Merrick J.P., Moran D., Radom L. (2007). An Evaluation of Harmonic Vibrational Frequency Scale Factors. Journal of Physical Chemistry, 111(45), 11683-11700.

1-(MORFOLİN-4-İL-METİL)-3-(N-PROPİL)-4-(4-İZOPROPİLBENZİLİDENAMİNO)-4,5-DİHİDRO-1*H*-1,2,4-TRİAZOL-5-ON BİLEŞİĞİNİN SENTEZİ, DENEYSEL VE TEORİK ANALİZİ

SYNTHESIS, EXPERIMENTAL AND THEORETICAL ANALYSES OF NOVEL 1-(MORPHOLINE-4-YL-METHYL)-3-(*N*-PROPYL)-4-(4-ISOPROPYLBENZYLIDENAMINO)-4,5-DIHYDRO-1*H*-1,2,4-TRIAZOL-5-ONE COMPOUND

Assist. Prof. Dr. Gül KOTAN
Kafkas University, Kars Vocational School

Prof. Dr. Haydar YÜKSEK
Kafkas University, Department of Chemistry

ÖZET

Bu çalışmada, 1-(morfolin-4-il-metil)-3-(*n*-propil)-4-(4-izopropilbenzilidenamino)-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on molekülü, 3-(*n*-propil)-4-(4-izopropilbenzilidenamino)-4,5-dihidro-1*H*-1,2,4-triazol-5-on bileşiğinin morfolin ve formaldehit ile reaksiyonundan sentezlenmiştir. Bu yeni Mannich bazının yapısı IR, ^{1}H/ ^{13}C-NMR spektral verileri ile analiz edilmiştir. Başlıca molekül Gaussian 09W programında 6-311G(d,p) temel seti kullanılarak Yoğunluk Fonksiyonel Teorisi (DFT) ve Hatree Fock (HF) metodları ile çalışılmıştır. Öncelikle, molekülün kararlı üç boyutlu görünümü GaussView5.0 programı ile belirlenmiştir. Bu optimize edilmiş molekülün yapısı temel alınarak, spektroskopik özellikler (FT-IR, ^{13}C/ ^{1}H-NMR), elektronik özellikler (iyonizasyon potansiyeli (I), kimyasal sertlik ve yumuşaklık, elektronegativite (χ), elektron yoğunluğu (A), elektrofilik ve nükleofilik indeks, HOMO-LUMO enerjisi ve ΔEg enerjisi, geometrik özellikler (bağ açısı ve bağ uzunluğu) ve termodinamik özellikler (entropi (S), termal enerji (E), termal kapasite (CV)) DFT/ HF 6-311G(d,p) ile hesaplanmıştır. ^{13}C/ ^{1}H-NMR izotropik kayma değerlerinin teorik hesaplamaları GIAO metoduna göre gaz fazında ve çözücüde çalışıldı ve deneysel değerler ile hesaplanan değerler karşılaştırılarak regresyon analizi yapılmıştır. R^2 değerleri hesaplandı ve regression grafikleri oluşturuldu. FT-IR (Infrared) titreşim frekans değerleri deneysel IR değerleri ile karşılaştırıldı. Ek olarak, molekülün toplam enerjisi, dipol momenti, mulliken atomik yük değerleri, moleküler elektron potansiyeli (MEP), toplam yoğunluk ve kontur yüzey haritaları belirlenmiştir. Yapının elektrofilik ve nükleofilik bölgeleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: 1,2,4-Triazol-5-on, B3LYP, HF, GIAO, HOMO-LUMO.

ABSTRACT

In this study, 1-(morpholine-4-yl-methyl)-3-(*n*-propyl)-4-(4-isopropylbenzylidenamino)-4,5-dihydro-1*H*-1,2,4-triazol-5-one molecule was synthesized by the reaction of compound 3-(*n*-propyl)-4-(4-isopropylbenzylidenamino)-4,5-dihydro-1*H*-1,2,4-triazol-5-one with morpholine and formaldehyde. The structure of this new Mannich base was analysed by IR, ^{1}H/ ^{13}C-NMR spectral data. The main molecule was studied with the methods Density Functional Theory (DFT) and Hatree Fock (HF) using the basis set 6-311G(d,p) in the Gaussian 09W program. First, the most stable three-dimensional shape of the molecule was determined with the GaussView5.0 program. Based on the structure of this optimized molecule, spectroscopic properties (FT-IR, ^{13}C/ ^{1}H-NMR), the electronic properties (ionization potential (I) chemical hardness and softness, electronegativity (χ), electron affinity (A), electrophilic and nucleophilic index), HOMO-LUMO energies and ΔEg energy, the geometric

properties (bond length and angle) ve the thermodynamic properties (entropy (S), thermal energy (E), thermal capacity (CV)) were calculated with DFT/ HF 6-311G(d,p). Theoretical calculations of ^{13}C/ ^{1}H-NMR isotropic shift values were performed in gas phase and solvent (DMSO) acording to GIAO method and regression analyzes were by compare with experimental values of computational data. R^2 values were calculated and regression graphs were created. FT-IR (Infrared) vibration frequency values were calculated from the Veda4f program. The theoretical IR vibration frequency values were compared with the experimental IR values. In addition, the total energy of the molecule, dipole moment, mulliken atomic charge values, molecular electron potential (MEP), total density and contour surface maps were determined. The electrophilic and nucleophilic regions of the structure were confirmed.

