

İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

FBEDJIST

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



İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ

ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

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

www.igdir.edu.tr



IĞDIR ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (FBED)

Journal of the Institute of Science and Technology (JIST)

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

ISSN 2146-0574

Veri Tabanı / Indexed by

EBSCO, TUBİTAK-ULAKBİM

Sahibi / Owner

Prof. Dr. İbrahim Hakkı YILMAZ

Rektör / *Rector*

Sorumlu Müdür / Director

Prof. Dr. Bünyamin YILDIRIM / *Prof. Dr. Bünyamin YILDIRIM*

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

Baş Editör / Editor in Chief

Yrd. Doç. Dr. Süleyman TEMEL / *Assist. Prof. Dr. Süleyman TEMEL*

Yardımcı Editörler / Associate Editors

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

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

Yayın Komisyonu / Publication Committee

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

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

Yrd. Doç. Dr. Kasım ŞAHİN / *Assist. Prof. Dr. Kasım ŞAHİN*

Yrd. Doç. Dr. Tuncay KAYA / *Assist. Prof. Dr. Tuncay KAYA*

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

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

Tasarım / Design - Baskı / Printing

Hangar Marka İletişim Reklam Hizmetleri Yayıncılık Ltd. Şti.

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

Tel / *Phone* : +90 312 425 07 34

Faks / *Fax* : +90 312 425 07 36

www.hangarreklam.com.tr

ULUSAL EDİTÖRLER KURULU
NATIONAL EDITORIAL BOARD

Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜLSOY, Bahçe Bitkileri,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Mücahit PEHLUVAN, Bahçe Bitkileri,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Tuncay KAYA, Bahçe Bitkileri,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Prof. Dr. Ahmet ULUDAĞ, Bitki Koruma,
Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Celalettin GÖZÜAÇIK, Bitki Koruma,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Tuba GENÇ KESİMCİ, Bitki Koruma,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Prof. Dr. Murad Aydın ŞANDA, Biyoloji,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Prof. Dr. Ümit İNCEKARA, Biyoloji,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Hakan KİBAR, Biyosistem,
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Aysun ALTİKAT, Çevre Mühendisliği,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Züleyha BİNGÜL, Çevre Mühendisliği,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Prof. Dr. Genber KERİMLİ, Elektrik-Elektronik Mühendisliği,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Adem KOÇYİĞİT, Elektrik-Elektronik Müh.,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. İkrım ORAK, Fizik,
Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye

Prof. Dr. Devlet ÇİRAĞOĞLU, İnşaat Mühendisliği,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR, İnşaat Mühendisliği,
Erzurum Teknik Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. Emin ERDEM, Kimya,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Servet AŞKIN, Kimya,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ferhat KAYA, Makine Mühendisliği,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Alkan ÖZKAN, Matematik,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Lokman BİLEN, Matematik,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Doç. Dr. Ahmet Tuğrul POLAT, Peyzaj Mimarlığı,
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Prof. Dr. Deniz ÇOBAN, Su Ürünleri,
Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. İlknur MERİÇ, Su Ürünleri,
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Kasım ŞAHİN, Tarım Ekonomisi,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Yakup Erdal ERTÜRK, Tarım Ekonomisi,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Doç. Dr. Bilal KESKİN, Tarla Bitkileri,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Süleyman TEMEL, Tarla Bitkileri,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Adem GÜNEŞ, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme,
Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Uğur ŞİMŞEK, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Doç. Dr. Eser Kemal GÜRCAN, Zootekni,
Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. İsa YILMAZ, Zootekni,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

ULUSLARARASI EDİTÖRLER KURULU
INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Muhammad HANIF, Mathematic,
Lahore Üniversitesi, Lahore, Pakistan

Prof. Dr. Muhammad SARWAR, Animal Science,
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Prof. Dr. Tan YANWEN, Economics,
South China Agricultural University, Guangzhou, China

Prof. Dr. Abdul WAHID, Department of Botany,
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Prof. Dr. Zafar IQBAL, Veterinary Science,
University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Prof. Dr. Khalid JAVED, Dep. of Livestock Prod.,
University of Vet. & Animal Sciences, Lahore, Pakistan

Assist. Prof. Dr. Christina BENEKI, Dep. of Bus. Admin.,
Tech. Educ. Inst. of Ionian Islands, Cephalonia, Greece

Dr. Abdul WAHEED, Animal Science,
Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan

Dr. Ferhat ABBAS, Vet- Animal Science, CASVAB,
University of Balochistan, Balochistan, Pakistan

Dr. Naveen KUMAR, Horticulture,
University of Florida, Florida, USA

DİL EDİTÖRLERİ
LANGUAGE CONSULTANTS

Okutman Didem ERDEL,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Uzm. Hacer GEDİK,
Milli Eğitim Müdürlüğü, İğdır, Türkiye

Uzm. Handan YILDIZ,
Milli Eğitim Müdürlüğü, İğdır, Türkiye

Uzm. Talha YILDIZ,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

BU SAYININ HAKEM LİSTESİ

REFEREE LIST IN THIS NUMBER

Prof. Dr. Ali KAYGISIZ, Zootečni Bölümü,
Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye

Prof. Dr. Ali TOPAL, Tarla Bitkileri Bölümü
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Prof. Dr. Emin Erdem, Kimya Bölümü,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Prof. Dr. Erol YILDIRIM, Bitki Koruma Bölümü,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. FAHRİ SÖNMEZ, Tarla Bitkileri Bölümü,
Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye

Prof. Dr. Hasan Ersin ŞAMLI Zootečni Bölümü,
Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

Prof. Dr. Muharrem Kaya, Tarla Bitkileri Bölümü,
Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye

Prof. Dr. Murat OLGUN, Tarla Bitkileri Bölümü,
Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye

Prof. Dr. Ömer GÜNDOĞDU, Makine Mühendisliği
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. Ramazan MAMMADOV, Biyoloji,
Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye

Prof. Dr. Sait Eren SAN, Fizik Bölümü,
Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

Prof. Dr. Şemsettin ALINDAL, Fizik Bölümü
Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Prof. Dr. Şükrü KARATAŞ, Fizik Bölümü
Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye

Doç. Dr. Adem AKSOY, Tarım Ekonomisi Bölümü,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Ahmet BARAN, Bilgisayar Mühendisliği
Erzincan Üniversitesi, Erzincan, Türkiye

Doç. Dr. Bedri SEVEN, Tıp Fakültesi,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. EROL ATAY Biyoloji Bölümü,
Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, Türkiye

Doç. Dr. Fatih Demir, Kimya Mühendisliği
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Doç. Dr. Fisun KOÇ, Zootečni Bölümü,
Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

Doç. Dr. İsmail SEZER, Tarla Bitkileri Bölümü,
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

Doç. Dr. Resul DAŞ, Yazılım Mühendisliği
Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

Doç. Dr. Serpil SERDAR, Su Ürünleri Fakültesi,
Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Doç. Dr. Şükrü YILDIRIM, Su Ürünleri Fakültesi,
Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Abdulkerim KARABULUT, Elektrik Elektronik
Mühendisliği,
Sinop Üniversitesi, Sinop, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Abdullah BAŞÇI, Elektrik Elektronik
Mühendisliği,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Alkan ÖZKAN, Matematik,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Aylin AĞMA OKUR, Zootečni Bölümü,
Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Fatih ÇIĞ, Tarla Bitkileri Bölümü
Siirt Üniversitesi, Siirt, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. FATMA BEDÜK, Çevre Mühendisliği,
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Hakkı AKDENİZ, Tarla Bitkileri Bölümü,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Haluk KULAZ, Tarla Bitkileri Bölümü,
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. İsa YILMAZ, Zootečni Bölümü,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Kasım ŞAHİN, Tarım Ekonomisi Bölümü,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Köksal KARADAŞ, Tarım Ekonomisi Bölümü,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Lokman BİLEN, Matematik,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR, İnşaat
Mühendisliği Bölümü,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Murat AYDIN, Tarla Bitkileri Bölümü
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Murat YILDIZ, Elektrik Elektronik
Mühendisliği,
Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Mustafa ERKOVAN, Metalurji ve Malzeme
Mühendisliği,
Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Nalan DEMİRCİOĞLU YILDIZ, Peyzaj
Mimarlığı,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Nurgül ARISOY, Peyzaj Mimarlığı,
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Servet AŞKIN, Kimya Bölümü,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Tuğba MERT, Geometri
Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas

Yrd. Doç. Dr. Yakup Erdal ERTÜRK, Tarım Ekonomisi
Bölümü,
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

Dr. Hayati AKMAN, Tarla Bitkileri Bölümü
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Dr. Mehmet GÜLER, Su Ürünleri Mühendisliği,
Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye

Ahmet ÜNAL, İnşaat Mühendisliği Bölümü,
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yakup HAMEŞ, Elektrik Elektronik Mühendisliği
Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, Türkiye

İĞDIR ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (FBED)
YAYIN İLKELERİ

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

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

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

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Biyoloji / Biology

Katran Dağı (Bayramiç/Çanakale) ve Çevresinde Yayılış Gösteren Geofit Bitkiler ve Ekolojik Özellikleri
Geophytes Plants and Ecological Properties Distributed in Katran Mount (Bayramiç/Çanakale) and Its Environs

Canan AVCU, Selami SELVİ, Fatih SATIL

9

A Study on Diurnal and Nocturnal Lepidoptera in Osmaniye, Turkey
Osmaniye’de Diurnal ve Nocturnal Lepidoptera Türleri Üzerine Bir Araştırma
Yusuf HÜSEYİNOĞLU

17

Biyomedikal Mühendisliği / Biomedical Engineering

Tc-99m ile İşaretli Kurkumin Yüklü Katı Lipit Nanopartiküllerin Karaciğer-Dalak Sintigrafisindeki Rolü
The Role of Curcumin-Loaded Solid Lipid Nanoparticles Labeled with Tc-99m in the Liver-Spleen Scintigraphy
Hayrettin EROĞLU, Ayşe YENİLMEZ, Arif Kursad AYAN, Cemal GÜNDOĞDU, Sare ŞİPAL

27

Biyoteknoloji / Biotechnology

Decolorization of Textile Dyes in Two Different Medium
İki Farklı Besiyerinde Tekstil Boyalarının Renk Giderimi
Kübra Metin TATLIGÜN, Tuba ARTAN ONAT

35

Elektrik ve Enerji / Electric and Energy

Determining Skinfold Thickness through Artificial Neural Networks
Deri Kıvrım Kalınlığının Yapay Sinir Ağları ile Saptanması
Hıdır Selçuk NOĞAY

41

Elektrik Elektronik Mühendisliği / Electric Electronic Engineering

Quadrotor’un Yörünge Takibinin Kesir Dereceli PI Kontrolcü ile Gerçek Zamanlı Kontrolü
Real Time Trajectory Tracking Control of a Quadrotor Using Fractional PI Control
Abdullah BAŞÇI

49

The Electrical Characterization Effect of Insulator Layer between Semiconductor and Metal
Metal ve Yarıiletken Arasındaki Yalıtkan Tabakanın Elektriksel karakterizasyon Etkisi
İkram ORAK, Adem KOÇYİĞİT

57

Capacitance Voltage Characterization of Bifacial Silicon Solar Cell Under Polychromatic Modulated Illumination
Geniş Sektürlü Aydınlatma altında İki Yüzeyle Silikon Güneş Piliinin Difüzyon Kapasitansı ve Aşırı Azımlık Taşıyıcı Yoğunluğu
Gökhan ŞAHİN

69

Dört Rotorlu bir İHA’nın Geri Adımlamalı Kontrolcü ile Gerçek Zamanlı Yörünge Kontrolü
Real Time Trajectory Tracking Control of a Four Rotor UAV with Backstepping Controller
Kaan CAN, Abdullah BAŞÇI

77

İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering

Evolution of a Junction Traffic Management Measures Using Microsimulation Model
Mikrosimülasyon Kullanılarak Bir Kavşağın Trafik Yönetim Ölçümlerinin Değerlendirilmesi
Osman Ünsal BAYRAK, Halim Ferit BAYATA, Fatih HATTATOĞLU, Muhammet Ali ÇOLAK

87

Kimya Mühendisliği / Chemical Engineering

Kalsiyum Oksalat Monohidrat Kristal Büyümesine Karahindiba (*Taraxacum Officinale*) Bitkisinin Etkisinin İncelenmesi
Investigation of the Effect of Dandelion Plant (Taraxacum Officinale) on Calcium Oxalate Monohydrate Crystal Growth
Emel AKYOL

97

Kimya / Chemical

- 107 Üçlü Faz Ayrımı (ÜFA) ile Geleneksel Enzim Saflaştırma Tekniğinin Karşılaştırılması; ÜFA ile Saflaştırılan β -Galaktosidazın Termodinamik Özellikleri
Comparison of Three Phase Partitioning (TPP) and Conventional Enzyme Purification; Thermodynamic Parameters of β -Galactosidase Purified by TPP
Yonca DUMAN

Matematik / Mathematics

- 119 Characterizations of Curves According to Elasticity in Finsler Manifold
Finsler Manifoldunda Esnekliğine Göre Eğrilerin Karakterizasyonları
Alper Osman ÖĞRENMİŞ

Peyzaj Mimarlığı / Landscape Architecture

- 125 Erzurum İli İspir İlçesinde Ekoturizme Yönelik Bir Talep Araştırması ve Bölge Halkının Bu Konudaki Duyarlılığı
A Demand Research of Eco-Tourism and Susceptibility of Locals: Case Study of Erzurum Province, İspir District
Elif AKPINAR KÜLEKÇİ

- 135 Effects of Different Conditions on The Vase Life of *Orchis palustris*
Orchis palustris 'in Vazo Ömrü ve Diğer Bazı Özellikleri Üzerine Değişik Kimyasal Karışımlarının Etkisi
Serkan ÖZER, Hasan YILMAZ, Mehmet Akif IRMAK, Murat ZENGİN

Su Ürünleri / Fisheries

- 143 İzmir Körfezi Midye (*Mytilus galloprovincialis* ve *Mytilaster minimus*) Yataklarında Saptanan Yabancı Bivalv Türleri
*Alien Bivalve Species Found on the Mussel (*Mytilus galloprovincialis* and *Mytilaster minimus*) Beds in İzmir Bay*
Alper DOĞAN

Tarla Bitkileri / Field Crops

- 153 Tritikale (*X Triticosecale* Wittmack) Çeşitlerinde Özellikler Arası İlişkiler ve Path Analizi
*Path Analysis and Relations Between Features in Triticale (*X Triticum secale* Wittmack) Varieties*
Erol ORAL, Mehmet ÜLKER

- 161 Bazı Arpa Genotiplerinin Diyarbakır ve Mardin Koşullarında Verim ve Kalite Parametrelerinin İncelenmesi
Investigation of Yield and Quality Parameters of Barley Genotypes in Diyarbakır and Mardin Conditions
Ferhat KIZILGEÇİ, Mehmet YILDIRIM, Cuma AKINCI, Önder ALBAYRAK

- 171 Giresun Ekolojik Koşullarında Bazı Mısır Çeşitlerinin Tane Verimi ve Verim Ögelerinin Belirlenmesi
The Determination of Grain Yield and Yield components of Some Maize Cultivars under Giresun
Nuri YILMAZ, Emir HAN

Zootekni / Animal Science

- 177 The Effects of Storage Time on Nutrient Composition and Silage Quality Parameters of Corn Silage Made in Plastic Mini Silo in Laboratory Conditions
Laboratuvar Koşullarında Mini Siloda yapılan Mısır Silajının Besin Madde Kompozisyonu ve Silaj Kalite Parametrelerindeki Değişimi Üzerine Depolama Süresinin Etkisi
Betül Zehra SARIÇİÇEK, Birgül YILDIRIM, Zahide KOCABAŞ, Emel ÖZGÜMÜŞ DEMİR

- 185 The Effect of use of Humic Acid in Some Blood Parameters and Rumen Protozoa in Norduz Lambs
Humik Asit Kullanımının Norduz Kuzularında Bazı Kan Parametreleri ile Rumen Protozoaları Üzerine Etkisi
Cemal BUDAĞ, Uğur KARA

- 191 Ruminant Rasyonlarında Doğrudan Yedirilen Mikroorganizmaların Önemi ve Etki Mekanizmaları
Importance of Direct-Fed Microbials in Ruminant Diets and Modes of Action
Mete YANAR

Katran Dağı (Bayramiç/Çanakkale) ve Çevresinde Yayılış Gösteren Geofit Bitkiler ve Ekolojik Özellikleri

Canan AVCU¹, Selami SELVİ², Fatih SATIL³

ÖZET: Bu çalışmada Katran dağı (Bayramiç/Çanakkale) ve çevresindeki geofit bitkiler tespit edilerek ekolojik özellikleri ortaya konmuştur. Çalışma sonucunda 16 familyaya ait 36 cins ve 54 takson tespit edilmiştir. Bu taksonlardan 8 tanesi Türkiye için endemiktir. Bu çalışmada tespit edilen 5 takson B1 karesi için yeni kayıttır. Araştırma alanında en fazla taksona sahip familyalar; Orchidaceae (11) ve Asparagaceae (10) familyalarıdır. Alanda en çok türe sahip cinsler ise; *Crocus* L. (4) ve *Muscari* L. (4) cinsleridir. Alanda tespit edilen taksonların %40.75'si soğanlı, %25.9'si yumrulu, %24.1'i rizomlu ve %9.25'i kormludur. Ekolojik çalışmalarda ise, türlerin yetişme ortamlarından alınan toprak örneklerinin, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca, araştırma alanındaki türlerin tehlike kategorileri ile türleri tehdit eden faktörler orta konmuş ve bu tehditlere karşı koruma önerileri getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çanakkale, ekoloji, flora, geofit, Kaz dağı

Geophytes Plants and Ecological Properties Distributed in Katran Mount (Bayramiç/Çanakkale) and Its Environs

ABSTRACT: In this study, Geophyt plants distributed in Katran Mountain (Bayramiç/ Çanakkale) and its environs has been identified and its ecological properties have been revealed. At the end of the study, 54 taxa belonging to 16 families and 36 species have been determined. 8 of them were endemic to Turkey. In addition, 5 taxa of identified from studies areas is new recorded to B1 Grid system. Orchidaceae (11) and Asparagaceae (10) families are those which have the most taxa. *Crocus* L. (4) and *Muscari* L. (4) are genera to be the most taxa. The composition of the taxa found in the area are; 40.75 % bulb, 25.9 % tuber, 24.1 % rhizome and 9.25 % corm. In the ecological studies, the physical and chemical features of the soil samples taken from the natural environment of the species have been identified. Besides, the threat categories and the types of the factors threatening the species have been underlined. The suggestions for the protection measures against for these threats have also been made.

Keywords: Çanakkale, ecology, flora, geophyte, Kaz mount

¹ Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğü, Edremit Şefliği, Edremit Şefliği, Balıkesir, Türkiye

² Balıkesir Üniversitesi, Altınoluk Meslek Yüksek Okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Balıkesir, Türkiye

³ Balıkesir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Balıkesir, Türkiye
Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Fatih SATIL, fsatil@balikesir.edu.tr

GİRİŞ

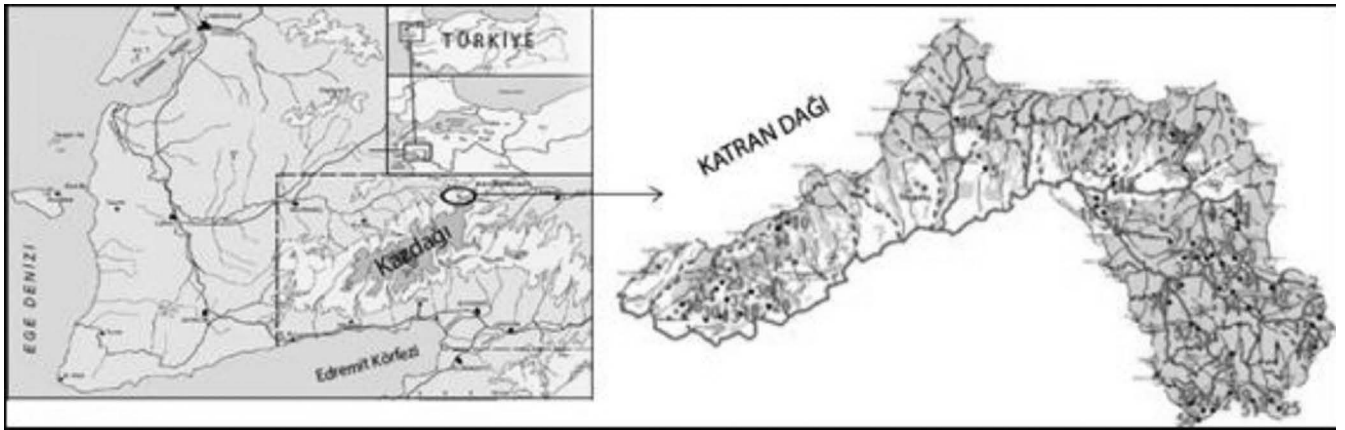
Ülkemiz iklim ve toprak çeşitliliği sayesinde yabancı olarak yetişen bitki türleri açısından oldukça zengin bir floraya sahiptir. Yılın büyük çoğunluğunu toprak altında geçiren, geofit ya da kriptofit olarak bilinen bitkiler de, ülkemizdeki floristik zenginliğin önemli bir parçasını oluştururlar. Geofit bitkilerin tomurcukları taşıyan gövdeleri toprak seviyesinin altında soğan, yumru veya rizom şeklinde metamorfoza uğramıştır. Geofitlerin büyük kısmı ilkbaharda çiçek açar ve bir bakıma ilkbaharın habercisidirler. Çiçekleri oldukça gösterişli olup, zarif duruşları ve hoş kokularıyla insanların hemen dikkatini çekerler (Satıl ve Selvi, 2007; Başköşe ve ark., 2013).

Geofit bitkilerin de yoğun yayılış gösterdiği Kaz dağı, bitki çeşitliliği açısından ülkemizin önemli bitki alanlarından (ÖBA) birisidir (Özhatay ve ark., 2003). Bölgede bugüne kadar birçok botanik çalışma yapılmıştır (Karamanoğlu, 1964; Özel, 1993). Ayrıca, son yıllarda Kaz dağı ve çevresinde gerçekleştirilen floristik araştırmalar ile çok sayıda yeni taksonlar belirlenmiştir (Gemici, 1995; Özhatay ve Akalın, 2000; Dirmenci, 2005; Dirmenci ve ark., 2006).