Keywords: 1,2,4-Triazole-5-one, B3LYP, HF, GIAO, HOMO-LUMO.

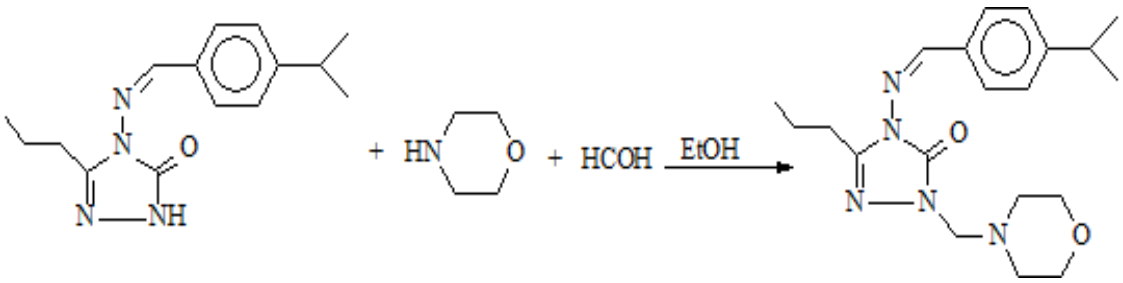
INTRODUCTION

The 1,2,4-triazole and its derivatives were reported to shown various biologically activities such as antioxidant properties, analgesic, anti-inflammatory, anticancer and antimicrobial [1–4]. Mannich bases are a triazole derivative and are very significant compounds. Mannich reaction is condensation reaction of a secondary amine and formaldehyde, an active hydrogen containing compound [5]. Mannich bases also possess comprehensive bioactivities like analgesic [6], anticonvulsant [7,8] antibacterial and antifungal activities [9-11] anticancer [12]. Also, few Mannich bases invented from 1,2,4-triazoles carrying Morpholine substituent have biologically active [12, 13]. In the last year, thereotical properties of mannich bases were investigated on a computer. In this study, we exzamined thereotical features of 1-(morpholine-4-yl-methyl)-3-(*n*-propyl)-4-(4-isopropylbenzylidenamino)-4,5-dihydro-1*H*-1,2,4-triazol-5-one molecule. All theoretical calculations for the target compound were with the Gaussian 09 quantum chemistry program [14] on a personal computer. For this, firstly, molecule were optimized by using the Density Functional Theory (DFT) and Hatree Fock (HF) methods [15, 16] level of theory, 6-311G(d,p) basis set. Optimized structure is the most stable structure of the molecule and is drawn with GaussView 05 program [17]. Then from this form, dipole moments, the highest occupied molecular orbital (HOMO) and the lowest unoccupied molecular orbital (LUMO), total energy of the molecule, bond lengths and mulliken charges, electronic properties; E_{LUMO}-E_{HOMO} energy gap (ΔEg), electronegativity (χ), electron affinity (A), global hardness (η), softness (σ), ionization potential (I), thermodynamics properties; (thermal energies (E), thermal capacity (CV), entropy (S) were calculated. In addition, The theoretical calculations ^{1}H-NMR and ^{13}C-NMR were performed by using DFT and HF with the B3LYP/6-31G(d,p) level. ^{1}H-NMR and ^{13}C-NMR isotropic shift values were calculated by the method of GIAO using the program package Gaussian G09 [16, 18]. Theoretical and experimental values were inserted into the grafic according to equatation of $\delta exp=a+b$. δ calc. The standard error values were found via SigmaPlot program with regression coefficient of a and b constants. Finally, the theoretical vibrational spectra were calculated at the DFT(B3LYP)/ HF 6-311G(d,p) basis set in the gas phase and these data are scaled with 0.9688 and 0.9059 factors [19]. The data obtained according to DFT and HF method are formed using theoretical infrared spectrum. The experimental and theoretical IR spectra are given in Fig. 3. The veda4f program was used in defining IR data [20].