Bununla birlikte, bölgenin geofitleri üzerine yapılmış ayrıntılı çalışmalar yok denecek kadar

azdır. Uysal (1999) tarafından Kazdağı endemik soğanlılarından *Allium reuterianum* Boiss ve *A. sibthorpiatum* Schultes & Schultes fil. türlerinin morfolojik, anatomik ve ekolojik özellikleri çalışılmıştır. Uysal ve Tunalı (2013) tarafından yapılan başka bir çalışmada; Kazdağı subalpinik bölgesinde doğal yayılış gösteren, *Tulipa sylvestris* L., *Scilla bifolia* L., *Crocus gargaricus* Herb. subsp. *gargaricus*, *Muscari bourgaei* Baker, *Gagea bohemica* Schult. f., *Ornithogalum nutans* L., *O. sigmoideum* Freyn&Sint., *Allium kurtzianum* Asch.&Sint. ex Kollmann, *A. guttatum* Stev. subsp. *guttatum*, *A. sibthorpiatum* Schult.&Schult. f. türlerinin morfolojik, anatomik ve ekolojik özellikleri incelenmiş ve yetiştikleri alanlardan alınan toprak örnekleri, fiziksel ve kimyasal yönden analiz edilmiştir. Satıl ve Selvi (2007) tarafından, Balıkesir il sınırları dahilinde yayılış gösteren *Crocus* L. türlerinin taksonomik, morfolojik, anatomik ve ekolojik özellikleri incelenmiştir. Hopa ve ark. (2013) tarafından, Balıkesir’de yayılış gösteren *Muscari comosum* (L.) Mill. *M. neglectum* Guss., *M. latifolium* J. Kirk. ve *M. bourgaei* Baker türlerinin morfolojik ve ekolojik özellikleri araştırılmıştır.

Bu çalışmada, Kaz dağı’nın uzantısı konumunda olan ve kuzeydoğusunda yer alan Katran Dağı (Bayramiç/Çanakkale) ve çevresinde yayılış gösteren geofit bitkiler tespit edilerek bu taksonların ekolojik özellikleri ortaya konulmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanının haritası

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmamızın materyalini Katran dağı ve çevresinde doğal olarak yayılış gösteren soğanlı bitkiler oluşturmaktadır (Şekil 1).

Arazi çalışmaları, vejetasyon dönemlerinde, Karaköy Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki Katran dağı ve çevresinde yapılmıştır.

Teşhis edilen örnekler herbaryum materyali haline getirilerek Balıkesir Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Herbaryumu'nda muhafaza altına alınmıştır. Ayrıca örneklerin toplanması esnasında teşhis için gerekli olan örneklere ait korm tunikası tipi, perigon boğazı rengi, tepal ucu ve rengi, stilus dal sayısı gibi bazı önemli morfolojik özellikler kaydedilmiştir.

Türlerin teşhislerinde başta Flora of Turkey, Avrupa Florası ile Çanakkale ve Balıkesir'de yapılmış olan flora çalışmalarından faydalanılmıştır (Tutin ve Heywood 1964; Davis ve ark., 1965; Davis 1978; Davis, 1984; Davis, 1988; Güner ve ark., 2000; Tunalı, 2005; Satıl ve Selvi, 2007; Hopa ve ark., 2013). Endemik ve nadir taksonların tehlike kategorileri, Ekim ve ark.(2000) ve IUCN (2003) kriterlerine göre yapılmıştır.

Ekolojik çalışmalar, arazi şartları göz önüne alınarak seçilen 19 farklı istasyonda gerçekleştirilmiştir. Toprak örnekleri, usulüne uygun olarak 0-20 cm derinlikten alınarak polietilen torbalarla laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvar

koşullarında kurutulan toprak örneklerinde; pH, Toplam Tuz (elektriksel iletkenlik), Tekstür, Zn (Çinko), Fe (Demir), Cu (Bakır), Mn (Mangan), P (Fosfor), K (Potasyum), Organik Madde, Toplam Azot ve Kireç miktarlarının analizlerine bakılmıştır. Analiz sonuçlarının yorumlanması Kaçar'a (1997) göre yapılmıştır.

Topraktaki fiziksel ve kimyasal analizler, Balıkesir Üniversitesi Rektörlüğü, Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarında yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma sonucunda, Katran dağı ve çevresinde 16 familyaya ait 36 cins ve 54 geofit bitki taksonu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Dağdaki geofit familyalar içerisinde Orchidaceae, 7 cins ve 11 taksonla temsil edilen en büyük familyadır. Bu familyayı sırasıyla; Asparagaceae (5 cins) ve Liliaceae (4 cins) familyaları takip etmektedir (Çizelge 2).

Tespit edilen taksonlar toprak altı organlarının tiplerine göre 4 farklı geofit tipine ayrılır.

Bu geofitlerin 22'si soğanlı bitkiler (%40.75), 14'ü yumrulu (%25.9), 13'ü rizomlu (%24.1) ve 5'i de korm'lu bitkilerdir (%9.25). Kormlu bitkiler sadece Iridaceae familyasında gözlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Katran dağı ve çevresinde yayılış gösteren geofitler

| Familiya | Takson | Türkçe ismi | Tehlike Kategorisi | Endemizm | Geofit tipi |
|------------------|--|------------------------------------|--------------------|----------|-------------|
| Amaryllidaceae | <i>Allium amethystinum</i> Tausch | Ege soğanı | - | - | Soğan |
| | <i>A. flavum</i> L. subsp. <i>tauricum</i> (Bess. ex Rehb.) Stearn. | Sarısoğan | - | - | Soğan |
| Araceae | <i>A. guttatum</i> Stev. subsp. <i>guttatum</i> | Benli soğan | - | - | Soğan |
| | <i>Galanthus gracilis</i> Celak. | İnce Kardelen | - | - | Soğan |
| | <i>Sternbergia lutea</i> (L.) Ker-Gawl. ex Spreng. | Karnergiz | - | - | Soğan |
| | <i>Dracunculus vulgaris</i> Schott | Yılan bıçağı | - | - | Yumru |
| | <i>Muscari bourgaei</i> Baker | Topmüskürüm | LC | Endemik | Soğan |
| | <i>M. comosum</i> (L.) Mill. | Morbaş | LC | Endemik | Soğan |
| | <i>M. latifolium</i> J. Kirk. ex Ten. | Kaz sümbülü | - | - | Soğan |
| | <i>M. neglectum</i> Guss. | Arap üzümü | - | - | Soğan |
| | <i>Ornithogalum nutans</i> L. | Tükrük otu | - | - | Soğan |
| | Asparagaceae | <i>O. sigmoideum</i> Freyn & Sint. | Sakarca | - | - |
| Asteraceae | <i>O. wiedemannii</i> Boiss. var. <i>wiedemannii</i> | Engizyıldız | - | - | Soğan |
| | <i>Prospero autumnale</i> (L.) Speta | Güz sümbülü | - | - | Soğan |
| | <i>Scilla bifolia</i> L. | Orman sümbülü | - | - | Soğan |
| | <i>Ruscus hypoglossum</i> L. | At dili | - | - | Rizom |
| | <i>Cyanus pichleri</i> (Boiss.) Holub subsp. <i>pichleri</i> | Düğmeli ot | - | - | Rizom |
| | <i>Doronicum orientale</i> Hoffm. | Kaplan otu | - | - | Rizom |
| | <i>Tragopogon dubius</i> Scop. | At yemliği | - | - | Rizom |
| | <i>Hesperis matronalis</i> L. subsp. <i>matronalis</i> | Akşam yıldızı | - | - | Rizom |
| | <i>Valeriana dioscoridis</i> Sm. | Çobanzurnası | - | - | Rizom |
| | <i>Colchicum boissieri</i> Orph. | Sürnean | - | - | Soğan |
| Geraniaceae | <i>Geranium asphodeloides</i> Burm. f. subsp. <i>asphodeloides</i> | Yara merhemi | - | - | Rizom |
| Iridaceae | <i>Crocus candidus</i> E.D. Clarke | Akçığdem | - | Endemik | Korm |
| | <i>C. flavus</i> Weston subsp. <i>dissectus</i> T. Baytop & Mathew | Dilik çiğdem | - | Endemik | Korm |
| | <i>C. gargaricus</i> Herb. subsp. <i>gargaricus</i> | Kaz çiğdemi | - | Endemik | Korm |
| | <i>C. pulchellus</i> Herb. | Güz lalesi | - | - | Korm |
| | <i>Iris suaveolens</i> Boiss. & Reut. | Bodur süsen | - | - | Rizom |
| | <i>I. unguicularis</i> Poir. subsp. <i>carica</i> (Wern.Schulze) A.P.Davis & Jury var. <i>carica</i> | Çalı navruzu | - | - | Rizom |
| | <i>Romulea linearis</i> Parl. | Dibitahlı | - | - | Korm |
| | <i>Fritillaria bithynica</i> Baker | Deli lale | NT | Endemik | Soğan |
| | <i>Gagea bithynica</i> Pasch | Camyıldızı | LC | Endemik | Soğan |
| | <i>Gagea pratensis</i> (Pers.) Dumort. | Çayır yıldızı | - | - | Soğan |
| Liliaceae | <i>Lilium candidum</i> L. | Akzambak | - | - | Soğan |
| Orchidaceae | <i>Tulipa orphanidea</i> Boiss. ex Heldr. | Doğan dili | - | - | Soğan |
| | <i>T. sylvestris</i> L. subsp. <i>australis</i> (Link) Pamp. | Yavruağı | - | - | Soğan |
| | <i>Cephalanthera epipactioides</i> Fisch. & C.A. Mey. | Ana çamçıçeği | - | - | Soğan |
| | <i>Cephalanthera rubra</i> (L.) Rich. | Kuşu salebi | - | - | Rizom |
| | <i>Dactylorhiza saccifera</i> (Brongn.) Soð subsp. <i>saccifera</i> | Çam çiçeği | - | - | Rizom |
| | <i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz | Keseli salep | - | - | Yumru |
| | <i>Limodorum abortivum</i> (L.) Sw. var. <i>rubrum</i> H.Sund. ex Kreutz | Bindallı çiçeği | - | - | Rizom |
| | <i>Orehis laxiflora</i> Lam. subsp. <i>laxiflora</i> | Salep sümbülü | - | - | Yumru |
| | <i>O. mascula</i> (L.) L. subsp. <i>pinetorum</i> (Boiss. & Kotschy) G.Camus | Çam salebi | - | - | Yumru |
| | <i>O. provincialis</i> Balb. ex Lam & DC. | Katranlık | - | - | Yumru |
| Paeoniaceae | <i>Serapias vomeracea</i> (Burm. f.) Briq. | Sağırkulağı | - | - | Yumru |
| Papaveraceae | <i>Spiranthes spiralis</i> (L.) Chevall. | İnci salebi | - | - | Yumru |
| Primulaceae | <i>Paeonia arietina</i> G Anderson | Şakayık | - | - | Yumru |
| Ranunculaceae | <i>Corydalis integra</i> Barbey & Fors.-Major | Yamaç tarlakuşu | - | - | Yumru |
| | <i>Cyclamen hederifolium</i> Aiton | Kandilkökü | VU | - | Yumru |
| | <i>Anemone blanda</i> Schott & Kotschy | Dağ lalesi | - | - | Yumru |
| | <i>A. coronaria</i> L. | Manisa lalesi | - | - | Yumru |
| Xanthorrhoeaceae | <i>Ranunculus ficaria</i> L. subsp. <i>calthifolius</i> (Rehb.) Arcang. | Çöp salebi | - | - | Yumru |
| | <i>Asphodelus aestivus</i> Biot. | Kırgıç kökü | - | - | Yumru |

Çizelge 2. Katran dağı'ndaki geofit familyaların cins ve takson sayıları

| Familya | Cins | Takson Sayısı |
|------------------|-------------|----------------------|
| Amaryllidaceae | 3 | 5 |
| Aracaceae | 1 | 1 |
| Asparagaceae | 5 | 10 |
| Asteraceae | 3 | 3 |
| Brassicaceae | 1 | 1 |
| Caprifoliaceae | 1 | 1 |
| Colchicaceae | 1 | 1 |
| Geraniaceae | 1 | 1 |
| Iridaceae | 3 | 7 |
| Liliaceae | 4 | 6 |
| Orchidaceae | 7 | 11 |
| Paeoniaceae | 1 | 1 |
| Papaveraceae | 1 | 1 |
| Primulaceae | 1 | 1 |
| Ranunculaceae | 2 | 3 |
| Xanthorrhoeaceae | 1 | 1 |
| Toplam | 36 | 54 |

Türkiye Florası verilerine göre araştırma alanındaki geofitlerin fitocoğrafik dağılımı incelendiğinde; geofitlerden 17'sinin Akdeniz (% 30.9), 16'sının Doğu Akdeniz (% 29.1), 6'sının Avrupa-Sibirya

(% 10.9) elementi olduğu belirlenirken, 16 taksonun (% 29.1) hangi fitocoğrafik bölgeye ait olduğu belirlenememiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Araştırma alanındaki geofitlerin fitocoğrafik dağılımı

| Fitocoğrafik Bölge | Sayı | Oran % |
|---------------------------|-------------|---------------|
| İran-Turan Elementi | - | - |
| Akdeniz Elementi | 16 | 30.9 |
| Doğu Akdeniz Elementi | 16 | 29.1 |
| Avrupa-Sibirya | 6 | 10.9 |
| Diğerleri | 16 | 29.1 |
| Toplam | 54 | 100 |

Alanda yayılış gösteren taksonların Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı (2000) ve IUCN (2003)' e göre tehlike

kategorielerine göre değerlendirilmesi Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 4. Katran dağı ve çevresinde yayılış gösteren geofitlerin tehlike kategorileri

| Taksonlar | Tehlike Kategorisi | Endemizm |
|--|---------------------------|-----------------|
| <i>Crocus candidus</i> E.D. Clarke | NT | Endemik |
| <i>C. flavus</i> Weston subsp. <i>dissectus</i> T. Baytop & Mathew | VU | Endemik |
| <i>C. gargaricus</i> Herb. subsp. <i>gargaricus</i> | NT | Endemik |
| <i>Cyclamen hederifolium</i> Aiton | VU | - |
| <i>Fritillaria bithynica</i> Baker | NT | Endemik |
| <i>Gagea bithynica</i> Pasch. | LC | Endemik |
| <i>Lilium candidum</i> L. | VU | - |
| <i>Muscari bourgaei</i> Baker | LC | Endemik |
| <i>M. latifolium</i> J. Kirk. | LC | Endemik |
| <i>Sternbergia lutea</i> (L.) Ker-Gawl. ex Spreng. | EN | - |

Çizelge 5. Türlerin yayılış gösterdiği lokalitelere ait toprak analizi sonuçları

| İstasyonlar | Tekstür | EC (μ S/ cm) | pH | Kireç % | Zn (Çinko) | Fe (Demir) | Cu (Bakır) | Mn (Mangan) | P (Fosfor) | K (Potasyum) | Organik Mad% | Toplam Azot% |
|-------------|-------------|----------------------|------|------------|---------------|-----------------|---------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| İstasyon 1 | Tınlı | 161 | 6.69 | 1.52 | 0.9 \pm 0.1 | 38.8 \pm 0.9 | 3.6 \pm 0.1 | 10.5 \pm 0.9 | 53.3 \pm 4.9 | 156 \pm 44 | 3.92 | 0.20 |
| İstasyon 2 | Killi/Tınlı | 202 | 6.00 | 1.41 | 2.5 \pm 0.1 | 45.8 \pm 1.0 | 0.3 \pm 0.1 | 16.2 \pm 0.8 | 52.1 \pm 4.8 | 246 \pm 45 | 6.83 | 0.34 |
| İstasyon 3 | Killi/Tınlı | 112 | 6.65 | 0.15 | 0.7 \pm 0.2 | 27.7 \pm 0.7 | 2.3 \pm 0.1 | 18.5 \pm 0.8 | 42.0 \pm 3.8 | 185 \pm 44 | 4.28 | 0.21 |
| İstasyon 4 | Killi/Tınlı | 61 | 7.20 | 1.43 | 0.3 \pm 0.2 | 45.2 \pm 0.9 | 0.4 \pm 0.1 | 10.3 \pm 0.8 | 50.2 \pm 4.6 | 169 \pm 45 | 3.49 | 0.17 |
| İstasyon 5 | Tınlı | 58 | 7.12 | 1.45 | <0.2 | 7.9 \pm 0.7 | <0.2 | 2.0 \pm 0.9 | 60.5 \pm 5.5 | <130 | 13.4 | 0.66 |
| İstasyon 6 | Killi/Tınlı | 56 | 6.33 | 1.21 | 0.6 \pm 0.2 | 67.0 \pm 1.3 | 0.8 \pm 0.1 | 12.7 \pm 0.8 | 52.5 \pm 4.8 | 215 \pm 45 | 4.42 | 0.22 |
| İstasyon 7 | Killi/Tınlı | 226 | 6.12 | 0.16 | 2.6 \pm 0.1 | 38.1 \pm 0.8 | 0.5 \pm 0.1 | 45.5 \pm 1.2 | 52.1 \pm 4.8 | 250 \pm 47 | 7.26 | 0.36 |
| İstasyon 8 | Killi/Tınlı | 81 | 6.88 | 1.42 | 0.9 \pm 0.1 | 82.2 \pm 1.6 | <0.2 | 8.0 \pm 0.8 | 63.3 \pm 5.8 | 275 \pm 47 | 5.40 | 0.27 |
| İstasyon 9 | Killi/Tınlı | 169 | 6.92 | 1.55 | 0.8 \pm 0.1 | 84.7 \pm 1.6 | 1.1 \pm 0.1 | 15.7 \pm 0.8 | 52.1 \pm 4.7 | <130 | 8.91 | 0.45 |
| İstasyon 10 | Killi | 408 | 5.66 | 0.63 | 2.4 \pm 0.1 | 53.4 \pm 1.1 | 1.1 \pm 0.1 | 15.9 \pm 0.8 | 74.9 \pm 6.8 | 200 \pm 46 | 9.63 | 0.48 |
| İstasyon 11 | Killi | 288 | 5.94 | 3.58 | 0.8 \pm 0.1 | 68.3 \pm 1.3 | <0.2 | 15.8 \pm 0.8 | 62.5 \pm 5.7 | 319 \pm 49 | 7.91 | 0.40 |
| İstasyon 12 | Killi | 93 | 6.01 | 1.74 | 1.9 \pm 0.1 | 140.6 \pm 2.7 | 0.5 \pm 0.1 | 31.92 \pm 0.41 | 58.2 \pm 5.3 | 249 \pm 46 | 7.12 | 0.36 |
| İstasyon 13 | Killi | 164 | 6.60 | 1.44 | 0.3 \pm 0.2 | 11.8 \pm 0.7 | 1.2 \pm 0.1 | 3.5 \pm 0.9 | 46.1 \pm 4.2 | <130 | 2.56 | 0.13 |
| İstasyon 14 | Tınlı | 187 | 6.90 | 0.49 | 0.3 \pm 0.2 | 24.4 \pm 0.7 | 1.0 \pm 0.1 | 5.8 \pm 0.8 | 64.2 \pm 5.9 | 225 \pm 46 | 2.05 | 0.10 |
| İstasyon 15 | Tınlı | 68 | 5.86 | 0.48 | <0.2 | 9.8 \pm 0.7 | <0.2 | 3.6 \pm 0.9 | 55.0 \pm 5.0 | <130 | 15.21 | 0.76 |
| İstasyon 16 | Killi/Tınlı | 227 | 5.85 | 0.63 | 1.9 \pm 0.1 | 46.8 \pm 1.0 | 1.1 \pm 0.1 | 43.5 \pm 1.1 | 51.1 \pm 4.7 | 258 \pm 46 | 5.11 | 0.26 |
| İstasyon 17 | Tınlı | 181 | 6.54 | 1.87 | 0.4 \pm 0.2 | 18.9 \pm 0.7 | 0.4 \pm 0.2 | 14.2 \pm 0.8 | 52.8 \pm 4.8 | <130 | 2.56 | 0.13 |
| İstasyon 18 | Killi | 74 | 6.30 | 0.45 | 3.3 \pm 0.1 | 83.9 \pm 1.6 | 0.5 \pm 0.1 | 22.7 \pm 0.9 | 48.9 \pm 4.5 | 294 \pm 48 | 13.92 | 0.70 |
| İstasyon 19 | Tınlı | 110 | 6.05 | 0.47 | 0.4 \pm 0.2 | 35.7 \pm 0.8 | <0.2 | 5.3 \pm 0.9 | 54.4 \pm 5.0 | <130 | 3.92 | 0.20 |

Türlerin yayılış gösterdiği 19 farklı istasyondan alınan toprakların analiz sonuçlarına göre (Çizelge 5); araştırma alanındaki toprakların tekstürü genellikle killi-tınlı yapıdadır. Toprakta tuz oranı çok yüksektir. Toprak pH'sı orta şiddetli asit veya nötr karakterdedir. Topraklar az kireçlidir. Genel olarak türlerin yayılış gösterdiği alanlar organik madde bakımından zengindir. Topraklar fosfor bakımından çok yüksek ve potasyum bakımından ise yeterli düzeydedir.

SONUÇ

Floristik Sonuçlar

Araştırma sonucunda, Katran dağı ve çevresinde 16 familyaya ait 36 cins ve 54 geofit bitki taksonu tespit edilmiştir.

Çalışma sonuçları, Kuzeybatı ve Batı Anadolu Bölgesinde yapılan diğer floristik çalışmalarla karşılaştırıldığında benzerlik göstermektedir. Araştırma alanında özellikle Akdeniz ve Doğu Akdeniz elementlerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Çalışma alanı Akdeniz Bölgesi İklim tipini yansıttığı için bu sonuçlar normaldir.

Yapılan floristik analizler sonucunda alanda yayılış gösteren 5 takson: *Cyanus pichleri* subsp. *pichleri*, *Ornithogalum wiedemannii*, *Gagea bithynica*, *Tragopogon dubius* ve *Hesperis matronalis* subsp. *matronalis* B1 karesi için yeni kare kaydı oldukları tespit edilmiştir.

Ayrıca, *Crocus candidus*, *C. flavus* subsp. *dissectus*, *C. gargaricus* subsp. *gargaricus*, *Muscari latifolium*, *M. bourgaei*, *Gagea bithynica*, *Fritillaria bithynica* türleri de Katran dağı ve çevresinde yayılış gösteren endemik geofitlerdir.

Ekolojik Sonuçlar

Araştırma alanı çevresinin iklimi, jeolojik yapısı, farklı topografyası ve vejetasyonundaki çeşitlilik, alanda değişik özelliklere sahip toprakların oluşmasına neden olmuştur. Koç (2007)'a göre; bölgedeki başlıca toprak çeşitleri; Kireçsiz Kahverengi Orman Toprakları, Kahverengi Orman Toprakları, Alüvyal Topraklar, Kolüvyal Topraklar ve Yüksek Dağ Çayırı Toprakları olarak sıralanabilir. Toprak özellikleri iklim özelliklerinin değişimine bağlı olarak kuzey ve güney yamaçları ile yükseltiye bağlı olarak değişmektedir. Genel hatları ile alçak alanlarda alüvyal ve kolüvyal, verimli topraklar daha yaygındır. Yükseklerde doğru gidildikçe orman toprakları daha yaygın hale

gelmektedir. Zirveler bölgesinde toprak örtüsü iyice incelmekte ve yerini fiziksel ufalanmanın ürünü taş örtüsüne bırakmaktadır.

Araştırma alanındaki 19 istasyondan alınan toprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre; genel olarak türlerin organik madde bakımından zengin, orta şiddetli asit veya nötr ve az kireçli topraklarda yetiştiği; tekstürün killi-tınlı olduğu tespit edilmiştir. Toprak örneği alınan lokalitelere bakıldığında bitkilerin tuz oranı çok yüksek ortamlarda gelişme gösterdikleri görülmüştür. Toprağın azot bakımından zengin, fosfor bakımından çok yüksek ve potasyum bakımından ise yeterli olduğu görülmüştür.

Kaz dağında Uysal (1999) tarafından *Allium reuterianum* ve *A. sibthorpiatum* türleri üzerinde yapılan ekolojik çalışmalarda her iki türün de tuz içermeyen, kumlu-tınlı toprakları seven, organik madde, nitrojen, fosfor ve potasyum bakımından yeterli ya da zengin topraklarda yayılış gösterdiğini vurgulamıştır. Bizim çalışmalarımızda aynı familyadan *Galanthus gracilis* ile kıyasladığımızda tekstür yapısının killi olması ve yüksek oranda tuz içermesi dışındaki diğer ekolojik karakterlerin benzer olduğu görülmektedir.

Katran dağı ve çevresinde yayılış gösteren geofit bitkilerin büyük çoğunluğu yarı gölge ya da gölge alanları tercih ederler. Genelde türlerin büyük çoğunluğu *Pinus nigra-Abies equi-trojana-Fagus orientalis-Quercus cerris* türü ağaçların oluşturduğu ormanların altında ya da yarı gölge kısımlarında bulunurlar. Ayrıca; 5 tür (% 9) maki ve garigte, 8 tür (% 15) ekili alanlarda ve bahçelerde, 4 tür (% 7) yüksek dağlarda ve 37 tür (%69) ormanlarda bulunmaktadır. Orman kenarlarındaki açıklık veya yarı gölgeli kısımlar, çayırılık alanlar, nemli dere içleri, yüksek dağlık alanlar, ekili alanlarda ve bahçelerde, taşlılık oranının fazla olduğu yetişme ortamlarında bulunurlar. Tam güneşli bakılarda çiçek ömürleri kısa olmaktadır. Genelde kuzey ve güney bakılarda yetişirler. Yetişme ortamlarındaki topraklar killi-tınlı, hafif ve gevşek, organik maddece zengin, iyi drene olmuştur.

Katran dağı ve çevresindeki geofit bitki çeşitliliği birbiriyle yakın ilişkili birçok etmenin baskısı ve tehdidi altındadır. Bu etmenlerin en başında, antropojenik etki gelmektedir. Ayrıca; tarlaların açılması, aşırı otlatma yapılması, yangın yapıcı etmenlerin arttırılması ve habitatların yok edilmesi gibi faaliyetler, alandaki geofit bitkilerin hayatını tehlikeye sokmaktadır.

KAYNAKLAR

- Başköşe İ, Paksoy MY, Selvi S, 2013. Geophytic Plants Around The Akkaya Dam Lake Niğde-Turkey. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 1002: 43-47.
- Davis PH, 1988. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Vol. 10, Edinburgh University Press, (supplement 1), Edinburgh, UK. 228s.
- Davis PH, Coode MJE, Cullen J, 1965. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*, Vol. 1, Edinburgh University Press, Edinburgh, UK. 97 p.
- Davis PH, 1978. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 6, Edinburgh Univ. Press, Edinburgh, UK. 111 p.
- Davis PH, 1984. *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*. Vol. 8, Edinburgh University Press, Edinburgh, UK. 413 p.
- Dirmenci T, 2005. A new subspecies of *Nepeta* (Lamiaceae) from Turkey. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 147: 229–233.
- Dirmenci T, Satıl F, Tümen G, 2006. A new species of *Matthiola* R. Br. (Brassicaceae) from Turkey. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 151: 431–435.
- Ekim T, Koyuncu M, Vural M, Duman H, Aytaç Z, Adıgüzel N, 2000. *Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı*. Türkiye Tabiatını Koruma Derneği ve Van Yüzüncü Yıl Üniv., Ankara. 45s.
- Gemici Y, 1995. *Hypericum kazdagensis*. *Candollea*, 50: 46.
- Güner A, Özhatay N, Ekim T, Başer KHC (eds.), 2000. *Flora of Turkey and the East Aegean Island*. (Suppl. 2), Vol. 11, Edinburgh University Press. Edinburgh, UK. 222 p.
- Hopa E, Tümen G, Sevindik E, Selvi S, 2013. Kazdağları'nda yetişen (Balıkesir) endemik *Muscari* Mill. taksonları üzerinde karşılaştırmalı morfolojik ve ekolojik araştırmalar. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi (BIBAD)*, 6(1): 1-5.
- IUCN 2003. *Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional Levels, Version 3.0*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Kaçar B, 1997. *Toprak analizleri (Bitki ve toprağın analizleri III)*. Ank. Univ. Ziraat Fakültesi, Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara, 35s.
- Karamanoğlu K, 1964. Edremit Kazdağı Bitkileri. *Ormançılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 10(1): 3-35.
- Koç T, 2007. Kaz Dağı kuzey kesiminin (Bayramiç-Çanakkale) Jeomorfolojisi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(2): 27-53.
- Özel N, 1993. Kazdağları orman vejetasyonu üzerine fitososyolojik ve fitoekolojik Araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Doktora Tezi, 187s.
- Özhatay N, Akalın E, 2000. A New *Ferulago* (Umbelliferae) from NW Turkey. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 133: 353-342.
- Özhatay N, Byfield A, Atay S, 2003. Türkiye'nin Önemli Bitki Alanları. WWF Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı), İstanbul, Türkiye.
- Satıl F, Selvi S, 2007. An anatomical and ecological study of some *Crocus* L. taxa (Iridaceae) from the west part of Turkey. *Acta Botanica Croatica*, 66(1): 25-33.
- Tunalı M, 2005. Kazdağı subalpinik bölgesinde yetişen bazı soğanlı bitkilerin morfolojisi, anatomisi, ekolojisi ve ekonomik kullanımı üzerine incelemeler. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 194s.
- Tutin GT, Heywood VH, 1964. *Flora Europaea*. Vol. 6, Cambridge University Press, UK. 56s.
- Uysal İ, 1999. Morphological, Anatomical and Ecological studies on the two Turkish endemic species collected from Kazdağı (B1 Balıkesir) *Allium sibthorpiatum* Schultes & Schultes fil. and *Allium reuterianum* Boiss. *Turkish Journal of Botany*, 23: 137-148.
- Uysal İ, Tunalı M, 2013. Kazdağı Pseödoalpin Bölgesinde Yetişen *Allium kurtzianum* Asch.& Sint. ex Kollmann ve *Allium guttatum* Stev. ssp. *guttatum* taksonlarının morfolojisi, anatomisi, ekolojisi üzerinde araştırmalar. 2-4 Mayıs 2013, The 2nd International Symposium on Kaz Mountains (Mount Ida) and Edremit (IKES 2013). Türkiye.

A Study on Diurnal and Nocturnal Lepidoptera in Osmaniye, Turkey

Yusuf HÜSEYİNOĞLU¹

ABSTRACT: In this study, the fauna of diurnal and nocturnal Lepidoptera which are active day and night has been investigated in the east of the Mediterranean region of Turkey, Osmaniye province. Field studies were carried out during the years 2006-2008. By using sweep net and light traps a total of 407 specimens of butterflies and moths were collected from six different localities for this study. These specimens belong to 56 diurnal and 31 nocturnal species distributed in 14 families. The distribution of species, according to families, is as follows: Zygaenidae, 2; Hesperidae, 5; Nymphalidae, 21; Papilionidae, 1; Pieridae, 11; Lycaenidae, 13; Crambidae, 2; Pyralidae, 1; Drepanoidea, 1; Lasiocampidae, 1; Sphingidae, 1; Geometridae, 10; Erebidae, 9 and Noctuidae, 9. The evaluation of literature revealed that all of the butterflies and moths species determined in this study are newly recorded for the Lepidoptera fauna of Zorkun plateau in the Osmaniye province.

Keywords: Biodiversity, butterfly, hasanbeyli, moth, zorkun

Osmaniye’de Diurnal ve Nocturnal Lepidoptera Türleri Üzerine Bir Araştırma

ÖZET: Bu çalışmada, Türkiye’nin Akdeniz bölgesinin doğusunda bulunan Osmaniye İlinde, gece ve gündüz aktif olan Lepidoptera takımı üzerine bir araştırma yapılmıştır. Arazi çalışmaları 2006-2008 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma için gündüz ve gece arazi çalışmaları sırasında atrap ve ışık tuzakları kullanarak, altı farklı lokaliteden toplam 407 örnek toplanmıştır. Bu örneklerden, 56 tür gündüz ve 31 tür ise gece aktif olan Lepidoptera takımına ait türler olduğu tespit edilmiştir. Tür sayısının, familyalara göre dağılımı ise şu şekilde: Zygaenidae, 2; Hesperidae, 5; Nymphalidae, 21; Papilionidae, 1; Pieridae, 11; Lycaenidae, 13; Crambidae, 2; Pyralidae, 1; Drepanoidea, 1; Lasiocampidae, 1; Sphingidae, 1; Geometridae, 10; Erebidae, 9 ve Noctuidae, 9. Bu çalışmada tespit edilen kelebek ve güve türlerinin tamamı, Osmaniye İli Zorkun yaylası Lepidoptera faunası için yeni kayıttır.

Anahtar Kelimeler: Biyoçeşitlilik, güve, hasanbeyli, kelebek, zorkun



¹ Mersin Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Mersin, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Yusuf HÜSEYİNOĞLU, yusez03@gmail.com

INTRODUCTION

The Lepidoptera, commonly known as butterflies and moths, is one of the major insect orders, both in terms of size, with some 160.000 described species in more than 120 families, and in popularity, with many amateur and professional entomologists studying them, especially butterflies (Gullan and Granston, 2010). The lepidopteran members have received more attention from entomologists and naturalists than any other insects, and certain Lepidoptera have been important in the development of ideas in evolutionary biology and ecology (Daly et al., 1998).

Lepidoptera is one of the largest orders among insects in terms of the number of species. Studies carried out in Turkey to determine the fauna and distribution of Lepidoptera are not complete yet. There are a lot of faunistic, taxonomic and ecologic studies about the Lepidoptera fauna of Turkey. The following represents a selected list of faunistic, ecologic and taxonomic studies pertaining the Lepidoptera fauna of the study area, these are arranged in chronological order: Röber, 1896; Röber, 1897; Staudinger, 1899; Wagener, 1929; Pfeiffer, 1931; Forster, 1960; Higgins, 1966; Koçak, 1979; Leestmans et al., 1986; Oorschot and Brink, 1989; Koçak and Seven, 1994; Hesselbarth et al., 1995; Koçak and Kemal, 2008; Koçak and Kemal, 2009; Koçak and Kemal, 2012; Atay and Yolcu, 2012; Hüseyinoğlu, 2013 and Hüseyinoğlu, 2014.

The study area is located in Osmaniye province, Turkey. The Hasanbeyli and Zorkun plateaus are located in the eastern side of the Mediterranean region, Osmaniye province (Turkey). The Hasanbeyli and Zorkun plateaus are of significant research interest because of different ecosystem types in both forests and agricultural lands.

According to (Karaçetin and Welch, 2011) a total of 380 butterfly species distributed in five families have been recorded in Turkey. From the 87 species collected in the study area, only, butterflies species have been reported for the Hasanbeyli plateau (Hesselbarth et al., 1995), and there is not any record about the moths in this area. Also there is not any record about butterflies and moths in the Zorkun plateau from the study area.

The objectives of this study were to investigate the butterflies and moths fauna of the Hasanbeyli and Zorkun plateaus in the Osmaniye province and to contribute to the knowledge of the Lepidoptera species and their distribution in Turkey.

MATERIAL AND METHOD

This study was conducted during the years 2006 and 2008 in the Hasanbeyli and Zorkun plateaus (Osmaniye province) of Turkey in order to determine the diurnal and nocturnal lepidopteran fauna in the area. The specimens collected from the study area were taken from six stations, each with different localities and habitat types between altitudes 600 and 1700 m. These stations are listed in Table 1.

The field studies were carried out during May and June (from 2006 to 2008). Specimens were collected using sweep net and light traps. Collected specimens were placed in killing jars with ethyl acetate. The collection data, name of the locality altitude and geographic coordinates were noted on an envelope for every specimen collected. Each specimen was then put into this envelope. All the material was brought to the laboratory for preparation and identification. All the butterfly and moth specimens were pinned with wings spread, dried and put into collection boxes in the Entomological Research Laboratory of the Department of Biology, Mersin University. Identifications were based on different publications and reference books as: Hesselbarth et al., 1995; Fibiger, 1997; Kitching and Cadiou, 2000; Hausmann, 2001; Hacker et al., 2002; Goater et al., 2003; Miranov, 2003; Hausmann, 2004; Goater et al., 2005; Zilli and Ronkay, 2005; Fibiger and Hacker, 2007; Schintlmeister, 2008; Fibiger et al., 2009; Redondo et al., 2009; Skinner, 2009; Fibiger et al., 2010; Fibiger et al., 2011; Hausmann and Viidalepp, 2012 and author's reference collections.

All the collected material was kept in the Entomological Research Laboratory of the Department of Biology, Mersin University. The specimens have been collected from different stations during the six field studies. The altitudes, collecting dates and geographic coordinates of all collecting localities, are chronologically listed in Table 1.

Table 1. Geographic information about field studies and collecting data in the Osmaniye, Turkey

| Locality | Altitude | Date of Collection | Coordinates |
|-----------------------|----------|--------------------|------------------------------|
| Hasanbeyli plateau | 600 m | 5.V.2006 | 37° 08' 23" N; 36° 29' 07" E |
| Hasanbeyli, Kaypak | 1100 m | 25.V.2006 | 37° 06' 41" N; 36° 27' 17" E |
| Zorkun, Derviş Pınarı | 1500 m | 9.VI.2007 | 36° 58' 15" N; 36° 20' 56" E |
| Küllü N. | 1700 m | 9.VI.2007 | 36° 57' 09" N; 36° 23' 54" E |
| Zorkun, Kent Ormanı | 800 m | 10.VI.2007 | 37° 01' 19" N; 36° 16' 30" E |
| Zorkun, Çift Mazi | 800 m | 5.VI.2008 | 37° 01' 10" N; 36° 18' 17" E |

RESULTS AND DISCUSSION

During the field surveys, 407 butterfly and moth specimens have been collected. In this study, a total of 87 (56 diurnal and 31 nocturnal) species belonging to 61 genera within fourteen families and eight superfamilies' of Lepidoptera order were identified.

Total species numbers according to families are as follows: Zygaenidae (2); Hesperidae (5); Nymphalidae (21); Papilionidae (1); Pieridae (11); Lycaenidae (13); Crambidae (2); Pyralidae (1); Drepanoidea (1); Lasiocampidae (1); Sphingidae (1); Geometridae (10); Erebidae (9) and Noctuidae (9).

Table 2. Number of genera, species and Rates of families in the study area, Osmaniye, Turkey.

| Superfamily | Family | Number of Genera | Number of Species | Rate % |
|----------------|---------------|------------------|-------------------|-------------|
| Zygaenoidea | Zygaenidae | 2 | 2 | 2.30 |
| Papilionoidea | Hesperidae | 4 | 5 | 6.00 |
| | Nymphalidae | 14 | 21 | 24.10 |
| | Papilionidae | 1 | 1 | 1.00 |
| | Pieridae | 6 | 11 | 13.00 |
| | Lycaenidae | 6 | 13 | 15.00 |
| Pyraloidea | Crambidae | 2 | 2 | 2.30 |
| | Pyralidae | 1 | 1 | 1.00 |
| Drepanoidea | Drepanoidea | 1 | 1 | 1.00 |
| Lasiocampoidea | Lasiocampidae | 1 | 1 | 1.00 |
| Bombycoidea | Sphingidae | 1 | 1 | 1.00 |
| Geometroidea | Geometridae | 8 | 10 | 11.50 |
| Noctuoidea | Erebidae | 7 | 9 | 10.40 |
| | Noctuidae | 7 | 9 | 10.40 |
| Total 8 | 14 | 61 | 87 | %100 |

The highest number of collected species in butterflies, according to families, belonged to Nymphalidae (24.10%) followed by Lycaenidae (15.00%) and Pieridae (13.00%); and highest number of species in moths, belonged to Geometridae (11.50%) followed by Erebidae and Noctuidae (10.40%). Additionally, all of the families, number of genera, species and their collecting frequency are cited in Table 2.

In this study, the highest number of genera in butterflies, according to families, belonged to Nymphalidae (14) followed by Lycaenidae and Pieridae (6); and in moths, belonged to Geometridae (8) followed by Erebidae and Noctuidae (7).

The list of species has been arranged using the higher level classification of van Nieuwerkerken et al., 2011. The systematic list of Lepidoptera species collected in the Osmaniye province of Turkey and material examined are as follows:

Clade: APODITRYZIA Minet, 1982

Superfamily: ZYGAENOIDEA Latreille, 1809

Family: Zygaenidae Latreille, 1809

Rhagades pruni ([Denis and Schiffermüller], 1775)

Material examined: Osmaniya: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 2 ♂♂.

Zygaena loti (Denis and Schiffermüller, 1775)

Material examined: Osmaniye: Osmaniye: Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, ♂♂.

Clade: Obtectomera Minet, 1986

Superfamily: PAPILIONOIDEA Latreille, (1802)

Family: Hesperidae Latreille, 1809 *Carcharodus alcea* (Esper, 1780)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli plateau, 600 m, 5.V.2006, ♂♂; Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 2 ♂♂.

Pyrgus melotis (Duponchel, 1834)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 2 ♂♂.

Pyrgus serratulae (Rambur, 1839)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 2 ♂♂.

Spialia (Neaspialia) orbifer (Hübner, [1823])

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli plateau, 600 m, 5.V.2006, ♂♂; Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, ♂♂.

Thymelicus sylvestris (Poda, 1761) Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, ♂♂.

Family: Nymphalidae Swainson, 1827

Issoria lathonia (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 4 ♂♂.

Lasiommata megera (Linnaeus, 1767)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, ♂♂; Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, ♂♂.

Argynnis (Pandoriana) pandora ([Denis and Schiffermüller], 1775)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Argynnis paphia (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, ♂♂.

Melitaea athelia (Rottemburg, 1775)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, ♂♂.

Melitaea (Didymaeformis) didyma (Esper, [1779])

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, 2 ♂♂.

Melitaea cinxia (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, ♂♂; Küllü N., 1700 m, 9.VI.2007, ♂♂.

Melitaea fascelis (Fabricius, 1787)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli plateau, 600 m, 5.V.2006, 2 ♀♀, 2 ♂♂.

Melitaea phoebe (Denis and Schiffermüller, 1775)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, ♂♂.

Vanessa atalanta (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, ♂♂.

Vanessa cardui (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 3 ♂♂; Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 3 ♂♂.

Hipparchia pellucida (Stauder, 1924)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, 3 ♂♂.

Hyponephele Iycaon (Rottemburg, 1775)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, 2 ♂♂.

Kirinia roxelana (Cramer, 1777)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 2 ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, 2 ♂♂.

Limenitis reducta Staudinger, 1901

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 2 ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, 2 ♂♂.

Maniola megalia (Oberthür, 1909)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 2 ♂♂.

Maniola telmessia (Zeller, 1847)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 5 ♀♀, 12 ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, 3 ♂♂.

Melanargia syriaca (Oberthür, 1894)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 2 ♀♀, 4 ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, 3 ♀♀, 5 ♂♂.

Pararge aegeria (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, ♂♂.

Pseudochazara telephassa (Geyer, [1827])

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, 3 ♂♂.

Polygonia c-album (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, ♂♂.

Family: Papilionidae Latreille, (1802)*Iphiclides podalirius* (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, ♂♂.

Family: Pieridae Duponchel, (1835)*Aporia crataegi* (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, 2 ♂♂; Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 6 ♂♂; Zorkun, Kent ormanı,

800 m, 10.VI.2007, 2 ♀♀, 2 ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Colias crocea (Fourcroy, 1785)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, 2 ♀♀, 4 ♂♂; Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 3 ♂♂; Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 1 ♀♀, 4 ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Gonepteryx cleopatra (Linnaeus, 1767)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 4 ♀♀, 6 ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, 3 ♀♀, 6 ♂♂.

Gonepteryx farinose (Zeller, 1847)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 1 ♀♀, 4 ♂♂.

Leptidea duponcheli (Staudinger, 1871)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, ♂♂.

Leptidea sinapis (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli plateau, 600 m, 5.V.2006, 3 ♂♂.

Pieris brassicae (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, 2 ♀♀, 4 ♂♂; Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 2 ♀♀, 5 ♂♂; Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 3 ♀♀, 8 ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, 2 ♀♀, 5 ♂♂.

Pieris (Artogeia) manni (Mayer, 1851)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 09 June, 2007, 3 ♂♂.