MATERIALS AND METHODS

Experimental and Spectroscopic Values of the Compound

The synthesis of 1-(morpholine-4-yl-methyl)-3-(*n*-propyl)-4-(4-isopropylbenzylidenamino)-4,5-dihydro-1*H*-1,2,4-triazol-5-one: 3-*n*-propyl-4-(4-ethylbenzylidenamino)-4,5-dihydro-1*H*-1,2,4-triazole-5-one (5mmol) was dissolved absolute ethanol and to this solution were added to formaldehyde (% 37, 10 mmol) and morpholine (6 mmol). The reaction mixture was refluxed for 4 hours. The mixture was left at room temperature for 1 overnight. Then, the mixture was cooled in the -18 ^{0}C refrigeratör. The solid formed was obtained by filtration, washed with cold ethanol and recrystalised from ethanol. Melting points were check on WRS-2A Microprocessor Melting-Point Apparatus. The IR spectra were measured on Alpha-P Bruker FT-IR Spectrometer. ^{1}H- and ^{13}C-NMR spectra were recorded in deuterated dimethyl sulfoxide with TMS as internal standard on a Bruker 400 MHz spectrometer, respectively. Yield 86%; m.p: 126 ^{0}C**,** ^{1}H-NMR (400 MHz, DMSO) δ (ppm): 0.96 (t, 3H, $CH_2CH_2CH_3$; *J*=7.60 Hz), 1.23 (d, 6H, $2CH_3$; *J*=6.80 Hz), 1,67 (sext, 2CH, CH2CH2CH_3 ; *J*=7.20 Hz), 2.58 (m, 4H, CH_2NCH_2), 2.68 (t, 2H, $CH_2CH_2CH_3$ J=7.20 Hz), 2,96 (hept, 1H, CH; *J*=6.80 Hz), 3.55(t, 4H, CH_2OCH_2), 4.55 (s, 1H, NCH_2N), 7.39 (d, 2H, ArH; *J*=8.40 Hz), 7.76 (d, 2H, ArH; J=8.40 Hz), 9.65 (s, 1H, N=CH). ^{13}C-NMR: δ 13.38 ($CH_2CH_2CH_3$), 18.94 ($CH_2CH_2CH_3$), 23.53 ($2CH_3$), 26.57 ($CH_2CH_2CH_3$), 33.45 (CH), 50.00 (CH_2NCH_2), 65.91(CH_2OCH_2), 66.05(NCH_2N), [127.00 (2C), 127.84 (2C), 131.08, 145.64] (ArC), 150.37 (Triazole C_3), 152.40 (N=CH), 154.56 (Triazole C_5).



Scheme 1. Synthesis route of compound

Theoretical Details

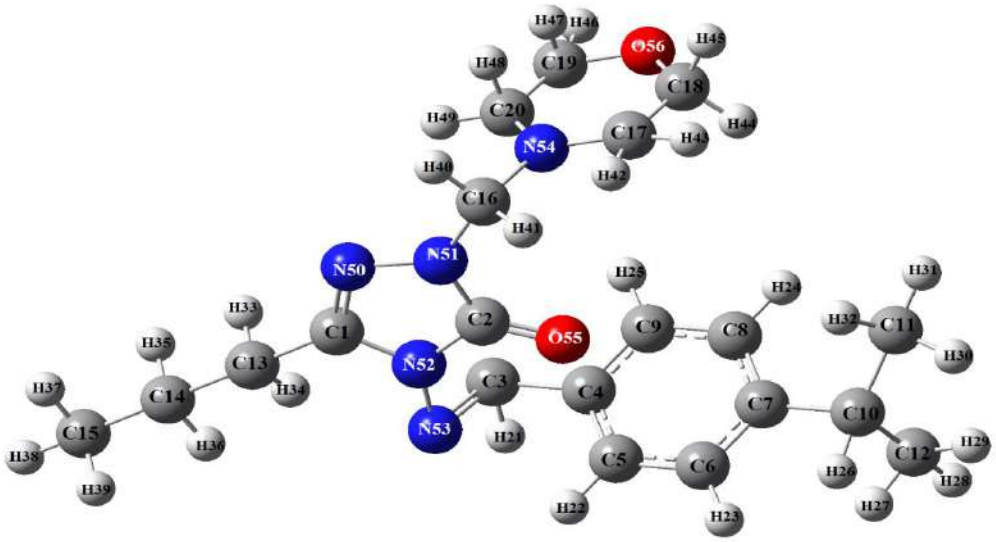


Figure 1. The Gausview structure of the molecule.

^{13}C/^{1}H-NMR Theoretical Calculations

^{1}H-NMR and ^{13}C-NMR isotropic shift values were calculated by the method of GIAO using the program package Gaussian 09W. R^2 values were evaluated in DMSO solvent according to DFT/ HF 6-311G (d, p) methods for the compound. Theoretical and experimental carbon-proton chemical shift and R^2 values were calculated and a linear correlation was observed. There was a correlation between the calculated and experimentally obtained values.

Table 1. ^{13}C and ^{1}H-NMR(DMSO) isotropic chemical shifts (δ/ppm)