Pieris (Artogeia) pseudorapae Verity, 1908

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 09 June, 2007, 2 ♀♀, 3 ♂♂.

Pieris (Artogeia) rapae (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, 2 ♂♂; Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 3 ♀♀, 8 ♂♂; Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 3 ♀♀, 8 ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, 3 ♂♂.

Pontia edusa (Fabricius, 1777)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli plateau, 600 m, 5.V.2006, 2 ♂♂; Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, 6 ♂♂; Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 4 ♂♂.

Family: Lycaenidae Stephens, 1829

Glaucopsyche alexis (Poda, 1761)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli plateau, 600 m, 5.V.2006, 2 ♀♀, 4 ♂♂.

Iolana iolas (Ochsenheimer, 1816)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, ♂♂.

Celastrina argiolus (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, ♂♂; Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 2 ♂♂.

Lycaena (Alciphronia) alciphron (Rottemburg, 1775)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 3 ♀♀, 7 ♂♂; Küllü N., 1700 m, 9.VI.2007, ♂♂.

Lycaena phlaeas (Linnaeus, 1761)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 2 ♂♂; Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Lycaena (Loweia) tityrus (Poda, 1761)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 2 ♂♂.

Polyommatus (Aricia) agestis ([Denis and Schiffermüller], 1775)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli plateau, 600 m, 5.V.2006, ♂♂; Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 3 ♂♂; Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Polyommatus (Sublysandra) cornelius (Freyer, [1850])

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, ♂♂.

Polyommatus icarus Rottemburg, 1775

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli plateau, 600 m, 5.V.2006, 1 ♀♀, 2 ♂♂; Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 4 ♀♀, 4 ♂♂; Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 2 ♀♀, 5 ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Polyommatus semiargus (Rottemburg, 1775)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 2 ♀♀, 6 ♂♂.

Satyrium (Nordmannia) acaciae (Fabricius 1787)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli,

Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, ♂♂.

Satyrium (Nordmannia) ilicis (Esper, 1779)

Material examined: Osmaniye: Zorkun; Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 2 ♀♀, 5 ♂♂; Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, 2 ♂♂.

Satyrium (Strymonidia) spini (Fabricius 1787)

Material examined: Osmaniye: Hasanbeyli, Kaypak, 1100 m, 25.V.2006, ♂♂.

Superfamily: PYRALOIDEA Latreille, 1809

Family: Crambidae Latreille, 1810

Pyrausta sanguinalis (Linnaeus, 1767)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Palpita vitrealis (Rossi, 1794)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Family: Pyralidae Latreille, 1809

Dioryctria mendacella (Staudinger, 1859)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Clade: MACROHETEROCERA Chapman, 1893

Superfamily: DREPANOIDEA Boisduval, 1828

Family: Drepanidae Boisduval, 1828

Cilix glaucata (Scopoli, 1763)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Superfamily: LASIOCAMPOIDEA Harris, 1841

Family: Lasiocampidae Harris, 1841

Dendrolimus pini (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Superfamily: BOMBYCOIDEA Latreille, 1802

Family: Sphingidae Latreille, 1802

Deilephila elpenor (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Superfamily: GEOMETROIDEA Leach, 1815

Family: Geometridae Leach, 1815

Ascotis selenaria (Denis and Schiffermüller, 1775)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazı, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Gnophos sartata Treitschke, 1827

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, 2 ♂♂.

Hypomecis punctinalis (Scopoli, 1763)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 2 ♂♂; Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, 2 ♀♀, 8 ♂♂.

Hypomecis roboraria (Denis and Schiffermüller, 1775)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 2 ♂♂; Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, 5 ♂♂.

Camptogramma bilineata (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Küllü N., 1700 m, 9.VI.2007, 2 ♂♂.

Eulithis testata (Linnaeus, 1761)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, ♂♂.

Cyclophora puppillaria (Hübner, 1799)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, 2 ♂♂.

Idaea consanguinaria (Lederer, 1853)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, 2 ♀♀, 3 ♂♂.

Scopula imitaria (Hübner, 1799)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Scopula ochraceata (Staudinger, 1901)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Superfamily: NOCTUOIDEA Latreille, 1809

Family: Erebidae Leach, 1815

Amata marjana (Stauder, 1913)

Material examined: Osmaniye: Küllü N., 1700 m, 9.VI.2007, 2 ♀♀, 3 ♂♂.

Amata phegea (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Küllü N., 1700 m, 9.VI.2007, 2 ♀♀, 4 ♂♂.

Eilema muscula (Staudinger, 1899)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, 1 ♀♀, 3 ♂♂.

Catocala conversa (Esper, 1783)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Catocala eutychea Treitschke, 1835

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 4 ♀♀, 11 ♂♂; Zorkun, Çift

mazi, 800 m, 5.VI.2008, 3 ♀♀, 12 ♂♂.

Dysgonia algira (Linnaeus, 1767)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, 1 ♀♀, 4 ♂♂.

Euclidia (Euclidia) glyphica (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Küllü N., 1700 m, 9.VI.2007, ♂♂.

Ophiusa tirhaca (Cramer, 1773)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Ocneria (Parocneria) detrita (Esper, [1785])

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, ♂♂.

Family: Noctuidae Latreille, 1809

Acronicta aceris (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, 2 ♂♂.

Acontia (Emmelia) trabealis (Scopoli, 1763)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, ♂♂.

Noctua orbona (Hufnagel, 1766)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, ♂♂.

Hoplodrina ambigua (Denis and Schiffermüller, 1775)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Çift mazi, 800 m, 5.VI.2008, 2 ♂♂.

Mythimna (Hyphilare) l-album (Linnaeus, 1767)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 2 ♂♂.

Mythimna (Prodigithymna) prominens (Walker, 1856)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 2 ♂♂.

Mythimna (Pseudaletia) unipuncta (Haworth, 1809)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, 4 ♂♂.

Peridroma saucia (Hübner, 1808)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Kent ormanı, 800 m, 10.VI.2007, ♂♂.

Autographa gamma (Linnaeus, 1758)

Material examined: Osmaniye: Zorkun, Derviş pınarı, 1500 m, 9.VI.2007, 2 ♂♂.

CONCLUSION

Detailed studies must be done for the determination of the biological richness in all the regions of Turkey. At this point, there is not sufficient faunistic, taxonomic and ecological information in the literature about the Osmaniye.

In industrialized countries Lepidoptera species are confronted with extinction due to environmental pollution, destruction of biotopes, as well as factors such as the effect of pesticides and chemicals. In addition to this, some species are in danger of extinction as a result of over-collection for commercial purposes. Also, the continuing illegal use of forests and incorrect land use practices threaten to destroy the fauna diversity in the Osmaniye; therefore, illegal use of forests, incorrect land use and also the unconscious and excessive collecting of butterfly and moth specimens should be avoided and punished with legal sanctions. Additionally, detailed studies should be carried out as quickly as possible to determine the biological diversity of the Osmaniye.

This is the first study of the Lepidoptera fauna in the Osmaniye. The different ecosystem types in both agricultural lands and forests in the study area, provide richness in habitat types for animals and plants. For proper and efficient sampling, butterfly and moth species were collected in different localities possessing different vegetation types (agricultural crops, Pinus, Quercus and Cedrus forests, steppe and herbaceous) and from altitudes 600 to 1700m.

During the six field studies a total of 87 species belonging to fourteen families and eight superfamilies of Lepidoptera order were collected. 51 butterfly and 36 moth species were identified from the study area. All of the diurnal and nocturnal Lepidoptera species which were identified in this study, are first records for the Lepidoptera fauna of Zorkun plateau in the Osmaniye province. Additionally, all of the moth species, are newly records for Hasanbeyli plateau.

This study has contributed to the knowledge of the Lepidoptera fauna of the Osmaniye in the Eastern Mediterranean region of Turkey. Faunistic, ecologic and taxonomic studies from this region are very limited in number. New studies considering other insect groups should be carried out before

agricultural and forest ecosystems are destroyed. Also, plant species used by Lepidoptera as a source of food, should be identified and protected.

REFERENCES

- Atay E, Yolcu S, 2012. Butterfly fauna of the province of Hatay, Turkey and major taxonomic characters of *Polyommatus bollandi* Dumont, 1998 (Lycaenidae). Pakistan Journal of Zoology, 44: 893-896.
- Daly HV, Doyen JT, Purcell AH, 1998. Introduction to Insect Biology and Diversity. New York, USA. 680 p.
- Fibiger M, 1997. Noctuidae Europaeae. Volume 3, Sorø, Denmark. 418 p.
- Fibiger M, Hacker H, 2007. Noctuidae Europaeae. Volume 9, Sorø, Denmark. 410 p.
- Fibiger M, Ronkay L, Steiner A, Zilli A, 2009. Noctuidae Europaeae. Volume 11, Sorø, Denmark. 504 p.
- Fibiger M, Ronkay L, Steiner A, Yela JL, Zilli A, 2010. Noctuidae Europaeae. Volume 12, Sorø, Denmark. 451 p.
- Fibiger M, Laszlo GM, Ronkay G, Ronkay L, Speidel W, Varga Z, Wahlberg N, Witt TJ, Yela JL, Zahiri R, Zilli A, 2011. Noctuidae Europaeae. Volume 13, Sorø, Denmark. 448 p.
- Forster W, 1960. Einige neue formen der Agrodiaetus Scudd. Entomologische Zeitschrift F., 70: 17-22. Goater B, Nuss M, Speidel , 2005. Pyraloidea I, Microlepidoptera of Europe. Volume 4, Stenstrup, Denmark. 304 p.
- Goater B, Ronkay L, Fibiger M, 2003. Noctuidae Europaeae. Volume 10, Sorø, Denmark. 452 p.
- Gullan PJ, Cranston PS, 2010. The Insects: An Outline of Entomology. West Sussex, UK. 565 p.
- Hacker H, Ronkay L, Herblay M, 2002. Noctuidae Europaeae, Volume 4, Sorø, Denmark. 419 p.
- Hausmann A, 2001. The Geometrid Moths of Europe Volume 1, Stenstrup, Denmark. 282 p.
- Hausmann A, 2004. The Geometrid Moths of Europe. Vol. 2, Stenstrup, Denmark. 600 p.
- Hausmann A, Viidalepp J, 2012. The Geometrid Moths of Europe. Volume 3, Stenstrup, Denmark. 743 p.
- Hesselbarth G, Oorschot HV, Wagener S, 1995. Die Tagfalter der Türkei. 3bands, Bocholt, Germany. 754+1354+847 p.
- Higgins LG, 1966. Checklist of Turkish butterflies. Entomologist, 99: 209-222.
- Hüseyinoğlu Y, 2013. Faunistic study on Papilionoidea and Hesperioidea (Lepidoptera) of Göksu valley in Mut, southern Turkey. Pakistan Journal of Zoology, 45: 1291-1297.
- Hüseyinoğlu Y, 2014. A faunistic study of Papilionoidea (Lepidoptera) of the western Taurus Mountains, Turkey. Journal of the Kansas Entomological Society, 87: 74-83.
- Karaçetin E, Welch HJ, 2011. Türkiye'deki Kelebeklerin Kırmızı Kitabı. Ankara, Türkiye. 124 p.

- Kitching IJ, Cadiou JM, 2000. Hawkmoths of the World: An Annotated and Illustrated Revisionary Checklist (Lepidoptera: Sphingidae). London, UK. 226 p.
- Koçak AÖ, 1979. Studies on the family Lycaenidae II. New taxa and records from Turkey. *Atalanta*, 10: 309-325.
- Koçak AÖ, Kemal M, 2008. Checklist of the diurnal Lepidoptera of Turkey. *Priamus Supple.*, 15:1-42.
- Koçak AÖ, Kemal M, 2009. Revised checklist of the Lepidoptera of Turkey. *Priamus Supple.*, 17:1-253.
- Koçak AÖ, Kemal M, 2012. List of the hitherto recorded pterygot taxa of Turkey (Insecta). *Memoris*, 6: 1-1649.
- Koçak AÖ, Seven S, 1994. Türkiye lepidoptera bibliyografyası. *Memoirs*, 2: 1-141.
- Leestmans R, Mottet P, Verhulst J, Carbonell F, 1986. Contribution a la connaissance de la faune printaniere des lepidopteres du Sud de l'Asie Mineure (Insecta Lepidoptera). *Linneanen Belgica*, 10: 334- 381.
- Mironov V, 2003. The Geometrid Moths of Europe. Volume 4, Stenstrup, Denmark. 463 p.
- Nieuwerkerken EJ van, Kaila L, Kitching IJ, Kristensen NP, Lees DC, Minet J, Mitter C, Mutanen M, Regier JC, Simonsen TJ, Wahlberg N, Yen S-H, Zahiri R, Adamski D, Baixeras J, Bartsch D, Bengtsson BA, Brown JW, Bucheli SR, Davis DR, Prins JDe, Prins WDe, Epstein ME, Gentili-Poole P, Gielis C, Hättenschwiler P, Hausmann A, Holloway JD, Kallies A, Karsholt O, Kawahara A, Koster SJC, Kozlov M, Lafontaine JD, Lamas G, Landry J-F, Lee S, Nuss M, Park KT, Penz C, Rota J, Schmidt BC, Schintlmeister A, Sohn JC, Solis MA, Tarmann GM, Warren AD, Weller S, Yakovlev RV, Zolotuhin VV, Zwick A, 2011. Order Lepidoptera. In Zhang Z.-Q, (Ed). *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa*, 3148: 212-221.
- Oorschot Hv, Brink Hvd, 1989. Rhopalocera of Turkey 4. The specific problem of *Melitaea didyma* (Esper, 1779) and *M. transcaucasica* (Turati, 1919) (Lepidoptera, Nymphalidae). *Nota Lepidoptera*, 12: 183-186.
- Pfeiffer E, 1931. Einleitung, diurnae. [In] Osthelder, L. and E. Pfeiffer, lepidopteren-fauna von Marasch in Türkisch nordsyrien. *Mitteilungen der Münchner Entomologischen Gesellschaft*, 21: 68-86.
- Redondo VM, Gaston FJ, Gimeno R, 2009. *Geometridae Ibericae*. Stenstrup, Denmark. 361p.
- Röber J, 1896. Neue schmetterlinge aus dem cilicischen Taurus. *Entomologische Nachrichten*, 22: 81-84.
- Röber J, 1897. Die schmetterlings-fauna des Taurus. *Entomologische Nachrichten*, 23: 257-288.
- Skinner B, Wilson D, 2009. *Colour Identification Guide to Moths of the British Isles (Macrolepidoptera)*. Stenstrup, Denmark. 325 p.
- Wagener F, 1929. Weiterer beitrage zur lepidoptern-fauna inneranatoliens. *Mitteilungen der Münchner Entomologischen Gesellschaft*, 19: 1-206.
- Zilli A, Ronkay L, Fibiger M, 2005. *Noctuidae Europaeae*. Volume 8, Sorø, Denmark. 323 p.

Tc-99m ile İşaretli Kurkumin Yüklü Katı Lipit Nanopartiküllerin Karaciğer-Dalak Sintigrafisindeki Rolü

Hayrettin EROGLU¹, Ayşe YENİLMEZ², Arif Kursad AYAN³, Cemal GÜNDOĞDU⁴, Sare ŞİPAL⁴

ÖZET: Son zamanlarda, hastalıkların tanı ve tavisini kolaylaştırmak amacıyla, nanoteknoloji ve moleküler görüntüleme alanları, çok fonksiyonlu nanopartiküllerin oluşturulması ile birleştirilmiştir. Nanopartiküllerden oluşturulan yeni nesil görüntüleme ajanlarının sahip olduğu çok yönlü ve eşsiz özelliklerinden faydalanan alanlardan biriside nükleer tıp alanıdır. Yapılan bu çalışmada; kurkumin yüklü katı lipit nanopartiküllerin (K-KLN) karaciğer ve dalak sintigrafisinde kullanılabilirliği araştırıldı. Öncelikle, kurkumin yüklü katı lipit nanopartiküller (K-KLN) mikroemülsiyon ve düşük-sıcaklıkta katılaştırma yöntemiyle hazırlandı. Lazer kırınımı (LD) analizi ile partikül boyutu belirlendi. Termogravimetrik analizi (TGA) ile K-KLN'lerin sıcaklığa karşı stabil olduğu gözlemlendi. Daha sonra K-KLN'ler Teknesyum-99m (^{99m}Tc) ile radyoaktif olarak işaretlendi. İnce katman kromatografi yöntemi ile radyoaktif işaretleme etkinliği %95'den daha fazla olarak bulundu. ^{99m}Tc-K-KLN'ler intravenöz (i.v.) olarak tavşana enjekte edildi ve gama kamera ile dinamik görüntüler kaydedildi. Elde edilen dinamik görüntülerde karaciğer ve dalak belirgin bir şekilde görüntülendi. Sintigrafik bulgulara ek olarak yapılan ex vivo biyodağılım çalışmaları ve floresan mikroskop çalışmalarında karaciğer ve dalakta ^{99m}Tc-K-KLN'lerin varlığı gözlemlendi.

Anahtar Kelimeler: Biyodağılım, katı lipit nanopartikül, kurkumin, sintigrafi, Tc-99m

The Role of Curcumin-Loaded Solid Lipid Nanoparticles Labeled with Tc-99m in the Liver-Spleen Scintigraphy

ABSTRACT: Recently, nanotechnology and molecular imaging fields are integrated to facilitate the diagnosis and the treatment of diseases with create multi-functional nanoparticles. Nuclear medicine is one of the fields that benefit from the multi-faceted and unique characteristics of new generation imaging agents that are made of nanoparticles. This study investigated the feasibility of using curcumin-loaded SLNs in liver and spleen scintigraphy. Initially, the curcumin-loaded solid lipid nanoparticles (C-SLN) were prepared using microemulsion and solidification at low temperatures. The size of the C-SLN particle is measured by Laser diffraction (LD) method. Moreover, by applying thermogravimetric analysis (TGA) it is observed that C-SLN particles are stable with temperature variation. Then, they are radiolabeled with Technetium-99m (^{99m}Tc). Using the thin-layer chromatography method, the radiolabeling efficiency was found to be higher than 95%. ^{99m}Tc-C-SLNs were injected to the rabbit intravenously (i.v.) and using a gamma camera, dynamic images were recorded. Liver and spleen were clearly displayed in these dynamic images. In addition to scintigraphic findings, the presence of ^{99m}Tc-C-SLNs in the liver and the spleen was observed in the ex vivo biodistribution studies and the analyses performed under the fluorescence microscope.

Keywords: Biodistribution, curcumin, scintigraphy, solid lipid nanoparticle, Tc-99m

¹ Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, Erzurum, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Nanobilim ve Nano Mühendisliği, Erzurum, Türkiye

³ Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp, Erzurum, Türkiye

⁴ Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Patoloji Bölümü, Erzurum, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Hayrettin EROGLU, heroglu@atauni.edu.tr

GİRİŞ

İnsan vücudundaki çeşitli fizyolojik ve fonksiyonel olayların anlaşılmasına yardımcı olan nükleer tıpta, görüntü elde etmenin yolu radyoaktif maddenin hedef organda tutulmasıyla sağlanır. Radyoaktif madde hedef organda ne kadar yoğunlukta tutulur ve zemin aktivite ne kadar az olursa görüntüleme kaliteside o kadar iyi olur. Görüntü kalitesinin yüksek oluşu ise tanıma doğruluğu beraberinde getirir. Tanı ve tedavi amacıyla vücut içine uygulanan radyoaktif madde ile işaretli bileşikler radyofarmasötik olarak bilinir. Yani radyoizotop ile biyoaktif bir bileşenin birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Biyoaktif ajan kısmı seçilen organda lokalize olma özelliğine uygun olmalıdır ve radyoaktif kısım da bileşen lokalizasyonun sağlandığı organda ışınım yaparak deteksiyon imkanı sağlamalıdır (Saha, 2010). Bu nedenle nükleer tıpta görüntüleme alternatif radyofarmasötiklerin bulunması ve geliştirilmesi çok büyük önem kazanmaktadır.

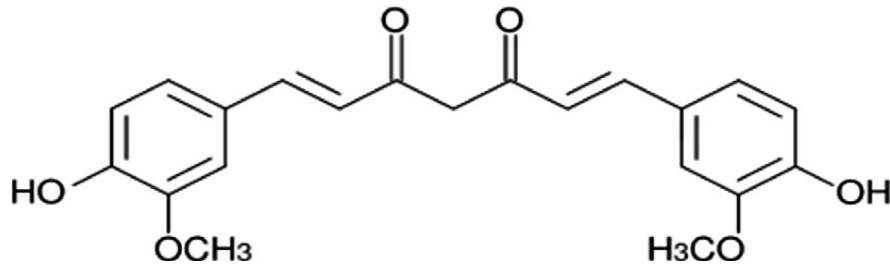
SPECT (tek-foton yayın bilgisayarlı tomografi) çalışmaları için 6 saatlik bir yarı ömre sahip olması, 140 keV enerjili gama ışını yayması ve düşük maliyet özelliklerine sahip olması ^{99m}Tc 'i birçok ilacın yanı sıra nanopartiküllerin de radyoaktif olarak işaretlenmesinde ideal bir radyonüklid yapar. Teknesyumun +7 den -1'e kadar değişen oksidasyon basamakları mevcuttur. Teknesyumun kimyasal olarak farklı oksidasyon basamaklarında bulunması ise onun farklı vücut organları tarafından seçici olarak alınması amacıyla çeşitli radyofarmasötiklerin tasarımında kullanımını mümkün kılar. ^{99m}Tc ile işaretli pek çok

radyofarmasötik nükleer tıpta diagnosotik amacıyla kullanılır (Zolle, 2007).

Öteyandan, karaciğer ve dalak sintigrafisi karaciğer-dalak patolojilerinin belirlenmesi için kullanılan yöntemlerden biridir. Karaciğer ve dalak sintigrafisi, intravenöz olarak verilen radyofarmasötiklerin karaciğer ve/veya dalağın kan havuzunda yada retiküloendotel hücrelerde lokalize olması ve radyofarmasötiklerden yayılan gama ışınlarının gama kameralar tarafından dedekte edilmesi prensibine dayanır.

Biyoaktif özellik gösteren bir molekülün aktivitesi, biyoyararlılığına, kararlılığına, absorpsiyonuna ve çözünürlüğüne bağlıdır. Geniş kapsamlı farmakolojik ve biyolojik aktiviteye sahip olan kurkuminin antioksidan, antikanserojen, anti-inflamatuar, antibakteriyel aktivitelerinin mevcut olduğu gösterilmiştir. Yine yapılan prelinik ve klinik çalışmalarla kurkuminin psikolojik, neoplastik, nörolojik, kardiovasküler, pulmoner, hepatic, safra ve metabolik hastalıklar, diyabetik yaraların iyileşmesi, romatizma dahil pek çok kronik hastalıklara karşı terapotik bir etkisinin olduğu belirtilmiştir. Çeşitli hayvan modelleri ve insan çalışmalarında ise yüksek dozlarda bile oldukça güvenli olduğu kanıtlanmıştır (Aggarwal and Harikumar, 2009; Yadav and Kumar, 2014; Anwar et al., 2014).

Kurkumin (Diferuloylmethane), Turmeric (*Curcuma longa*, Zingiberaceae) bitkisinin köklerinden elde edilen düşük molekül ağırlıklı, sarı renkli hidrofobik polifenoldür. [1,7-bis(4-hidroksi-3-metoksifenil)-1,6-heptadien-3,5-dion] kurkuminin kimyasal yapısıdır. Kurkuminin kimyasal yapısı Şekil 1 de gösterilmiştir (Margulis et al., 2014; Kumar et al., 2014).



Şekil 1. Kurkuminin kimyasal yapısı

Ancak kurkuminin biyo aktivitelerinin çeşitliliğine ve hastalıkları önleme ve tedavi etme potansiyeline rağmen düşük çözünürlüğü ve sulu çözeltilerdeki kararsızlığı, yetersiz doku emilimi, alkali pH da degradasyona uğraması, hızlı sistemik eliminasyonu

nedeniyle düşük biyoyararlılık gösterir ve bu nedenle terapötik bir ajan olarak kullanılmasını engelleyen en önemli problemi oluşturur (Aggarwal and Harikumar, 2009; Mohanty and Sahoo, 2010).

Kurkuminin biyoyararlılığını iyileştirmek için çok sayıda yaklaşım kullanılmıştır. Miseller, nanopartiküller, lipozomlar, fosfolipit-kompleksleri, nanojeller, mikrosüngerler, mikroemülsiyonlar, kitosan nanopartikülleri, siklodekstrin kompleksleri, kendiliğinden mikroemülsifiye olabilen ilaç taşıyıcı sistem (SMEDDS) gibi taşıyıcı sistemler geliştirilmiştir (Yadav et al., 2010; Gao et al., 2011; Li et al., 2013).

Kurkuminin sınırlayıcı etkilerini minimuma indirmek için düşünülen çözüm yollarından biriside katı lipit nanopartikül formülasyonları olmuştur. 1990'lı yıllarda mevcut kolloidal taşıyıcı sistemlere (emülsiyonlar, lipozomlar, polimerik nanopartiküller) alternatif bir taşıyıcı sistem olarak ortaya çıkan katı lipit nanopartiküller, fizyolojik lipitlerden oluştuğu için oldukça yüksek biyoyoumluluk ve biyobozunurluk buna karşılık düşük sistemik toksisite ve düşük sitotoksisite gösterirler. Organik çözücü kalıntısı içermemesi, geniş ölçekte üretimlerinin mümkün olması, kolay hazırlanma süreci, fiziksel kararlılığı, kararsız ilaçları kimyasal degradasyona karşı koruması ve ilacın kontrollü olarak salınması gibi avantajlara sahip olduğu için KLN'lere olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır (Rai et al., 2008; Andreozzi et al., 2011; Kathe et al., 2014). Bu sistemlerin radyofarmasi alanına taşınması ise yeni teşhis ve tedavi yöntemlerinin geliştirilmesinde umut verici bir ışık olarak görünmektedir.

İşte bu noktada yapılan çalışma, lipit nanopartikül ve moleküler görüntüleme teknolojisine dayalı olarak diagnostik alanda özellikle karaciğer-dalac sintigrafisi için yeni bir konsepti tanıtmaktadır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

^{99m}Tc-K-KLN'leri hazırlarken, katı lipid olarak; Compritol® 888 ATO (gliseril behanat), non iyonik sürfaktanlar olarak; Tween 80 (Merck) ve Soya lesitini (Alfasol), etkin madde olarak; kurkumin, radyo nüklid olarak; ^{99m}Tc (Atatürk Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp A.D.), nanopartiküllerin ^{99m}Tc ile işaretlenmesinde indirgeme ajanı olarak; kalay klorür dihidrat (Merck), tavşanın anestezisi için Ksilazin (Bioveta) ve Ketamin (Pfizer) kullanıldı.

Kurkumin Yüklü Katı Lipit Nanopartiküllerin Hazırlanması

Yapılan bu çalışmada K-KLN hazırlamak için mikroemülsiyon ve düşük-sıcaklıkta katılaştırma yöntemi birlikte kullanıldı. Gerçekleştirilen çalışmada; ilk önce lipitin 80°C'de eritilmesi sağlandı. Bu işlem basamağından sonra eritilmiş lipitin içerisine kurkumin eklendi. Lipit erime sıcaklığında olan hesaplı miktardaki sulu yüzey etkin madde karışımı ise manyetik karıştırıcıda yağ fazına damlatılarak eklendi (Kakkar et al., 2013). Daha sonra oluşan emülsiyon ultrasonikasyon ile homojenize edildi. Sıcak mikro emülsiyon 1300 rpm hızda karıştırma yapan manyetik bir karıştırıcı sayesinde 3-4°C'deki soğuk suya damlatılarak K-KLN'ler oluşturuldu. Oluşturulan K-KLN'ler flakonlara konularak oda sıcaklığında muhafaza edildi.

Partikül boyutunun Belirlenmesi

Hazırlanan K-KLN formülasyonunun partikül boyutu ve dağılımı ölçümleri Laser Diffraction (LD) esasına dayanan Malvern Mastersizer 2000 cihazı kullanılarak analizleri yapıldı. Tüm ölçümler 25°C'de ve 3 kez tekrarlanarak gerçekleştirildi.

TGA analizi

Hazırlanan kurkumin yüklü katı lipit nanopartiküllerin termal stabilitesinin belirlenmesi için Netzsch STA 409 PC Luxx Thermal analyzer cihazı kullanılmıştır. Liyofilizasyon ile toz haline getirilen KLN ve K-KLN'lerin analizleri, boş referansa karşı alümina krozede, 10°C/dak ısıtma hızında, 25°C ile 130°C sıcaklık aralığında, 30 ml/dak akış hızıyla beslenen azot atmosferinde gerçekleştirildi.

Radyoaktif Olarak İşaretleme

K-KLN'nin ^{99m}Tc ile işaretlenmesi, Atatürk Üniversitesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı radyofarmasi laboratuvarında gerçekleştirildi.

Kurkumin yüklü katı lipit nanopartiküller daha önceki çalışmalarda belirtilen metodlara benzer şekilde indirgeme ajanı Kalay Klorür Dihidrat (SnCl₂.2H₂O) kullanılarak Tc-99m ile işaretlendi (Zolle, 2007; Kakkar et al., 2013). Kısaca, 2 mCi perteknatta (TcO₄⁻), 20 µg Kalay Klorür Dihidrat (SnCl₂.2H₂O) eklendi ve solüsyonun pH'sı sodyum bikarbonat ile 6.5'e ayarlandı. Daha sonra bu solüsyona 1 ml K-KLN eklenerek 10

dakika oda sıcaklığında inkübe edildi. İşaretleme etkinliği silika jel yüklü fiber şeritler (2×8 cm) kullanarak yükselen hazır ince katman kromatografi ile değerlendirildi (Aburahma and Badr-Eldin, 2014). Radyoaktif işaretli kompleks (3µl) ITLC-SG şeridinin alt kısmının 1 cm yukarısına bir insülin şırıngası ile damlatıldı ve mobil faz olarak %100 aseton kullanılmasıyla yaklaşık 7 cm yüksekliğe kadar yürütüldü. ITLC-SG şeridi eşit bir şekilde ortadan ikiye kesildi ve her bir yarımdaki radyoaktivite kuyu tipi bir gama sayacı (Biodex, Atomlab 200 model dosecalibrator) ile sayıldı. Serbest TcO_4^- şeridinin alt kısmındaki işaretli kompleksten ayrılarak ön kısma doğru göç eder. Radyoaktif işaretli kompleks ise uygulama noktasında kalır. Perteknatatın indirgenmesi için kullanılan kalay klorürün fazla olması istenmeyen radyokolloid oluşumuna sebep olur. Bu yüzden radyokolloid yüzdesi piridin: asetik asit: su (3:5:1.5) kullanılarak belirlendi. Kolloidler şeridinin alt kısmında kalırken, serbest perteknatat ve işaretli kompleks şeridinin ön kısmına hareket etmiştir. Piridin: asetik asit: su karışımından asetonda göç eden aktivite kısmı çıkarılarak ^{99m}Tc -K-KLN'lerin net miktarı hesaplandı.

Radyoaktif partiküllere ilişkin olarak, ITLC metoduna göre K-KLN'lerin radyoaktif işaretleme etkinliği oda sıcaklığında 90 ± 8 olarak ölçüldü. Bu yüksek işaretleme etkinliği K-KLN'lerin ^{99m}Tc ile etkili bir şekilde bağlandığını göstermektedir.

Gama Sintigrafi Çalışmaları

Görüntüleme çalışmaları için, çalışmada 3.5-4 kg aralığında beyaz Yeni Zelanda erkek tavşanı kullanıldı. Tavşan 12 saat karanlık 12 saat aydınlık siklusuna sahip %45-50 nispi nem miktarı ile birlikte 22 ± 2 °C' deki bir sıcaklıkta ve kontrollü laboratuvar şartlarında muhafaza edildi. Tavşana deney öncesinde özel bir gıda rejimi uygulanmadı ve deney sırasında aç bırakıldı. Deney öncesinde ise standart pelet yem ve musluk suyu ile beslendi. Bu çalışmadaki hayvan araştırmaları Atatürk Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulunun izni ile yürütüldü (Kayıt numarası: 36643897-51, 2015).

Tavşanda sintigrafi görüntüleme çalışmasında Teknesyum ile işaretli K-KLN'nin canlıdaki organ tutulumu non-invaziv olarak değerlendirildi. Tavşana

uygulanacak ^{99m}Tc ile işaretli K-KLN'lerin aktivitesi yaklaşık 2 mCi'ye ayarlandı. İn vivo çalışmalarda kullanılan K-KLN süspansiyonunun işaretleme etkinliği $95 \pm 4\%$ idi. Görüntüleme çalışmalarından önce tavşana 1 ml ketamin ve 1 ml ksilazininin intramusküler enjeksiyonu ile anestezi yapıldı. Hazırlanan ^{99m}Tc -K-KLN tavşana dorsal kulak veninden i.v olarak uygulandı. ^{99m}Tc -K-KLN'nin i.v uygulanmasından sonra tavşan, uygun boyuttaki plakanın üzerine sırt üstü pozisyonda yerleştirildi. İdame doz (başlangıç dozunun 1/3) gerekli olduğunda kullanıldı. İdrar kontaminasyonu önlemek için gerekli önlemler alındı. Düşük enerjili-genel amaçlı bir kolimatör ile uyumlu olan bir gama kamera (Siemens Medical Systems, Inc. Hoffman Estates, IL 60195) tarafından dinamik görüntüler kaydedildi. Dinamik görüntüler için 128×128 matrix kullanıldı.

Ex Vivo Biyodağılım Çalışması

K-KLN'lerin in vivo biyodağılımı i.v enjeksiyondan sonra gama kamera (SPECT) kullanılarak değerlendirildi. Bu değerler organların gama sayacında elde edilen ex vivo biyodağılımı ile karşılaştırıldı. Ex vivo biyodağılım çalışması ^{99m}Tc ile işaretli K-KLN'nin i.v uygulanmasından yaklaşık 4 saat sonra gerçekleştirildi. Tavşan yüksek doz anestezi (100 mg.kg⁻¹) sodyum tiyopental ile sakrifiye edildi. Daha sonra tavşanın ilgili organları çıkarıldı. Doku örnekleri salin ile yıkandı ve tartıldı. Radyoaktivite ^{99m}Tc enerjisi için kalibre edilen kuyu tipi gama sayacında ölçüldü. Sonuçlar i.v uygulamadan sonra yarılanma ömründeki bozunma süresi hesaba katılarak her bir organ için dokunun gram başına enjekte edilen dozun yüzdesi olarak ifade edildi (%ID/g) (Banerjee et al., 2014).

$$\%ID/g \text{ dokunun} = [(\text{örnekteki sayım}) / (\text{örneğin ağırlığı} \times \text{yarılanma süresi hesaba katılarak hesaplanan toplam sayım})] \times 100$$

K-KLN'lerin Karaciğer ve Dalaktaki Varlığının Histopatolojik Olarak İncelenmesi

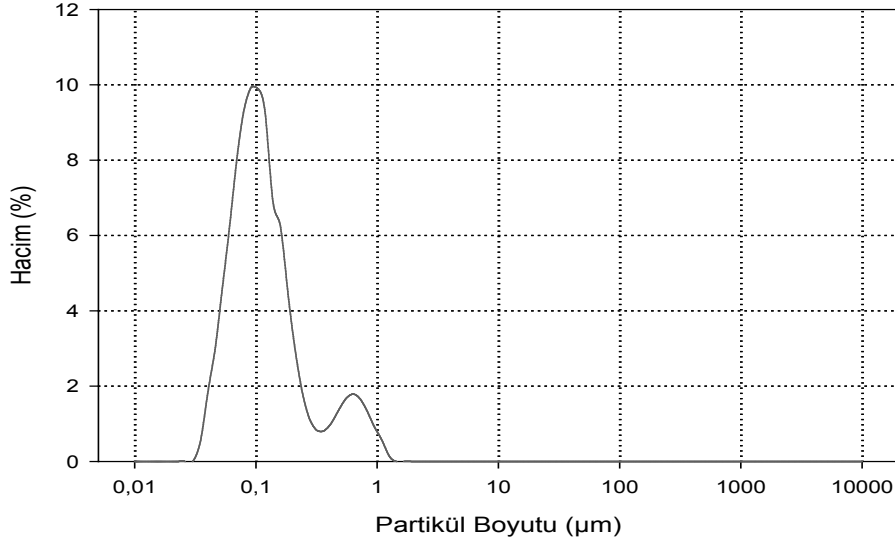
Biyodağılımı incelenen tavşanda en fazla tutulumun olduğu tespit edilen karaciğer ve dalaktan doku örnekleri alınarak donduruldu ve donuk kesit örnekleri floresan (Zeiss Imager-D2, ×400) altında incelendi.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Partikül boyut dağılımı ve TGA analizi

Partikül boyutu ve boyut dağılımı, koloidal taşıyıcı sistemlerin fizikokimyasal özelliklerinin

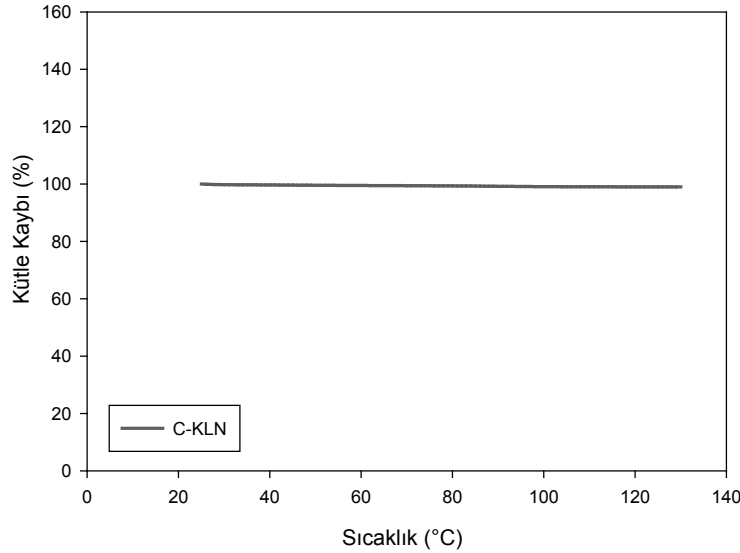
belirlenmesinde kullanılan en önemli verilerden birisidir. Özellikle süspansiyon ve emülsiyon gibi taşıyıcı sistemlerin, fiziksel-kimyasal kararlılığı ve etkinlik açısından başarılı formülasyonu, ürünün partikül boyutuna bağlıdır.



Şekil 2. K-KLN'nin hacimsel boyut dağılımı

Lazer kırınım verileri hacim dağılımına göre belirtilir. Formülasyonun partikül boyutu ise $LD_{10^{50}90}$ (laser diffraction) çap değerlerine bakılarak yorumlanır. Yani, LD_{50} değeri 1µm olarak ölçülmüşse bunun anlamı, tüm partiküllerin %50'si 1 µm ve 1 µm'den daha az bir boyuta sahiptir denilebilir. Şekil 2'deki

partikül boyut analizi incelendiğinde LD_{10} değerinin 0,061 µm, LD_{50} değerinin 0,115 µm ve LD_{90} değerinin 0,504 µm olduğu gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak partiküllerin %90'ından daha fazlasının 504 nm den daha küçük olduğu ve bu partiküllerin %90'nının koloidal boyutlara sahip olduğu saptanmıştır. (<1µm).



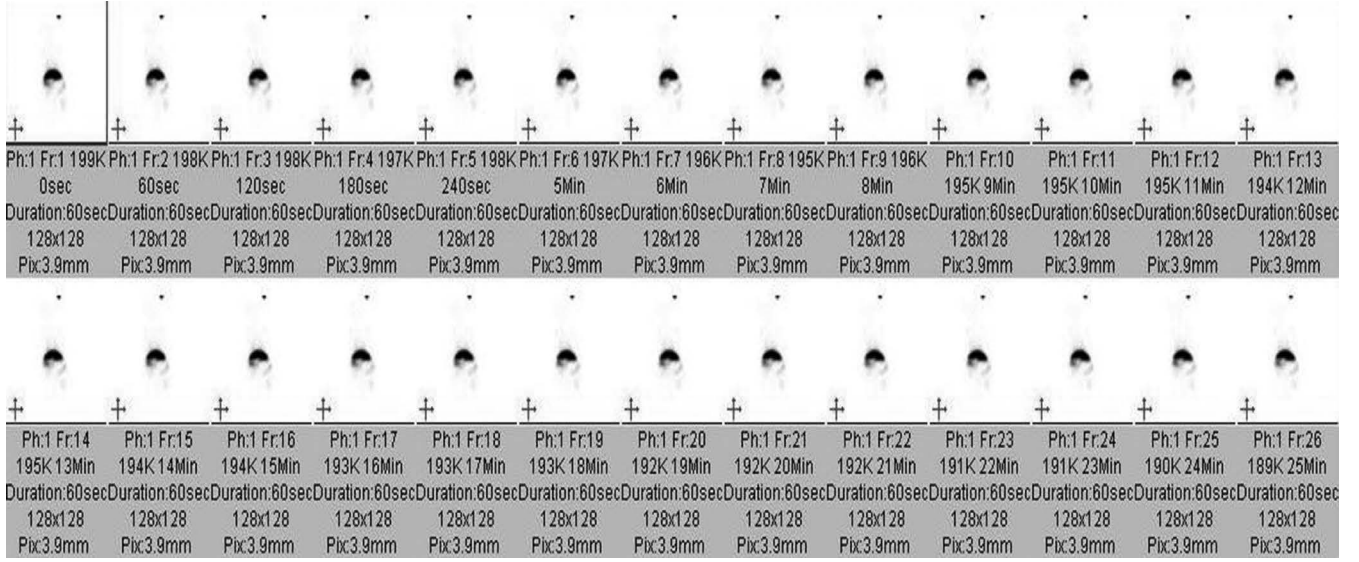
Şekil 3. K-KLN'nin termogravimetrik analizi

Katı lipid nanopartikül formülasyonu yüksek sıcaklıklar da hazırlandığı için bu partiküllere yüklenen kurkuminin termal stabilitesini belirlemek amacıyla TGA analizi yapıldı. Şekil 3'te görüldüğü gibi, TGA analiz sonucuna göre 25°C ile 130°C arasında herhangi bir kütle kaybının olmaması katı lipid nanopartikül formülasyonunda ki kurkuminin sıcaklığa karşı stabilitesini koruduğu yorumu yapılabilir.

Gama Sintigrafi ve Biyodağılım Çalışması

Tavşanlara $^{99m}\text{Tc-K-KLN}$ 'nin intra venöz uygulamasından sonra gama kamera ile görüntüleri alındı. Dinamik görüntüler değerlendirilip, radyoaktivite tutulumu gösteren bölgeler belirlendi. Dinamik görüntüler Şekil 4'te verildi.

Şekil 4 incelendiğinde kalp ve akciğerler ile karaciğer, dalak, böbrekler ve mesanede tutulumların olduğu görülmektedir.