No	Experimental	DFT/DMSO	Fark/DMSO	HF/DMSO	Fark/DMSO
C1	150.37	151.18	-0.81	158.22	-7.85
C2	152.40	151.50	0.90	163.80	-11.40
C3	154.56	166.23	-11.67	169.73	-15.17
C4	131.08	134.05	-2.97	134.70	-3.62
C5	127.84	139.48	-11.64	143.90	-16.06
C6	127.00	131.92	-4.92	134.80	-7.80
C7	145.64	161.75	-16.11	167.63	-21.99
C8	127.00	130.67	-3.67	136.82	-9.82
C9	127.84	134.59	-6.75	141.74	-13.90
C10	33.45	41.05	-7.60	38.72	-5.27
C11	23.53	24.18	-0.65	28.04	-4.51
C12	23.53	23.89	-0.36	27.84	-4.31
C13	26.57	31.12	-4.55	1.37	25.20
C14	18.94	20.77	-1.83	22.32	-3.38
C15	13.38	12.00	1.38	17.34	-3.96
C16	66.05	70.10	-4.05	66.32	-0.27
C17	50.00	46.59	3.41	45.31	4.69
C18	65.91	67.18	-1.27	64.54	1.37
C19	65.91	62.19	3.72	57.57	8.34
C20	50.00	46.25	3.75	49.65	0.35
H21	9.65	8.84	0.81	9.05	0.60
H22	7.75	8.25	-0.50	8.14	-0.39
H23	7.39	8.18	-0.79	7.94	-0.55
H24	7.39	8.24	-0.85	7.82	-0.43
H25	7.75	8.93	-1.18	8.32	-0.57
H26	2.96	3.50	-0.54	2.77	0.19
H27	1.23	1.78	-0.55	1.44	-0.21
H28	1.23	1.85	-0.62	1.45	-0.22
H29	1.23	1.94	-0.71	1.23	0.00
H30	1.23	1.84	-0.61	1.47	-0.24
H31	1.23	1.94	-0.71	1.45	-0.22
H32	1.23	1.94	-0.71	1.28	-0.05
H33	2.68	3.01	-0.33	2.04	0.64
H34	2.68	3.53	-0.85	2.13	0.55
H35	1.67	2.85	-1.18	1.84	-0.17
H36	1.67	2.22	-0.55	1.48	0.19
H37	0.96	1.69	-0.73	1.18	-0.22
H38	0.96	1.47	-0.51	0.91	0.05
H39	0.96	1.54	-0.58	0.92	0.04
H40	4.55	5.24	-0.69	4.51	0.04
H41	4.55	5.31	-0.76	3.92	0.63
H42	2.58	3.25	-0.67	2.85	-0.27
H43	2.58	3.77	-1.19	2.57	0.01
H44	3.55	4.73	-1.18	4.05	-0.50
H45	3.55	4.10	-0.55	3.69	-0.14
H46	3.55	3.96	-0.41	3.45	0.10
H47	3.55	4.25	-0.70	3.50	0.05
H48	2.58	3.75	-1.17	2.14	0.44
H49	2.58	4.15	-1.57	2.68	-0.10

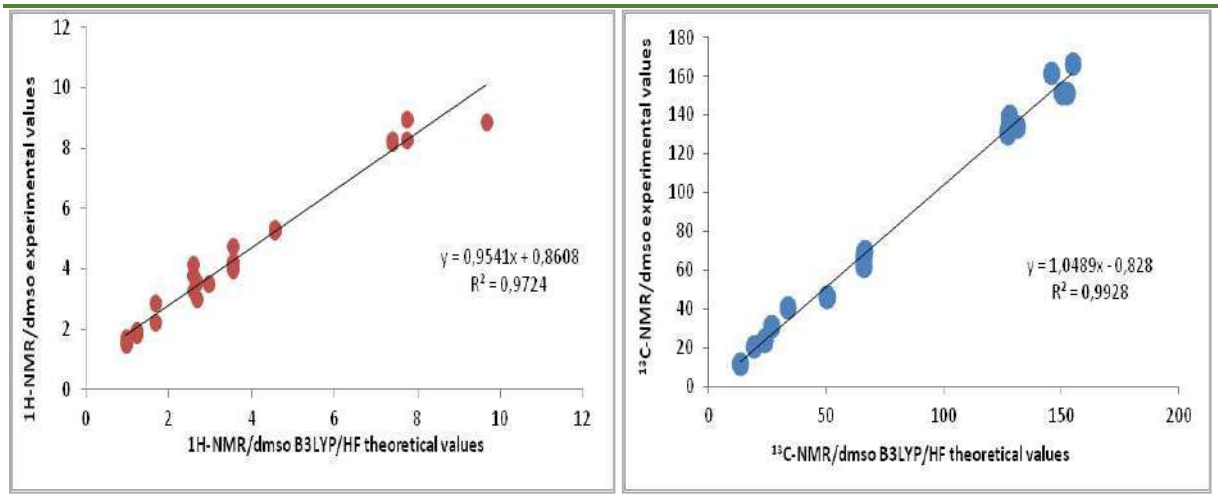


Figure 2. The correlation graphs for B3LYP/HF 6-311G(d,p)