Şekil 4. $^{99m}\text{Tc-K-KLN}$ 'nin tavşana i.v enjeksiyonundan sonra çekilen dinamik görüntüler

Çizelge 1. Tavşanda $^{99m}\text{Tc-K-KLN}$ 'nin biyodağılımı

| Organ | % ID Organ ⁻¹ | %ID g ⁻¹ |
|-----------|--------------------------|---------------------|
| Dalak | 1.19 | 0.61 |
| Karaciğer | 43.56 | 0.67 |
| Böbrekler | 2.28 | 0.08 |
| Kemik | 0.49 | 0.04 |

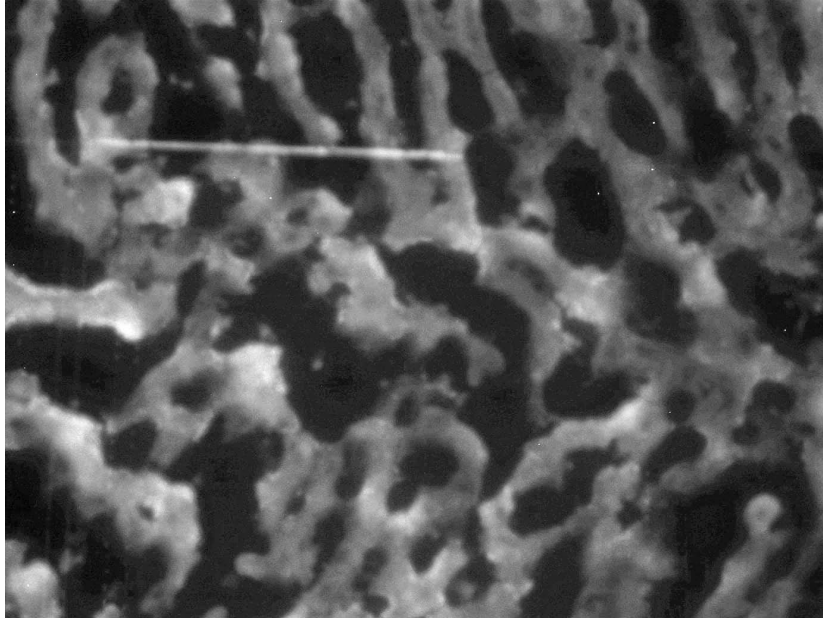
i.v enjeksiyondan 4 saat sonra sakrifiye edilen tavşandaki $^{99m}\text{Tc-K-KLN}$ 'nin organ dağılımı Çizelge 1'de sunulmuştur. i.v enjeksiyondan 4 saat sonra sakrifiye edilen tavşandan alınan karaciğer (%0.67) ve dalak (%0.61) dokularında gram başına düşen aktivitenin olması kolloidal partiküllerin önemli bir kısmının tutulum gösterdiğini destekler. Bu organlarda kaydedilen radyoaktivitenin retikuloendotelial sistem (RES) hücreleri tarafından alınan tutulumdan dolayı olduğu söylenebilir.

Tavşandaki ex vivo biyodağılımı incelendiğinde asıl tutulum gösteren organların karaciğer ve dalak olduğu görülmektedir. Böbreklerde ve mesanede tutulumun olması, $^{99m}\text{Tc-K-KLN}$ 'lerin böbrekler ve mesane yoluyla atılması nedeniyle fizyolojik tutulum lehine yorumlanmaktadır. Yani $^{99m}\text{Tc-K-KLN}$ 'nin temizlenme rotasının böbrekler ve hepatobilyer sistem yoluyla olduğu söylenebilir. Yapılan ex vivo biyodağılım çalışmasında tiroid ya da midede $^{99m}\text{Tc-K-KLN}$ 'nin önemli bir aktivitesinin görülmemesi

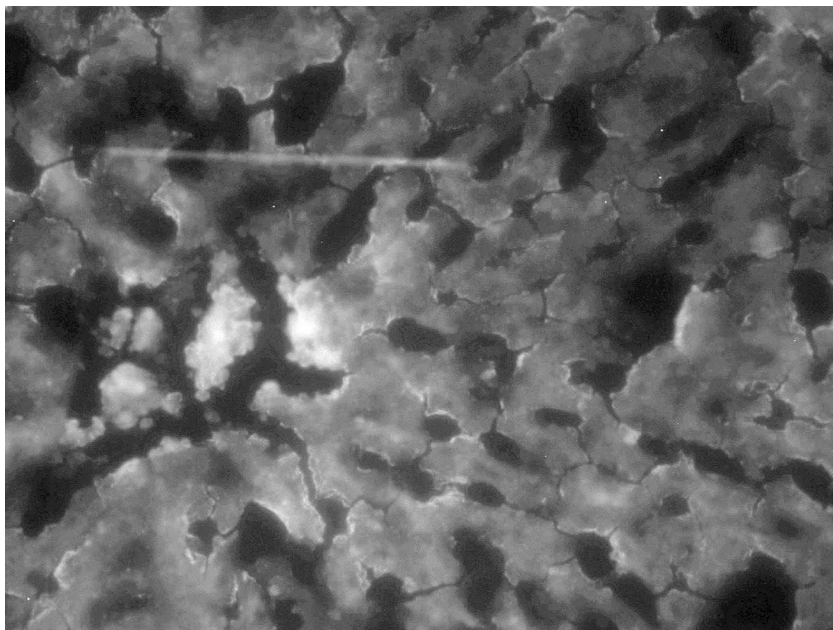
bu çalışmada özetlenen işaretleme prosedürün kullanımı ile birlikte $^{99m}\text{Tc-K-KLN}$ 'nin in vivo stabilitesinin iyi olduğunu gösterir. Ayrıca kemikte (%0.04) aktivitenin olması bu partiküllerin küçük bir kısmının kemik iliği tarafından tulumun olduğuna işaret eder. Akciğerlerde tutulumun gözlemlenmesi partikül boyutuyla alakalı olabilir. Çünkü kılcal damar

boyutları katı lipit partiküllerin geçişini engelleyebilir. Ancak deney hayvanının, sakrifiye edilene kadarki süreçte herhangi bir sorun yaşamaması, K-KLN'lerin kılcal damarlara takılsa bile emboliye neden olmadığı kanısını oluşturur. Sonuç olarak ex vivo biyodağılım çalışmasındaki sonuçlar sintigrafik görüntülerle paralellik göstermektedir.

Floresan Mikroskop Çalışması



Şekil 5. $^{99m}\text{Tc-K-KLN}$ 'nin i.v enjeksiyondan sonra alınan tavşan donuk kesit dalak örneğinin floresan mikroskop görüntüsü ($\times 400$)



Şekil 6. $^{99m}\text{Tc-K-KLN}$ 'nin i.v enjeksiyondan sonra alınan tavşan donuk kesit karaciğer örneğinin floresan mikroskop görüntüsü ($\times 400$)

Dinamik görüntülerde ^{99m}Tc -K-KLN'nin karaciğer ve dalaktaki tutulumunun artarak devam etmesi ve daha sonra sakrifiye edilen tavşanın karaciğer ve dalak dokularının floresan mikroskobu ile histopatolojik olarak inceleme sonuçları birlikte değerlendirildiğinde kurkumin yüklü katı lipit nanopartiküllerin intravenöz uygulanmasıyla birlikte bozulmadan karaciğere ve dalağa etkili bir geçiş gösterdiği saptanmıştır. Şekil 5 ve Şekil 6'da ^{99m}Tc ile işaretli K-KLN'nin tavşan karaciğer ve dalağa geçişi görüntülenmektedir. Bu görüntüler ise sintigrafik bulgularla paralellik göstermektedir.

Özetle bu çalışma; KLN'lerin seçici olarak karaciğer ve dalağa ilaç taşıyıcı bir potansiyelinin olduğunu ve karaciğer-dalak sintigrafisi için ^{99m}Tc ile işaretli C-KLN'lerin kullanılabilirliğini göstermektedir.

SONUÇ

K-KLN'lerin nükleer tıpta teşhis amaçlı özellikle de karaciğer-dalak sintigrafisinde kullanılabilirliğini konu alan bu çalışmada; K-KLN'ler başarılı bir şekilde hazırlandı ve ^{99m}Tc ile radyoaktif olarak işaretlendi. Yapılan in vivo ve ex vivo çalışmalar K-KLN'lerin karaciğer ve dalakta etkin bir şekilde lokalize olduğunu gösterdi. Sintigrafik olarak karaciğer-dalak görüntüleri elde edildi. Floresan mikroskobu ile de histopatolojik olarak karaciğer ve dalağa geçiş tespit edilerek bulgular desteklendi. Bu nedenle elde edilen sonuçlar, K-KLN'lerin karaciğeri-dalak görüntüleme kullanılabilir potansiyelinin olduğunu gösterdi.

KAYNAKLAR

- Aburahma MH, Badr-Eldin SM, 2014. Compritol 888 ATO: a multifunctional lipid excipient in drug delivery systems and nanopharmaceuticals. *Expert Opin Drug Deliv*, 11: 1865-83.
- Aggarwal BB, Harikumar KB, 2009. Potential therapeutic effects of curcumin, the anti-inflammatory agent, against neurodegenerative, cardiovascular, pulmonary, metabolic, autoimmune and neoplastic diseases. *Int J Biochem Cell Biol*, 41: 40-59.
- Andreozzi E, Seo JW, Ferrara K, Louie A, 2011. Novel method to label solid lipid nanoparticles with ^{64}Cu for positron emission tomography imaging. *Bioconjug Chem*, 22: 808-18.
- Anwar M, Asfer M, Prajapati AP, Mohapatra S, Akhter S, Ali A, Ahmad, FJ, 2014. Synthesis and in vitro localization study of curcumin-loaded SPIONs in a micro capillary for simulating a targeted drug delivery system. *Int J Pharm*, 468: 158-64.
- Banerjee I, De K, Chattopadhyay S, Bandyopadhyay AK, Misra M, 2014. An easy and effective method for radiolabelling of solid lipid nanoparticles. *J Radioanal Nucl Chem*, 302:837-843.

- Gao Y, Li Z, Sun M, Guo C, Yu A, Xi Y, Cui J, Lou H, Zhai G, 2011. Preparation and characterization of intravenously injectable curcumin nanosuspension. *Drug Deliv*, 18: 131-42.
- Kakkar V, Mishra AK, Chuttani K, Kaur IP, 2013. Proof of concept studies to confirm the delivery of curcumin loaded solid lipid nanoparticles (C-SLNs) to brain. *Int J Pharm*, 448: 354-9.
- Kakkar V, Muppu SK, Chopra K, Kaur IP, 2013. Curcumin loaded solid lipid nanoparticles: an efficient formulation approach for cerebral ischemic reperfusion injury in rats. *Eur J Pharm Biopharm*, 85: 339-45.
- Kathe N, Henriksen B, Chauhan H, 2014. Physicochemical characterization techniques for solid lipid nanoparticles: principles and limitations. *Drug Dev Ind Pharm*, 40: 1565-75.
- Kumar SS, Mahesh A, Mahadevan S, Mandal AB, 2014. Synthesis and characterization of curcumin loaded polymer/lipid based nanoparticles and evaluation of their antitumor effects on MCF-7 cells. *Biochim Biophys Acta*, 1840: 1913-22.
- Li B, Konecke S, Wegiel LA Taylor, LS, Edgar KJ, 2013. Both solubility and chemical stability of curcumin are enhanced by solid dispersion in cellulose derivative matrices. *Carbohydr Polym*, 98: 1108-16.
- Margulis K, Magdassi S, Lee HS, Macosko, CW, 2014. Formation of curcumin nanoparticles by flash nanoprecipitation from emulsions. *J Colloid Interface Sci*, 434: 65-70.
- Mohanty C, Sahoo SK, 2010 The in vitro stability and in vivo pharmacokinetics of curcumin prepared as an aqueous nanoparticulate formulation. *Biomaterials*, 31: 6597-611.
- Rai S, Paliwal R, Gupta PN, Khatri K, Goyal AK, Vaidya B, Vyas, SP, 2008. Solid lipid nanoparticles (SLNs) as a rising tool in drug delivery science: One step up in nanotechnology. *Current Nanoscience*, 4: 30-44.
- Saha GB. 2010. *Fundamentals of Nuclear Pharmacy*. Sixth Edition, Springer Science & Business Media, USA. 83 p.
- Yadav D, Kumar N, 2014. Nanonization of curcumin by antisolvent precipitation: process development, characterization, freeze drying and stability performance. *Int J Pharm*, 477: 564-77.
- Yadav VR, Prasad S, Kannappan R, Ravindran J, Chaturvedi MM, Vaahtera L, Parkkinen J, Aggarwal BB, 2010. Cyclodextrin-complexed curcumin exhibits anti-inflammatory and antiproliferative activities superior to those of curcumin through higher cellular uptake. *Biochem Pharmacol*, 80: 1021-32.
- Zolle I 2007. *Technetium-99m Pharmaceuticals: Preparation And Quality Control In Nuclear Medicine*. Springer, Berlin. 123-149 p.

Decolorization of Textile Dyes in Two Different Medium

Kübra Metin TATLIGÜN¹, Tuba ARTAN ONAT²

ABSTRACT: In this study, the decolorization of textile dyes, taken from textile factory, (Doracryl Blue (DB), Astrozon Red (AR) and Maxillon Red (MR)), were determined by pure bacterial culture which isolated from waste water. Bioaccumulation rate were determined in two different media (Nutrient Broth and Molasses medium) as a function of initial pH (5-8), dye concentration (100-500 mgL⁻¹), and temperature (25-35°C). High rates of decolorization at pH 7 and 8 have been found in both nutrient and molasses medium at incubation period. The bacterial culture decolorized MR and DB colors at high concentrations and all temperatures almost 95% decolorization yield, besides AR decolorized at 200 mgL⁻¹ dye concentrations and 40% rate and couldn't be decolorized at higher concentrations. The results were showed that the bacterium was able to decolorize the DB and MR high ratio in both nutrient and molasses media at high concentrations and all temperatures, although the AR weren't decolorized at high ratio by bacterium. Because of this, although the bacterial culture could be used highly for decolorization for DB and MR, it has got limited usage for AR.

Keywords: Bacterial culture, decolorization, textile dyes



İki Farklı Besiyerinde Tekstil Boyalarının Renk Giderimi

ÖZET: Bu çalışmada tekstil fabrikasından alınan üç farklı tekstil boyasının (Doracryl Blue (DB), Astrozon Red (AR) and Maxillon Red (MR)) atık sudan izole edilen bakteriyel kültür ile renk giderimi tespit edilmiştir. Biyoakümülyasyon oranı, iki farklı besiyerinde (Nutrient Broth ve Melaslı Besiyeri) başlangıç pH (5-8), boya konsantrasyonu (100-500 mgL⁻¹) ve sıcaklığa (25-35°C) karşılık tespit edilmiştir. Her iki besiyerinde de inkübasyon periyodu boyunca pH 7 ve 8'de yüksek oranlarda giderim tespit edilmiştir. Bakteriyel kültür MR ve DB boyaalarını tüm yüksek konsantrasyonlar ve sıcaklıklarda %95 oranında gidermiştir. Bunun yanında AR ise 200 mgL⁻¹ konsantrasyonda %40 oranında giderilmiş ve daha yüksek konsantrasyonlarda giderilememiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar bakteriyel kültürün MR ve DB boyaalarını tüm konsantrasyon ve sıcaklıklarda yüksek oranda gidermesine karşın AR'nin yüksek oranda dekolorize edilmediğini ortaya koymuştur. Bundan dolayı bakteriyel kültür DB ve MR boyaalarının dekolorizasyonu için kullanılabilirken AR için sınırlı kullanım alanına sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Bakteriyel kültür, dekolorizasyon, tekstil boyaaları

¹ Niğde Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoteknoloji, Kampüs, Türkiye

² Niğde Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji, Niğde, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Tuba ARTAN ONAT, tubaartan@nigde.edu.tr

INTRODUCTION

Synthetic dyes are produced as resistant to sweat, light, water, chemical agents and also fading. Synthetic dyes are widely used in textile industry and high amount of water used in dyeing process that is the major cause of water pollution. The pH, amount of dissolved oxygen and inorganic substances of the waste water is varied according to the chemical composition of dyes. The removal of the dye into the water is very hard and it is blocked the photosynthesis by entrance of the sunlight to water or diminish the concentration of dissolved oxygen (Kaputska and Reporter, 1993; Banat et al., 1996; Vandevivere et al., 1998; Robinson et al, 2001; Rai et al, 2005; Kestioğlu and Yalılı, 2006; Pandey et al., 2007; Ghodake et al., 2009).

Many physical and chemical methods are used for dye remove, but they have disadvantages such as high costs and creating secondary waste. Biosorption, bioaccumulation, enzymatic techniques are mostly used and very important for dye removal from the environment (Chen et al., 2002; Forgacs et al., 2004; Khehra et al., 2005; Han et al., 2011). Bioaccumulation, is the uptake and accumulation the chemicals by organisms' body surface. In a bioaccumulation process the initial pH, medium components, initial dye concentration, dye structure and culture conditions affect the microbial growth and bioaccumulation of dyes (Gönen and Aksu, 2009; Yabancı, 2010).

In this study, the decolorization of textile dyes, taken from textile factory of (Doracryl Blue (DB), Astrozon Red (AR) and Maxillon Red (MR)), were determined by pure bacterial culture which isolated from waste water. Bioaccumulation rate were determined in two different media as a function of initial pH dye concentration and temperature.

MATERIAL AND METHODS

In the study, the dyes such as Doracryl Blue (DB), Astrozon Red (AR), Maxillon Red (MR) were used and obtained from textile factory. Bacterial culture was isolated from waste water. The nutrient broth and molasses medium were used (80 mL⁻¹ stock molasses, 1.0 gL⁻¹ (NH₄)₂SO₄, 0.5 gL⁻¹ KH₂PO₄) for the determination of decolorization capacity of the bacterial culture (Aksu and Dönmez 2000; Dönmez, 2001).

The dye concentration was measured by spectrophotometer (600 nm for Doracryl Blue, 530

nm for Maxillon Red, and 490 nm for Astrozon Red). Decolorization experiments were determined as a function of initial pH (5-8), initial dye concentration (100-500 mgL⁻¹) and temperature effect (25-35°C), and the dye samples were taken at 12, 18, 24, 48 hours of incubation period. Initial dye concentrations were settled as 100-500 mgL⁻¹ in nutrient broth and molasses media. All of the experiments were made at 100 mL medium in 250 mL Erlenmeyer's flasks, the samples were taken 2 mL and centrifuged to separate the bacterium from the medium, at 5000 rpm for 10 minutes. Decolorization yield of dyes were calculated by the following formula. C₀ represents the initial dye concentration and C_f represents the final dye concentration.

$$\text{Decol\%} = ((C_0 - C_f) / C_0) * 100$$

RESULTS

In this work the bioaccumulation of textile dyes (Doracryl Blue (DB), Astrozon Red (AR), Maxillon Red (MR)) were determined and there is a few study about bioaccumulation of the dyes, besides there is biosorption study with the dyes (Artan Onat et al., 2013). The bacterial culture which used in this study was Gram (+) cocci and has smooth colonies on nutrient agar.

Effect of pH

At first the effect of pH has been investigated on the removal of dye and the pH was selected which demonstrated the highest removal values for following studies. In this study, molasses broth and nutrient broth medium were prepared at different pH values (5, 6, 7, 8), and the medium initial dye concentration adjusted at 100 mgL⁻¹ for each dye and bacterial culture was inoculated at 1/100 v/v ratio. The decolorization yields of the dyes were showed at Fig. 1, and results were obtained at 18. hour of incubation period, at 24. hour of incubation period the dyes were provided decolorization at maximum yields.

As shown that Fig. 1 high rates of decolorization at pH 7 and 8 have been found in both nutrient and molasses media at incubation period. The dye removal was established as 76.90%, 58.80% and 75.48% for MR, DB and AR respectively at 18. hours of incubation period in molasses medium at pH 8. Moreover, the decolorization rate was determined almost 95% at 24. hour of incubation period for all dyes. However, the pH 6 was selected for DB due to the removal rate

was 89.93% and the pH 8 was selected for MR and AR with the removal rate were 96.89% and 82.88% consequently at 24 h incubation period in nutrient broth

medium. The dye decolorization ability of bacterium was proximately at same pH values and also the rates of decolorization yield were very high for all dyes.

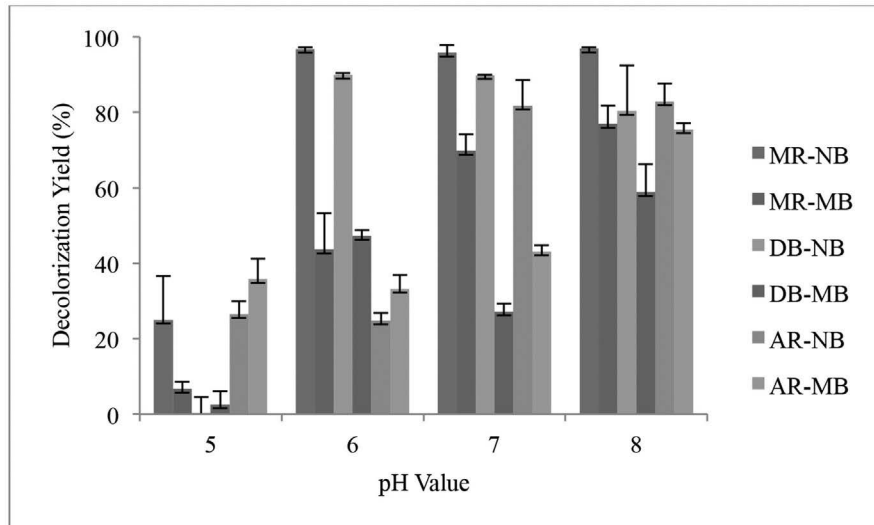


Figure 1. The effect of pH on decolorization of textile dyes in nutrient broth and molasses media at 100 mgL^{-1} initial dye concentration at 30°C at 18 h. (MR-NB: Maxillon Red-Nutrient Broth, MR-MB: Maxillon Red-Molasses Medium, DB-NB: Doracryl Blue-Nutrient Broth, DB-MB: Doracryl Blue-Molasses Medium, AR-NB: Astrozon Red-Nutrient Broth, AR-MB: Astrozon Red-Molasses Medium)

Effect of dye concentration

The effect of increasing concentration of dyes was studied on the dye removal capacity of bacterium, initial dye concentrations were settled to $100 - 500 \text{ mgL}^{-1}$ for each medium and incubated for 48 hours and the data were shown at Fig. 2.

The removal of MR was determined almost 97 – 99% for all dye concentrations at nutrient broth medium. However, the dye removal was decreased with increasing of dye concentration in molasses medium. The removal was determined as 89.93%, 91.51%, 81.47%, 80.84% and 74.62% for $100 - 500 \text{ mgL}^{-1}$ initial dye concentration sequentially.