Molecular Geometry

Table 2. The calculated bond lengths of molecule

	Bond Lengths	B3LYP	HF		Bond Lengths	B3LYP	HF
1	C(1)-C(13)	1.492	1.494	**28**	C(10)-C(12)	1.539	1.534
2	C(1)-N(50)	1.298	1.269	**29**	C(12)-H(27)	1.092	1.086
3	C(1)-N(52)	1.385	1.376	**30**	C(12)-H(28)	1.093	1.086
4	N(52)-N(53)	1.383	1.374	**31**	C(12)-H(29)	1.093	1.085
5	N(51)-C(2)	1.372	1.354	**32**	N(51)-C(16)	1.470	1.440
6	C(2)-N(52)	1.416	1.374	**33**	C(16)-H(40)	1.092	1.079
7	C(2)-O(55)	1.216	1.195	**34**	C(16)-H(41)	1.090	1.087
8	N(52)-N(53)	1.396	1.394	**35**	C(16)-N(54)	1.436	1.438
9	N(53)-C(3)	1.285	1.260	**36**	N(54)-C(17)	1.456	1.444
10	C(3)-H(21)	1.090	1.080	**37**	C(17)-H(42)	1.091	1.094
11	C(3)-C(4)	1.466	1.482	**38**	C(17)-H(43)	1.096	1.083
12	C(4)-C(5)	1.403	1.394	**39**	C(17)-C(18)	1.548	1.532
13	C(5)-H(22)	1.085	1.076	**40**	C(18)-H(44)	1.088	1.082
14	C(5)-C(6)	1.388	1.379	**41**	C(18)-H(45)	1.100	1.089
15	C(6)-H(23)	1.085	1.075	**42**	C(18)-O(56)	1.433	1.405
16	C(6)-C(7)	1.397	1.393	**43**	O(56)-C(19)	1.420	1.395
17	C(7)-C(8)	1.402	1.388	**44**	C(19)-H(46)	1.100	1.081
18	C(8)-H(24)	1.083	1.075	**45**	C(19)-H(47)	1.091	1.089
19	C(8)-C(9)	1.386	1.385	**46**	C(19)-C(20)	1.545	1.531
20	C(9)-H(25)	1.079	1.070	**47**	C(20)-H(48)	1.100	1.094
21	C(4)-C(9)	1.405	1.389	**48**	C(20)-H(49)	1.090	1.083
22	C(7)-C(10)	1.520	1.520	**49**	C(20)-N(54)	1.467	1.454
23	C(10)-H(26)	1.095	1.085				
24	C(10)-C(11)	1.539	1.534				
25	C(11)-H(30)	1.092	1.085				
26	C(11)-H(31)	1.093	1.086				
27	C(11)-H(32)	1.093	1.086				

Table 3. The significant bond lengths of molecule

Bond Lengths (Å)	**Theoretical**	**Literature**
N53=C3	1.28/ 1.26 Å	1.28
N-C	1.26/ 1.41	
C=O	1.21/ 1.19	1.21
N-N	1.37-1.39	1.40
Phenly ring C-C	1.41-1.38	
C-O	1.39-1.43	

It was found that C1, C2, C3, C16, C18, C19 atoms surrounded by electronegative atoms have positive charges in the compound. C1 atom 2 (two) electronegative atoms (N,N), C2 atom 3 (three) electronegative atoms (N,N,O), C16 two electronegative atoms (N,N), C18, C19, atoms an electronegative atom (O). The C2 atom surrounded by three (3) electronegative atoms was found to have the highest atomic charge of 0.539 and 0.754.

Table 4. The calculated mulliken charges datas of molecule

	DFT	HF		DFT	HF
C1	0.353	0.466	**H33**	0.130	0.129
C2	0.539	0.754	**H34**	0.130	0.123
C3	0.105	0.204	**H35**	0.133	0.122
C4	-0.086	-0.164	**H36**	0.107	0.093
C5	-0.064	-0.065	**H37**	0.106	0.092
C6	-0.080	-0.079	**H38**	0.101	0.086
C7	-0.043	-0.067	**H39**	0.112	0.102
C8	-0.081	-0.113	**H40**	0.130	0.106
C9	-0.049	-0.054	**H41**	0.138	0.117
C10	-0.192	-0.183	**H42**	0.126	0.112
C11	-0.259	-0.198	**H43**	0.121	0.072
C12	-0.257	-0.197	**H44**	0.150	0.082
C13	-0.211	-0.195	**H45**	0.093	0.102
C14	-0.235	-0.213	**H46**	0.096	0.075
C15	-0.287	-0.226	**H47**	0.117	0.094
C16	0.094	0.238	**H48**	0.120	0.082
C17	-0.171	0.062	**H49**	0.106	0.111
C18	0.014	0.021	**N50**	-0.230	-0.293
C19	-0.062	0.181	**N51**	-0.331	-0.431
C20	-0.050	0.100	**N52**	-0.386	-0.512
H21	0.117	0.131	**N53**	-0.180	-0.208
H22	0.091	0.093	**N54**	-0.378	-0.553
H23	0.086	0.096	**O55**	-0.400	-0.537
H24	0.102	0.126	**O56**	-0.385	-0.491
H25	0.138	0.159			
H26	0.112	0.110			
H27	0.111	0.098			
H28	0.105	0.083			
H29	0.105	0.092			
H30	0.114	0.083			
H31	0.105	0.092			
H32	0.105	0.101			

Table 5. Dipole Moment and Total Energy of molecule

	μ_x	μ_y	μ_z	μ_{Toplam}
Dft	0.5097	7.6278	-1.8068	7.8554
Hf	5.6162	0.3483	-0.1098	5.6281

Enerji (a.u.)	**B3lyp**	**Hf**
	-1204.05363	-1196.43066

HOMO-LUMO Analyses, Electronic and Thermodynamic Properties

HOMO-LUMO energy of compound was calculated using B3LYP/DFT 6-311G (d,p)/ HF 6-311G (d,p) levels of theory. The HOMO-LUMO energy gap is 3.998 e.v. for B3LYP/DFT basis set and 11.182 e.v. for HF 6-311G (d,p) basis set (figure 4). Using HOMO-LUMO energy gap electronegativity (χ), electron affinity (A), global hardness (η), softness (S), chemical potential (μ), ionization potential (I), chemical potential (Pi), electrophilic index(ω), Nucleophilic index (IP) for the compound was calculated.

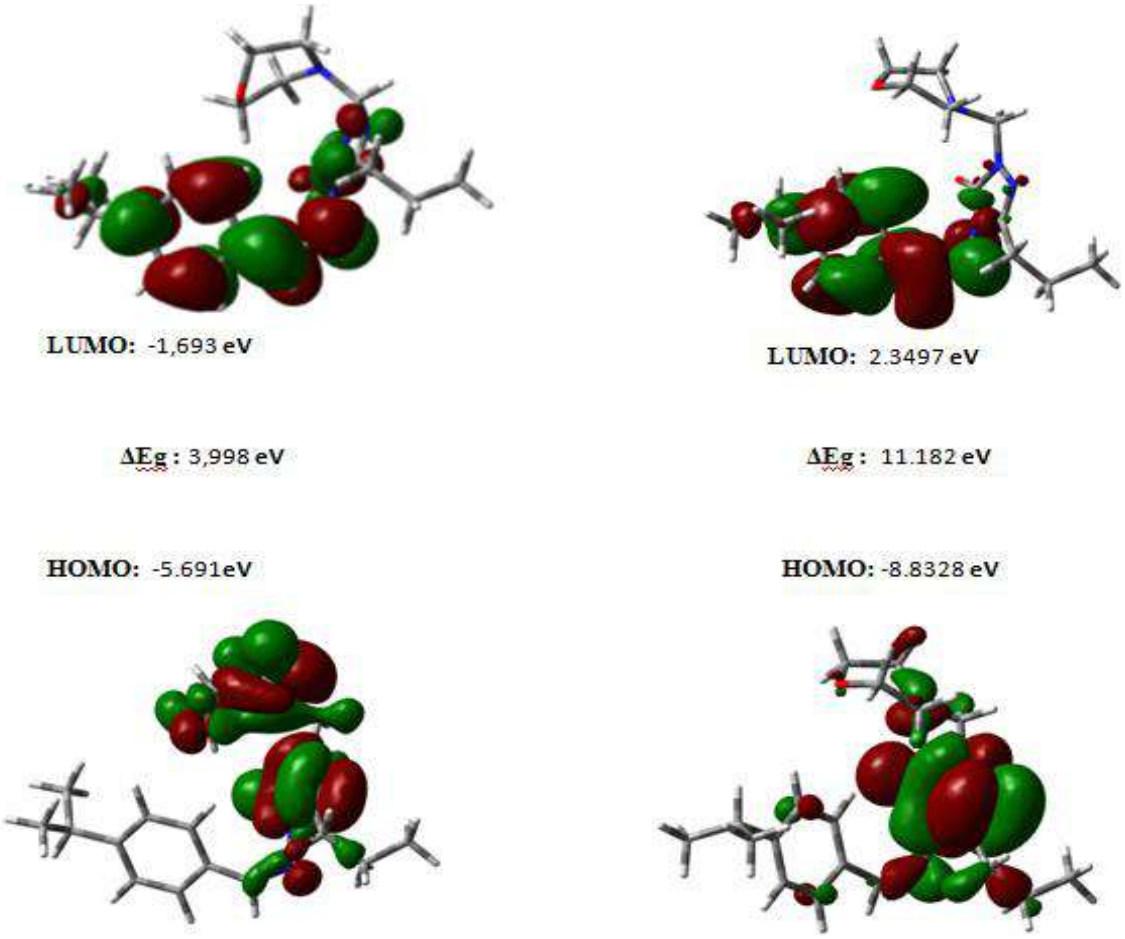


Figure 3. HOMO-LUMO energy of the molecule

Table 6. The calculated electronic structure parameters of the molecule

		Hatree	ev	kcal/mol	KJ/mol
	LUMO	-0,06223	-1,69332	-39,0495	-163,385
	HOMO	-0,20915	-5,69112	-131,242	-549,123
A	electron affinity	0,06223	1,69332	39,0495	163,385
I	ionization potential	0,20915	5,69112	131,242	549,123
ΔE	energy gap	0,14692	3,9978	92,1927	385,738
χ	electronegativity	0,13569	3,69222	85,1459	356,254
Pi	chemical potential	-0,13569	-3,69222	-85,1459	-356,254
ω	electrophilic index	0,000676265	0,0184	0,42436	1,77553
IP	Nucleophilic index	-0,00996779	-0,27123	-6,25482	-26,1704
S	molecular softness	13,6129	370,415	8542,1	35740,5
η	molecular hardness	0,07346	1,9989	46,0964	192,869

Thermodynamic parameters of molecule (such as thermal energy,zero-point, vibrational energies (ZPVE), heat capacity, entropy, rotational temperatures and rotational constants) were calculated 298.150 K and 1 atm of pressure. In addition to, the standard thermodynamic functions of heat capacity CV^0, entropy S^0 and enthalpy H^0 were obtained at the the DFT (B3LYP)/ HF 6311G(d,p) levels.