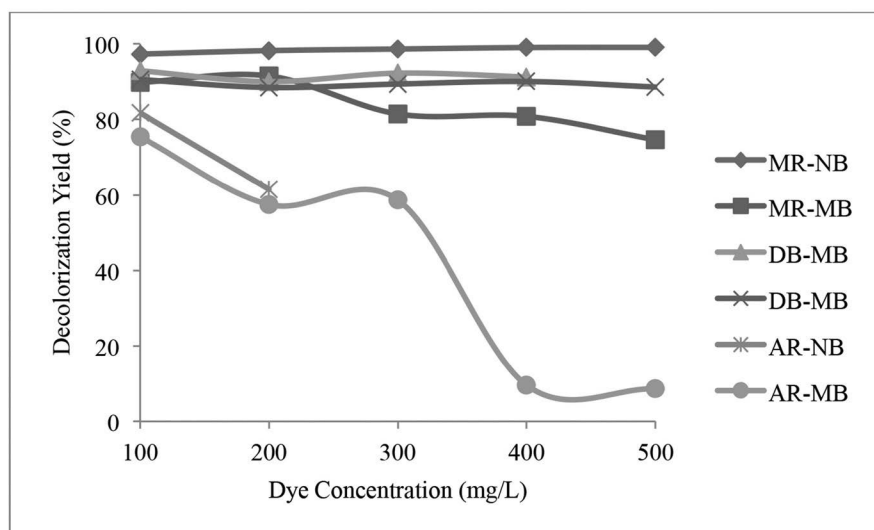


Figure 2. The effect of dye concentration on decolorization of textile dyes in nutrient broth and molasses media at 30°C at 48 h. (MR-NB: Maxillon Red-Nutrient Broth, MR-MB: Maxillon Red-Molasses Medium, DB-NB: Doracryl Blue-Nutrient Broth, DB-MB: Doracryl Blue-Molasses Medium, AR-NB: Astrozon Red-Nutrient Broth, AR-MB: Astrozon Red-Molasses Medium)

DB was decolorized almost 90% for 100 – 400 mgL⁻¹ dye concentration at nutrient broth, besides 500 mgL⁻¹ dye concentration reduced bacterial growth and decolorization did not determine at that concentration. Moreover, dye decolorization was obtained as 90% for all dye concentrations in molasses media.

The bacterial growth was determined only 100 and 200 mgL⁻¹ AR concentrations at nutrient broth and the removal ratios were 80% and 60% respectively. On the other hand, molasses medium increased the tolerance of bacterium to AR and removal ratio were determined as 75.48%, 57.47%, 58.66% for 100 – 300 mgL⁻¹ dye concentration and also 10% decolorization yield was obtained for 400 and 500 mgL⁻¹ dye concentrations.

As a consequence, it was clear that the bacterium decolorizes DB and MR at elevated concentrations

in 48 hours' incubation period. Therefore, AR was affected the bacterial growth and reduced dye removal.

Effect of temperature

In the study the effect of temperature was also studied on dye removal with bacterium, 25 – 35°C and 100 mgL⁻¹ dye concentration at 24 hours' incubation period (Fig. 3). The MR was decolorized in nutrient broth and molasses media almost 90% and 80% sequentially at all temperatures. In addition to this, the DB was showed same decolorization yield with MR, on the other hand AR was decolorized almost 40% yield. The results were showed that the bacterium was able to decolorize the DB and MR high ratio in both nutrient and molasses media at high concentrations and all temperatures, although the AR did not decolorize at high ratio by bacterium.

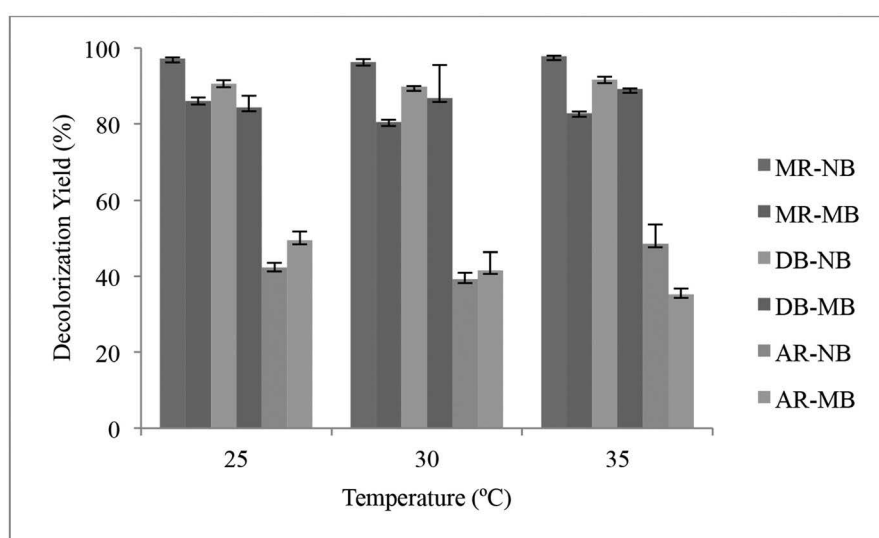


Figure 3. The effect of temperature on decolorization of textile dyes in nutrient broth and molasses media at 100 mgL⁻¹ dye concentration at 24 h. (MR-NB: Maxillon Red-Nutrient Broth, MR-MB: Maxillon Red-Molasses Medium, DB-NB: Doracryl Blue-Nutrient Broth, DB-MB: Doracryl Blue-Molasses Medium, AR-NB: Astrozon Red-Nutrient Broth, AR-MB: Astrozon Red-Molasses Medium)

DISCUSSION

The dye decolorization ability of bacterium, that isolated from waste water, was detected for three textile dyes in two different media. The dye decolorization ratio were determined as almost 95% for all dyes at pH 7 and 8 in 30°C at 24 h incubation period. Bacterial consortium or pure cultures decolorize different textile dyes similar pH values and temperature degrees. Therefore, the bacterial culture that used in this work

reduces the dye concentration at 18h incubation period and this is the shortest decolorization time for this textile dyes. Moreover, initial dye concentrations were higher than literature (Feng vd., 2014; Khouni vd., 2012; Moosvi vd., 2006; Vijayalakshmidivi vd., 2015; Silveria vd., 2009; Sirianuntapiboon vd., 2007).

Doğan et al., (2009) was decolorized the MR by adsorption with kaolinite and decolorized 20 moles g⁻¹ dye at maximum ratio at pH 4.8. There is no work about

the decolorization of DB and AR by bioaccumulation method. However, the biosorption yield of DB and AR were determined almost 95% (Artan Onat et al., 2013).

In this work the decolorization yields were determined at maximum ratio (95%) for DB and MR for high concentrations (100-500 mgL⁻¹) also for AR in nominal degrees. In literature there were many studies about decolorization of different textile dyes by bacterial consortium or pure bacterial cultures. Therefore, in this study the incubation period was shorter and the initial dye concentrations were higher. In addition, the data those taken from this work were coherent with the literature, on the other hand there was little work about the dyes that were used in this study (Yeşilada et al, 2002; Moosvi et al., 2006; Sirianuntapiboon et al., 2007; Sedighi et al, 2009; Silverda et al, 2009; Almeida et al., 2010; Khouni et al., 2012; Feng et al., 2014; Vijayalakshmi et al., 2015).

CONCLUSION

The dye decolorization ability of bacterium was approximately at same pH (7 and 8) values and also the rates of decolorization yield were approximately 95% for all dyes at 100 mgL⁻¹ dye concentration and 24 hours' incubation period. The bacterium decolorizes DB and MR at elevated concentrations in 48 hours' incubation period. Therefore, AR affected the bacterial growth and reduced dye removal. The decolorization yields were determined at maximum ratio for DB and MR for high concentrations also for AR in nominal degrees. The temperature did not affect dye decolorization significantly. Moreover, the bacterial culture could be used highly for decolorization for DB and MR at different temperature and high dye concentrations, and has got limited usage for AR because of limited bacterial growth.

REFERENCES

- Aksu Z, Dönmez, G 2000. "The use of molasses in copper(II) containing wastewaters: effect on growth and copper(II) bioaccumulation properties of *Kluyveromyces marxianus*", *Process Biochemistry* 36, 451-458.
- Almeida CAP, Santos A, Jaeger S, Debacher NA, Hankins NP, 2010. "Mineral waste from coal mining for removal of azarone red dye from aqueous solutions", *Desalination*, 264, 181-187.
- Artan Onat T, Çakırgez M, Kara R, 2013. "Decolorization of doracryl blue and astrozon red by *Chiloscyphus polyanthos*", *Current Opinion in Biotechnology* 24S S28-S47.
- Banat IM, Nigam P, Singh D, Marchant R, 1996. "Microbial decolorization of textile dye containing effluents: A review", *Bioresource Technology* 56, 217-227.
- Chen BY, 2002. "Understanding decolorization characteristics of reactive azo dye by *Pseudomonas luteola*: Toxicity and kinetics", *Process Biochemistry* 38(3),437-446.
- Doğan M, Karaoğlu MH, Alkan M, 2009. "Adsorption kinetics of maxillon yellow 4GL and maxillon red GRL dyes on kaolinite", *Journal of Hazardous Materials*, 165, 1142-1151.
- Feng C, Fang-yan C, Yu-bin T, 2014. "Isolation, identification of a halotolerant acid red B degrading strain and its decolorization performance", *Apcebee Procedia*, 9, 131-139.
- Forgacs E, Serhati T, Oros G, 2004. "Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review", *Environment International*, 30(7), 953-971.
- Ghodeke GS, Telke AA, Jadhav JP, Govindwar SP, 2009. "Potential of *Brassica juncea* in order to treat textile effluent contaminated sites", *International Journal Of Phytoremediation*, 11(4).
- Gönen F, Aksu Z, 2009. "Single and binary dye and heavy metal bioaccumulation properties of *Candida tropicalis*: use of response surface methodology (RSM) for the estimation of removal yields", *Journal of Hazardous Materials*, 172, 1512-1519.
- Dönmez G, 2001. "Bioaccumulation of the reactive textile dyes by *Candida tropicalis* growing in molasses medium", *Enzym and Microbial Technology*, 30, 363-366.
- Han JL, N I S, Wang Y, Zheng X, Chen WM, Hsueh CC, 2011. "Exploring new strains of dye-decolorizing bacteria.", *Journal of Bioscience And Bioengineering*, 113(4),508-514.
- Kapustka LA, Reporter M, 1999. "Terrestrial primary producers", *Handbook of Exotoxicology*,
- Kestioğlu K, Yalılı M, 2006. "Yüksek KOI içerikli tekstil atık sularının kimyasal çöktürme ve adsorpsiyon yöntemleriyle arıtılabilirliği", *Ekoloji*, 59: 27-31.
- Khehra MS, Saini SH, Sharma DK, Chadha BS, Chimni SS, 2005. "Comparative studies on potential of consortium and constituent pure bacterial isolates to decolorize azo dyes" *Water Research*, 39, 5135-5141.
- Khouni I, Marrot, B, Amar, RB, 2012. "Treatment of reconstituted textile wastewater containing a reactive dye in an aerobic sequencing batch reactor using a novel bacterial consortium", *Separation and Purification technology*, 87, 110-119.
- Moosvi S, Kher X, Madamwar D, 2007. "Isolation, characterization and decolorization of textile dyes by a mixed bacterial consortium JW-2", *Dyes and Pigments*, 74, 723-729.
- Pandey A, Singh D, Lyengar L, 2007. "Bacterial decolorization and degradation azo dyes", *International Deterioration and Biodegradation*, 59-73.
- Rai H, Bhattacharya M, Singh J, Bansal TK, Vats P, Banerjee RC, 2005. "Removal of dyes from the effluent of textile and dye stuff manufacturing industry: a review", *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 33(3).

- Robinson T, McMullan G, Marchant R, Nigam P, 2001. "Remediation of dyes in textile effluent a critical review on current treatment Technologies with a proposed alternative", *Bioresource Technology*, 77, 247-255.
- Sedighi M, Karimi A, Vahabzadeh F, 2009. "Involvement of ligninolytic enzymes of *Phanerochaete chrysosporium* in treating the textile effluent containing azo dyes in a packed-bed bioreactor", *Journal of Hazardous Materials*, 169, 88-93.
- Silveria E, Marques PP, Silva SS, Lima-Filho, JL, Porto ALF, Tambourgi EB, 2009. "Selection of *Pseudomonas* for industrial textile dyes decolorization", *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63, 230-235.
- Sirianuntapiboon S, Srisornsak P, 2007. "Removal of disperse dyes from textile wastewater using bio-sludge", *Bioresource Technology*, 98, 1057-1066.
- Vandevivere PC, Bianchi R, Verstraete W, 1998. "Treatment and reuse of wastewater from the textile wet-processing industry: Review of Emerging Technologies", *Journal of Chemistry Technology and Biotechnology*, 72, 289.
- Vijayalakshmi SR, Muthukumar K, 2015. "Improved biodegradation of textile dye effluent by coculture", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 114, 23-30.
- Yabanlı M, 2010. "Deniz yosunlarında arsenik bioakümüülasyonu", *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 3(1).
- Yesilada O., Cing, S., Asma, D., (2002). "Decolourisation of the textile dye azo dyes by *Funalia trogii* pellets", *Bioresource Technology*, 81, 155-157.

Determining Skinfold Thickness through Artificial Neural Networks

Hıdır Selçuk NOGAY¹

ABSTRACT: Skinfold thickness values, which are used in many studies to evaluate the nutritional status of disabled people, are measured by a caliper. The usage of this measurement device in disabled people, and especially children with autism, is very difficult. The aim of this study is to find a solution to this problem by using a model that produces high accuracy predictions without needing a caliper. In this study, an artificial neural network application was realized for the determination of skinfold thickness in individuals. In order to train the artificial neural network (ANN) model, the body weights, body mass indexes, waist circumferences, abdomen circumferences, and hip circumferences of 400 children and adolescents between the ages of 6 and 18 were measured. 138 sets of the data collected from the 400 children and adolescents were selected to be used with the ANN, and a data set was formed. 70% of this data set (96 in number) was used for the training of the model, 15% (21 in number) was used for testing the model, and the remaining 15% was used for approving the model. As a result of the study, a prediction with 97.7% accuracy was obtained, and a highly close relationship between the output of the artificial neural network and the target was found.

Key words: Artificial Neural Network, Body Fat Ratio, Skinfold Thickness

Deri Kıvrım Kalınlığının Yapay Sinir Ağları ile Saptanması

ÖZET: Engellilerin beslenme durumlarını değerlendirmek amacı ile yapılabilecek bir çok araştırmada kullanılabilen deri kıvrım kalınlıkları kaliper denilen ölçü aleti ile ölçülerek elde edilebilmektedir. Engellilerde, özellikle de otizmli çocuklarda bu ölçü aletinin kullanımı oldukça zor olmaktadır. Bu çalışmanın amacı; kalipere gerek kalmadan yüksek doğrulukta tahmin üreten bir model ile bu soruna çözüm önerisi bulabilmektir. Bu çalışmada bireylerde deri kıvrım kalınlığının saptanması için bir yapay sinir ağı uygulaması gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan yapay sinir ağı modelinin eğitilebilmesi için yaşları 6-18 yıl arasında 400 çocuk ve adolesanın vücut ağırlıkları, beden kitle endeksi, bel çevresi, karın çevresi ve kalça çevresi ölçümleri alınmıştır. 400 çocuk ve adolesandan alınan verilerin 138 i yapay sinir ağlarında kullanılmak üzere seçilmiştir ve veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri setinin %70 i (96 adet) modelin eğitilmesi için kullanılmış, %15 i (21 adet) modelin test edilmesi için kullanılmış ve geriye kalan %15 i ise modelin onaylanması için kullanılmıştır. Araştırmanın sonucunda % 97.7 oranında bir doğruluğa sahip bir tahmin elde edilmiş olup yapay sinir ağının çıkışı ile hedef arasında oldukça yakın bir ilişki bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Deri Kıvrım Kalınlığı, Vücut Yağ Oranı, Yapay Sinir Ağları

¹ Erciyes Üniversitesi, Mustafa Çıkrıkçıoğlu M.Y.O, Elektrik Ve Enerji, Kayseri, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Hıdır Selçuk NOGAY, nogay@erciyes.edu.tr

INTRODUCTION

Mental retardation is a condition that is diagnosed before the age of 18 and is characterized by insufficiency in successfully implementing daily life skills and mental function below average (Maity and Gupta, 2010). The incidence of malnutrition, being overweight, and obesity are higher in mentally disabled people compared to healthy individuals (Shabayek, 2004). Regardless, the number of studies on the subject is low. Anthropometric measurements are used in the evaluation of nutritional status. Body mass index, waist to hip ratio, waist circumference, abdomen circumference, and skinfold thickness are among the anthropometric methods used in the evaluation of obesity (Sanjay and Nadgir, 2013). The negative effects of obesity are related more to the increase in body fat ratio than body weight. Thus, the measurement of body fat ratio is a better tool in identifying risks related to obesity (Seth, 2013). Body fat ratio can be obtained by bioelectrical impedance analysis (BIA), dual-energy x-ray absorptiometry (DXA), and skinfold thickness measurements. Skinfold thickness and BIA measurements are the most widely used since measurement with those is faster (Duarte et al., 2014). Skinfold thickness measurement, which is an important method in determining body fat ratio, is performed using a caliper, and the accuracy and reliability of the results are negatively affected because of compliance issues in mentally disabled individuals (Casey, 2013).

Artificial Neural Networking (ANN) is an information processing technology inspired by the way the human brain processes information. With ANN, the working processes of a simple biological nervous system are simulated. The simulated neurons tie to each other in various ways to form the network. These networks have the capacity to learn, memorize, and display the relationships between data. Artificial neural networks are widely used in diagnosis, imaging, identifying pathologic samples, and clinical pharmacology (Hsieh et al., 2013). The aim of this study is to realize an artificial neural network application to determine skinfold thickness in mentally disabled children without using a caliper.

MATERIAL AND METHOD

The following steps were performed in the realization of this study:

1. Measurements
2. Forming the data set
3. Forming, training, and testing the artificial neural network model
4. Result

Measurements

400 children and adolescents between the ages of 6 and 18 who applied to the children's polyclinic of the Women and Children's Hospital and agreed to participate in the study were included in the study. The body weights, heights, waist circumferences, hip circumferences, abdomen circumferences, triceps skinfold thicknesses, and subscapular skinfold thicknesses of the children were measured. Body weight was measured with thin clothes and without shoes with a scale sensitive to ± 0.1 kg and height was measured with feet together and head on a Frankfort plane. Body mass index was calculated through the formula: weight (kg)/ height² (m²). For waist circumference the median point between the lowest rib and the crista iliac was found and the circumference passing through this point was measured. Hip circumference was measured by taking the highest point. Abdomen circumference was measured with a tape passing from the belly. Triceps skinfold thickness was measured with the measurer standing, the left arm being turned 90°, the median point between the shoulder and elbow being marked, the arm being released, going above the elbow through the epicondyles, holding the fold with the left hand and using a Holtain caliper on the right hand. Subscapular skinfold thickness was measured by marking the inferior corner of the left scapula, holding with the left hand at a 45° angle and using a Holtain caliper with the right hand. The skinfold thickness measurements were repeated three times and the arithmetic mean was taken.

Forming the data set

A data set in matrix form was formed from the measurements in order to be used as input and output data in the ANN model. 138 of the 400 measurements obtained were selected to be used with the ANN model. The selection was made according to the learning rate of the model. The input data matrix to be used in the ANN model was formed as 5 x 138 and the output data matrix was formed as 2 x 138. The input data used in the model were body weight, abdomen circumference, waist circumference, hip circumference, and body mass

index. The output data used in the model were triceps skinfold thickness and subscapular skinfold thickness. 15% of the data set was randomly selected to test the ANN model. 15% was selected randomly for validation. The remaining 96 data were put aside for training the ANN.

The abbreviations used in the model are given below:

BW : Body Weight

BMI : Body Mass Index

WC : Waist Circumference

AC: Abdominal Circumference

HC: Hip Circumference

TST: Triceps Skinfold Thickness (Output 1)

SST: Subscapularis Skinfold Thickness (Output 2)

Forming, training, and testing the artificial neural network model

In the study, the architecture of the ANN model was selected to be the feed forward ANN model, which is the most widely used in prediction problems. Three layers were used in this model. These layers are the input layer, the hidden layer, and the output layer. The architecture of the ANN model used in the study is shown in Figure 1. The number of neurons used in the hidden layer is 10. There is no definitive rule in the

literature on the selection of the number of neurons in the hidden layer (DeLurgio, 1998). In the study, the number of neurons in the hidden layer when the ANN model gave predictions with high enough accuracy was taken into consideration. No change in the results was seen with higher numbers of neurons in the hidden layer, so no need was seen to increase the number (Hagan et al., 1996). The ANN model was formed using the MATLAB and NFTOOL package programs. The activation function used in the ANN model was a hyperbolic tangent sigmoid activation function. The data set was normalized between the [+1. -1] interval. 70% of the data set was used for training the program (96 in number). A Back propagation learning algorithm was used in training the ANN model. After the model was trained, 15% (21 in number) of the data set was used for testing and the remaining 15% was used for validation

The ANN model was trained for 11 iterations. The training continued until the error was stable, and was ended when the error didn't change. For testing, 21 data randomly selected from the 138 data were given to the ANN model and outputs were calculated. The linear approach curve between the output of the model and the target was formed. The test data selected for testing, indices, and outputs are given in Table 2.

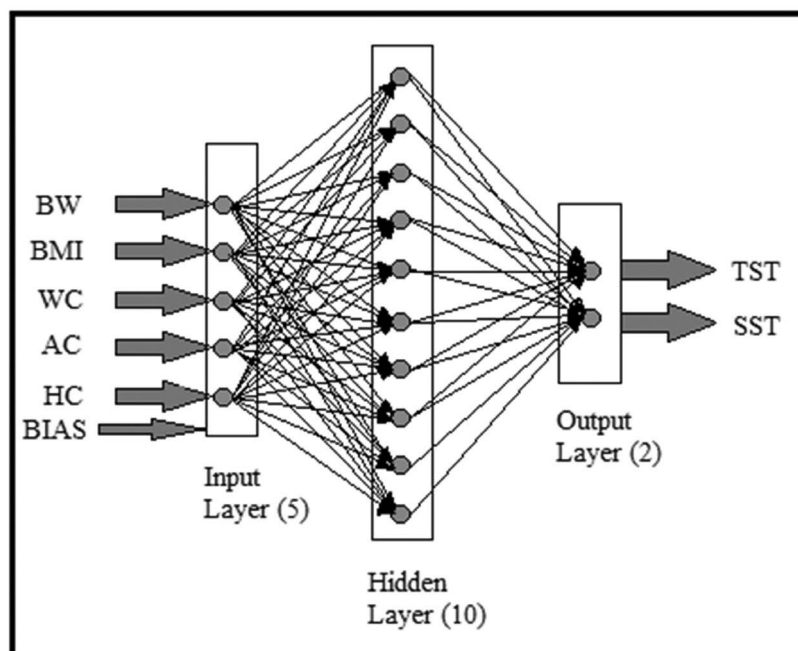


Fig.1. Architecture of ANN model

RESULTS

The results obtained from the ANN model used in the study are given below:

1. The approach coefficients (R) of the ANN model found after the training, test, and validation steps were given in Table 1.