Table 7. The calculated thermodynamics parameters of the molecule

Rotational temperatures (Kelvin)	**DFT**	**HF**
A	0.00979	0.01203
B	0.00738	0.00671
C	0.00502	0.00493
Rotational constants (GHZ)		
A	0.20399	0.25061
B	0.15386	0.13974
C	0.10469	0.10271
Thermal Energies E(kcal/mol)		
Translational	0.889	0.889
Rotational	0.889	0.889
Vibrational	335.273	315.019
Total	337.051	316.796
Thermal Capacity CV(cal/mol-K)		
Translational	2.981	2.981
Rotational	2.981	2.981
Vibrational	87.483	94.701
Total	93.445	100.663
Entropy S(cal/mol-K)		
Translational	43.628	43.628
Rotational	35.835	35.745
Vibrational	101.604	102.147
Total	181.067	181.520
Zero-point correction (Hartree/Particle)	0.511812	0.478336
Thermal correction to Energy	0.537124	0.504847
Thermal correction to Enthalpy	0.538069	0.505791
Thermal correction to Gibbs Free Energy	0.452038	0.419545
Sum of electronic and zero-point Energies	-1195.918854	-1203.575304
Sum of electronic and thermal Energies	-1195.893541	-1203.548793
Sum of electronic and thermal Enthalpies	-1195.892597	-1203.547849
Sum of electronic and thermal Free Energies	-1195.978628	-1203.634095
Zero-point vibrational energy (Kcal/mol)	321.16676	300.16060

The Surface Maps of Molecule

The total density, molecular electron potential (MEP) and contour maps of the molecule were determined. From these surface maps were possible to determine the charge distribution and charge density, electronegative and positive regions of the molecule. The electronegative atoms in the structure were surrounded by red, the other atoms region is yellow or green. These color differences in surface maps were indicated the presence of nucleophilic and electrophilic atoms in the molecule.

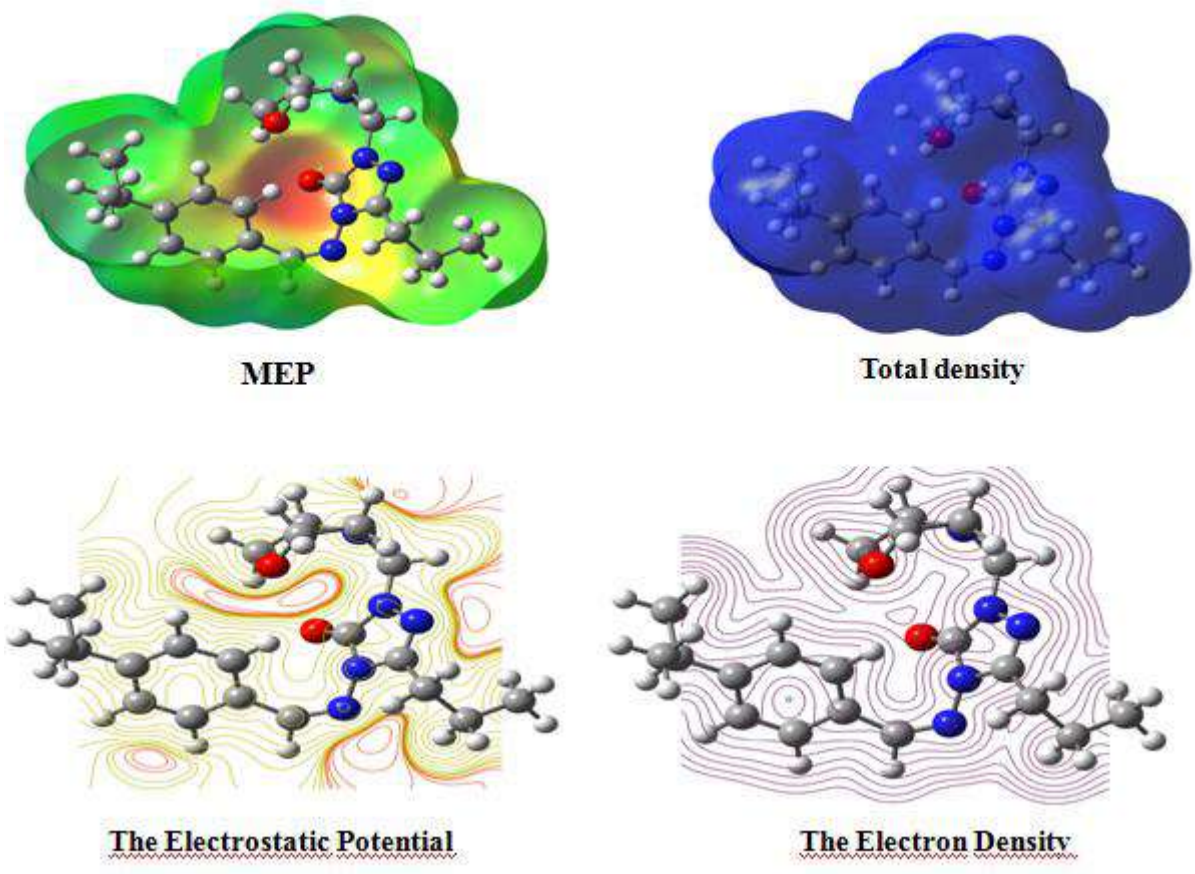


Figure 4. The calculated molecular surfaces of the molecule

CONCLUSION

Theoretical parameters of molecule are calculated by Density Functional Theory (DFT) and Hartree-Fock (HF) methods with the 6-311G(d,p) basis sets of the program package Gaussian G09W. Obtained spectroscopic parameters (^{13}C/ ^{1}H-NMR) are compared with experimental data. The chemical shifts in the calculations ^{1}H-NMR and ^{13}C-NMR and IR vibrational frequencies are found to be compatible with the experimental data. Theoretical and experimental carbon and proton chemical shifts ratios between were observed lineer a correlation. In addition, the highest occupied molecular orbital (HOMO) and the lowest unoccupied molecular orbital (LUMO), bond lengths, mulliken charges, E_{LUMO}-E_{HOMO} energy gap (ΔE_g), electronegativity (χ), electron affinity (A), global hardness (η), softness (σ), ionization potential (I), total energy of the molecule, thermodynamics properties, dipole moments were calculated with B3LYP/DFT6-311G (d,p) and HF/6-311G (d,p) basis sets. In addition to, the electrophilic and nucleophilic regions of the molecule were determined from the MEP map.

REFERENCES

[1] V. Padmavathi, P. Thriveni, G. Sudhakar Reddy, D. Deepti, Eur. J. Med.Chem. 43 (5) (2008) 917–924.
[2] M. Amir, H. Kumar, S.A. Javed, Eur. J. Med. Chem. 43 (10) (2008) 2056–2066.
[3] K. Sztanke, T. Tuzimski, J. Rzymowska, K. Pasternak, M. Kandefer-Szersze&-Znacute, Eur. J. Med. Chem. 43 (2) (2008) 404–419.
[4] C. Kus¸ , G.A. Kılcıgil, S. Özbey, F.B. Kaynak, M. Kaya, T. Çoban, B.C. Eke, Bioorg. Med. Chem. 16 (8) (2008) 4294–4303.
[5] M.S. Karthikeyan, D.J. Prasad, B. Poojary, K.S. Bhat, B.S. Holla, N.S. Kumari, Bioorg. Med. Chem. 14 (2006) 7482-7489.
[6] B.S. Holla, B. Veerendra, M.K. Shivananda, B. Poojary, Eur. J. Med. Chem. 38 (2003) 759-767.
[7] B. Kalluraya, R.M. Chimbalkar, J.C. Hegde, Indian J. Het. Chem. 15 (2005) 15-18.
[8] Zhi-Feng Xie, Kyu-Yun Chai, Hu-Ri Piao, Kyung-Chell Kwak, Zhe-Shan Quan, Bioorg. Med. Chem. Lett. 15 (2005) 4803-4805.
[9] M. Ashok, B.S. Holla, B. Poojary, Eur. J. Med. Chem. 42 (2007) 1095-1101.
[10] A.M. Isloor, B. Kalluraya, P. Shetty, Eur. J. Med. Chem. 44 (2009) 3784-3787.
[11] O. Bekircan, H. Bektas, Molecules 13 (2008) 2126-2135.
[12] W. Malinka, P. Swiatek, B. Filipek, J. Sapa, A. Jerierska, A. Koll, Il Farmaco 60 (2005) 961-968.
[13] B. Kalluraya, A.M. Isloor, R.M. Chimbalkar, S. Shenoy, Indian J. Heterocycl.Chem. 10 (2001) 239-240.
[14] B.S. Holla, B. Veerendra, M.K. Shivananda, B. Poojary, Eur. J. Med. Chem. 38 (2003) 759-767.
[15] M.J. Frisch, G.W. Trucks, H.B. Schlegel, G.E. Scuseria, M.A. Robb, B. Mennucci, G.A. Petersson, H. Nakatsuji, M. Caricato, X. Li, et al., Gaussian 09, Revision C.01, Gaussian, Inc., Wallingford, CT. (2009).
[16] K. Wolinski, J.F. Hilton and P.J. Pulay Am. Chem. Soc., 112 (1990) 512.
[17] R. Dennington, T. Keith, J. Millam GaussView. Version 5. Semichem Inc. Shawnee Mission KS. (2009).
[18] R. Ditchfield, J. Chem. Phys., 56 (1972) 5688-5691.
[19] J.P. Merrick, D. Moran, L. Radom, An Evaluation of Harmonic Vibrational Frequency Scale Factors.Journal of Physical Chemistry,111 (45) (2007) 11683-11700.
[20] M.H. Jamróz, Vibrational Energy Distribution Analysis: VEDA 4 program, Warsaw. (2004).