Table 1. ANN results

| | Samples | MSE (Mean Squar Error) | R (Regression) |
|------------|---------|------------------------|----------------|
| Training | 96 | 1.28522 | 0.97139 |
| Validation | 21 | 1.53126 | 0.97681 |
| Testing | 21 | 1.42011 | 0.97743 |

2. The performance curve of the ANN model is shown in Figure 2. This curve only includes 11 iterations

of the process, and the best performance is understood from the validation curve to be obtained in iteration 5.

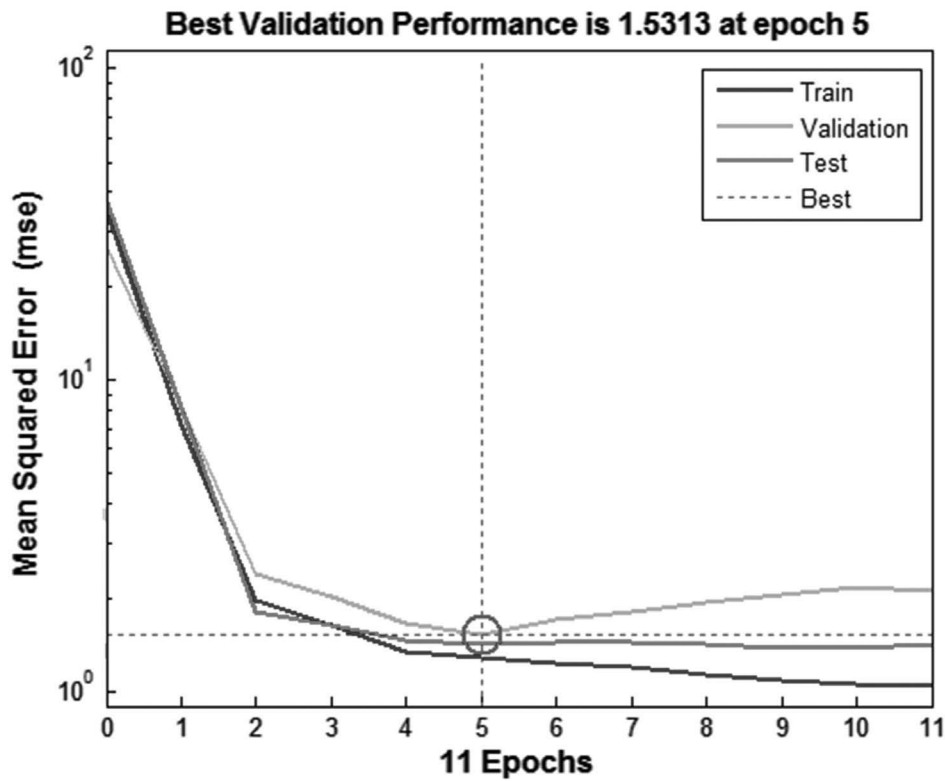


Fig. 2 Performance of the ANN model

3. According to the training, test and validation results of the ANN model, the errors obtained by subtracting targets and outputs are given in Figure 3.

According to this error histogram, areas where error is close to zero include almost all of the data

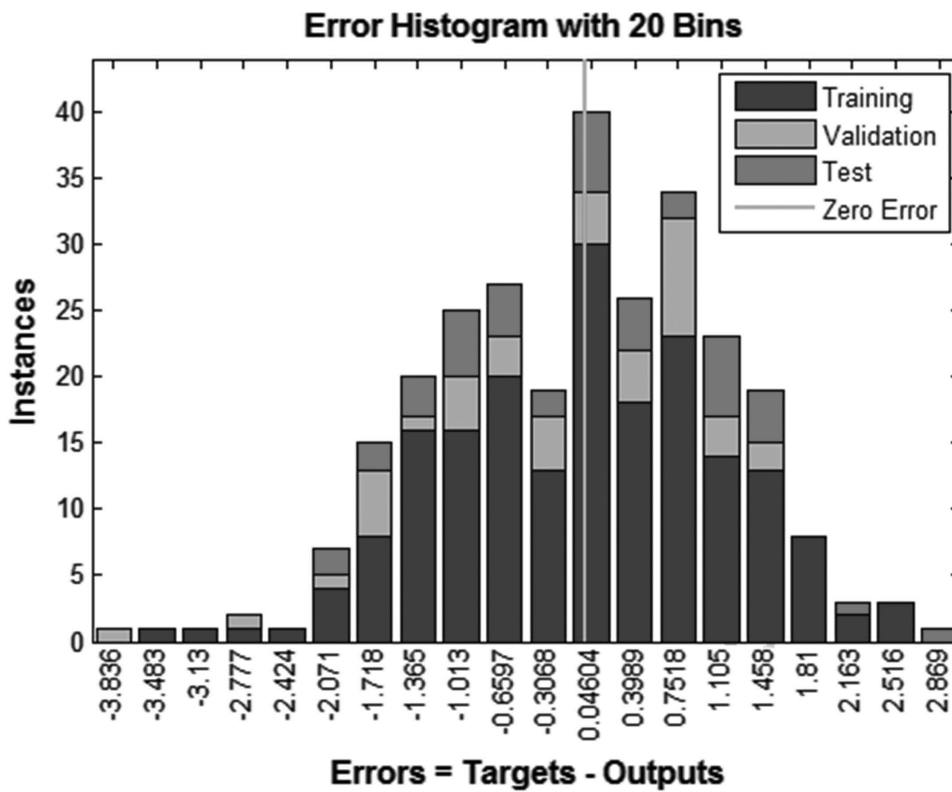


Fig. 3 Error histogram of the ANN model

4. The approach curve between the target and the output obtained after testing the ANN model are shown in Figure 4. The test data used in forming this curve number 21. The obtained approach coefficient is 0.977.

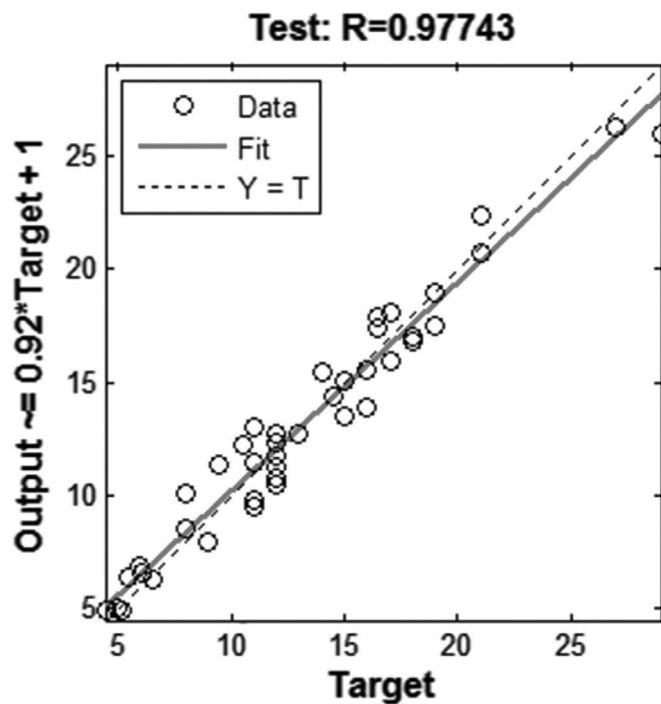


Fig. 4 Regression curve of testing

5. The numeric results of the test and the placement of test data used in the model are given in Table 2.

The graphs obtained from the numeric results of the test are shown in Figure 5 and

Figure 6. The graphical relationship between the first output of the two output model and its first target can be seen in Figure 5. The graphical relationship between the second output of the two output model and its second target can be seen in Figure 6.

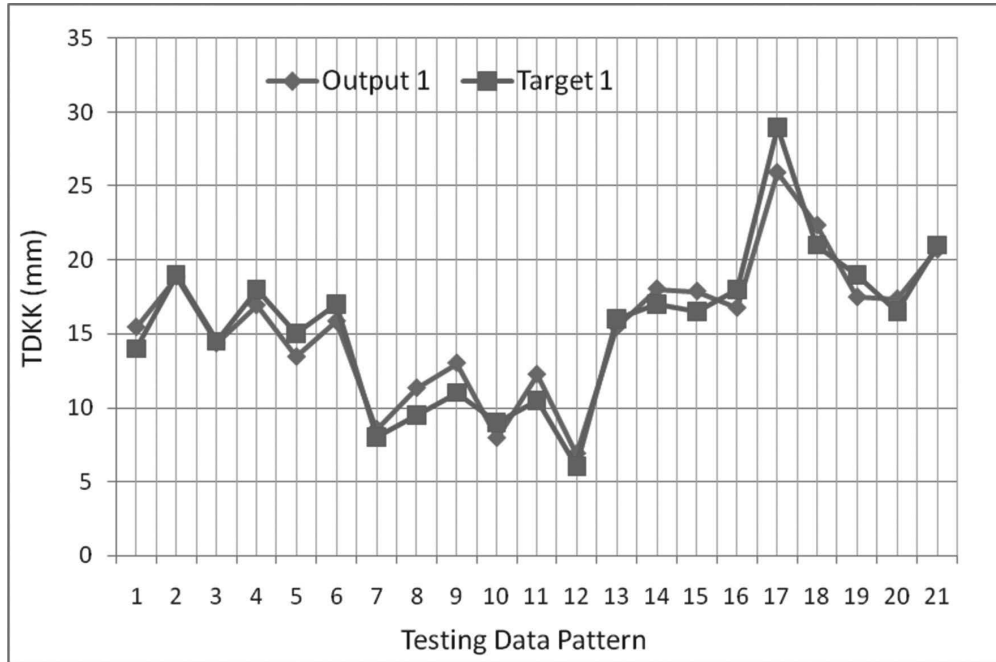


Fig. 5. Comparison of the output1 and target1

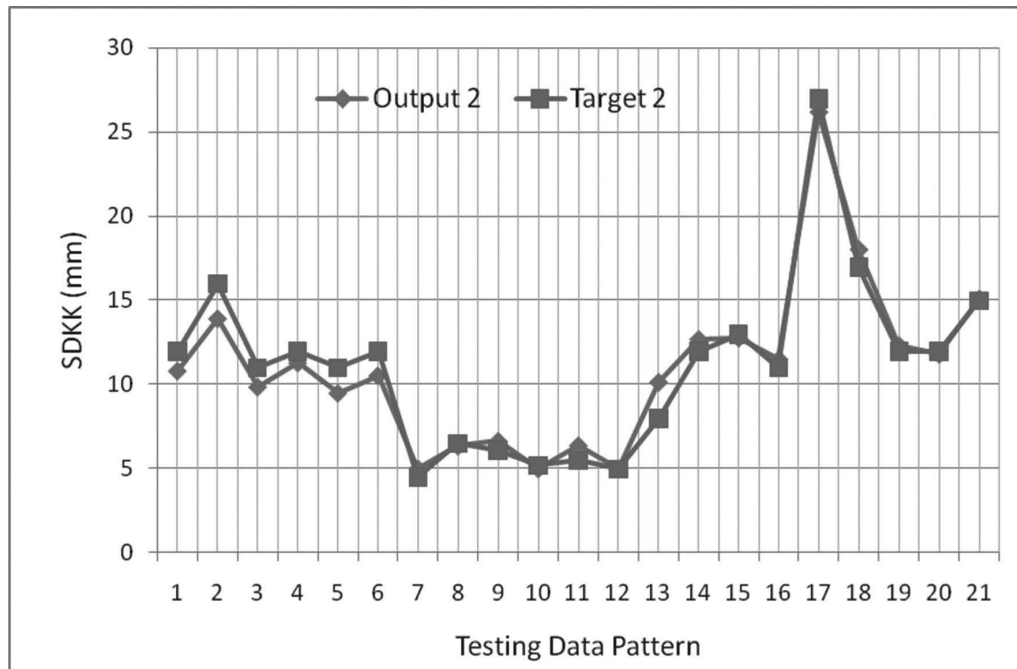


Fig.6. Comparison of the output 2 and target 2

CONCLUSIONS

When the numerical and graphical results obtained from the ANN model used in the study are evaluated, the following statements can be made:

1. The approach coefficient found after testing the ANN model in Table 1 being close to 1 as 0.974 shows that the model produced a very successful prediction. Measuring skinfold thickness in disable individuals can sometimes be hard because of compliance issues. It is understood that skinfold thickness, which is a very valuable measurement in determining nutritional status in disabled individuals and especially autistic children, can be measured with high accuracy using an ANN model.

2. When the performance curve of the ANN model in Figure 2 is examined, the error can be seen to not change and be very low after iteration 11. It is seen from the performance curve that the ANN model was trained

with high accuracy and that gene test and validation rates are very close to one. When it is considered that the squared median error from the performance curve is also very low, it can be seen that the ANN model made a very successful prediction.

3. When the error histogram in Figure 3 is examined, it can be seen that for most of the data, error is very close to zero, which is very important regarding the success of the ANN model.

4. When the approach curve in Figure 4 obtained from testing the ANN model is examined, the curve can be seen to be very compliant. This is important with regard to the success of the ANN model

5. When the test data outputs in Table 2 are compared to the targets, they can be seen to be very close. This is important in numerically solidifying the success of the ANN model.

Table 2. Testing data results

| Data Number | Indices | Output 1 | Target 1 | Output 2 | Target 2 |
|-------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 3 | 15.47 | 14.00 | 10.79 | 12.00 |
| 2 | 10 | 18.90 | 19.00 | 13.90 | 16.00 |
| 3 | 13 | 14.37 | 14.50 | 9.83 | 11.00 |
| 4 | 23 | 16.96 | 18.00 | 11.27 | 12.00 |
| 5 | 42 | 13.46 | 15.00 | 9.47 | 11.00 |
| 6 | 44 | 15.88 | 17.00 | 10.51 | 12.00 |
| 7 | 46 | 8.55 | 8.00 | 4.97 | 4.50 |
| 8 | 50 | 11.34 | 9.50 | 6.32 | 6.50 |
| 9 | 54 | 13.04 | 11.00 | 6.61 | 6.10 |
| 10 | 60 | 7.96 | 9.00 | 4.97 | 5.20 |
| 11 | 65 | 12.27 | 10.50 | 6.35 | 5.50 |
| 12 | 69 | 6.90 | 6.00 | 4.99 | 5.00 |
| 13 | 81 | 15.49 | 16.00 | 10.13 | 8.00 |
| 14 | 82 | 18.07 | 17.00 | 12.68 | 12.00 |
| 15 | 86 | 17.91 | 16.50 | 12.75 | 13.00 |
| 16 | 95 | 16.78 | 18.00 | 11.49 | 11.00 |
| 17 | 96 | 25.95 | 29.00 | 26.20 | 27.00 |
| 18 | 101 | 22.38 | 21.00 | 18.02 | 17.00 |
| 19 | 119 | 17.50 | 19.00 | 12.31 | 12.00 |
| 20 | 134 | 17.39 | 16.50 | 11.78 | 12.00 |
| 21 | 135 | 20.73 | 21.00 | 15.08 | 15.00 |

6. When the comparison graphs in Figure 5 and Figure 6 are examined, the great amount in which those overlap can be seen. The ANN model can thus be understood to have made successful and appropriate predictions according to those graphs.

REFERENCES

- Casey A, F, 2013. Measuring body composition in individuals with intellectual disability: a scoping review. *J Obes* : 1-6.
- DeLurgio S, 1998. *Forecasting Principles and Applications*, New York. Irwing McGraw-Hill.
- Duarte O, M, Ruelas Y, F, López-Alcaraz F, del Toro-Equihua M, Sánchez-Ramírez C, 2014. Correlation between percentage of body fat measured by the Slaughter equation and bio impedance analysis technique in Mexican schoolchildren. *Nutr Hosp* 29: 1: 88-93.
- Hagan M, Demuth B, Beale M, 1996. *Neural Network Design*. PWS Publishing Company, USA, Vol.2- 44.
- Hsieh K., Chen Y, Lu H, Lee L, Huang Y, Chen Y, 2013. The novel application of artificial neural network on bioelectrical impedance analysis to assess the body composition in elderly. *Nutr J*, 12: 21- 28.
- Maity A, Gupta K, 2010. Nutritional status of mentally retarded children and correlation between prenatal care and mental retardation. *Indian J Maternal Child Health*, 12: 4: 1-9.
- Sanjay P, Nadgir A, 2013. To Find the Prevalence of Obesity and Overweight among Children Having Mental Retardation in Age Group 5 To 15 Years in Dharwad Urban. *International Journal of Health Sciences and Research* 3:1: 7-13.
- Seth A, 2013. Relevance of Measuring Body Fat in Children. *Indian Pediatr* 50: 832-833.
- Shabayek M, M, 2004. Assessment of the nutritional status of children with special needs in Alexandria. Part II: Anthropometric measures. *J Egypt Public Health Assoc*, 79:5: 363-382.

Quadrotor'un Yörünge Takibinin Kesir Dereceli PI Kontrolcü ile Gerçek Zamanlı Kontrolü

Abdullah BAŞÇI¹

ÖZET: Bu çalışmada Quadrotor olarak adlandırılan ve dört pervaneli İnsansız Hava Aracı (İHA) olarak da bilinen mikro helikopterin yörünge kontrolü Kesir Dereceli Oransal-İntegral (KDPI) kontrolcü ile gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, KDPI kontrolcünün performansını karşılaştırmak amacıyla parametreleri iyi uyarlanmış klasik Oransal-İntegral (PI) kontrolcü ile de Quadrotor'un yörünge kontrolü gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan mikro İHA GPS, sonar, kamera ve düşük maliyetli atalet sensörleriyle donatılmıştır. PI ve KDPI kontrol yöntemleri kapalı ortamda deney düzeneği olarak belirlenen Quadrotor'a helix ve sonsuz referans rota takibi için ayrı ayrı uygulanmış ve her iki kontrolcüye ait deneysel sonuçlar verilerek kontrolcü performansları kıyaslanmıştır.

Anahtar kelimeler: İHA, kesir dereceli PI, quadrotor, yörünge takibi

Real Time Trajectory Tracking Control of a Quadrotor Using Fractional PI Control

ABSTRACT: In this paper, real-time trajectory tracking control of a four propellers Unmanned Aerial Vehicle (UAV) called the Quadrotor, also known as micro helicopters is realized by using fractional-Order Proportional-Integral (FOPI) controller. A well-tuned conventional Proportional-Integral (PI) controller is also applied to the UAV for comparison with the FOPI controller. Micro UAV is equipped with GPS, sonar, camera and low cost inertial sensors. PI and FOPI control methods are applied to a Quadrotor in the indoor for tracking helix and lazy eight reference route respectively. Results are given for both controllers and performances are compared.

Key words: Fractional order PI, quadrotor, trajectory tracking, UAV

¹ Ataturk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye
Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Abdullah BAŞÇI, abasci@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Otonom insansız hava araçları (İHA) günümüzde doğal afetler, arama-kurtarma, ticari, sınır güvenliği, askeri ve akademik çalışmalarda artan bir ilgiye sahiptir. İHA veya Quadrotor dört rotor tarafından yönlendirilebilen bir hava aracıdır. Pervanelerin mekanik yapısı sıradan bir helikoptere göre daha basittir. Bununla birlikte, Quadrotor kararsız bir yapıya sahip olduğu için kontrolü oldukça zordur. Quadrotor'ların doğasında bulunan kararsızlık ile başa çıkmak için kontrol mühendisliği alanındaki ilerlemeler sayesinde bu araçların askeri, güvenlik ve gözetim sistemleri alanlarındaki kullanımları artmaya başlamıştır. Quadrotor'lar hızlı ve karmaşık manevraları (Mellinger et al., 2010), yapılandırılmış (Achtetil et al., 2009) ve yapılandırılmamış (Blöandsch et al., 2010) ortamlarda otonom rota izlemeyi ve taşımacılık (Michael et al., 2011) işlemlerini gerçekleştirebilir. Akademik çalışmalarda kullanılan Quadrotor'lar genellikle özgün tasarıma sahip olup gerekli yardımcı donanım ve yazılım desteğine ihtiyaç duyarlar. Bu açıdan geliştirilen prototiplerin klasik kontrol yöntemleri ile test edilmesi ve elde edilen sonuçlara göre gerekli düzenlemelerin yapılabilmesi akademik çalışmalar açısından önemlidir.

Quadrotor'ların yörünge kontrolü üzerine farklı yaklaşımlar önerilmiştir. Kamera yardımıyla görsel geri bildirim kullanılarak doğrusallaştırma ve geri adım kontrolcülerini ile yapılan çalışmada (Altuğ et al., 2002); Quadrotor'un dikey ve sapma hareketleri sınırlandırılarak kontrol işlemi gerçekleştirilmiş ve deneysel sonuçlar sunulmuştur. Diğer bir çalışmada; model tabanlı PID ve doğrusal kuadratik (Linear quadratic- LQ) kontrol yöntemleri karşılaştırılmış (Bouabdullah et al., 2004), klasik PID kontrolcünün yönelme açılarındaki küçük bozulmalarda etkili olduğu ve LQ kontrol yönteminin model hassasiyetine bağlı olarak başarılı sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Bir diğer çalışmada, doğrusal olmayan kontrol yöntemlerinden geri adımlamalı ve kayan kipli kontrolcü yöntemleri açık ve kapalı döngü olarak test edilmiştir (Bouabdullah and Siegart, 2005). Kayan kipli kontrol yönteminde sensörlerdeki düşük genlikli titreşimler nedeniyle kısmen kontrolörün doğasındaki anahtarlamaya bağlı olarak ortalama sonuçlar elde edilmiş, geri adımlamalı kontrolörün ise yönelme

açılarındaki yüksek düzensizliklerde başarılı olduğu da belirtilmiştir. Gabriel M. Hoffmann ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada (Hoffmann et al., 2007) Quadrotor'ların havada sabit konumda kalma anındaki sapma miktarları incelemiş ve üç ayrı aerodinamik etkiyi (araç hızı, hücum açısı ve gövde tasarımı) göz önünde bulundurarak teorik bir yaklaşım ve test uçuş sonuçları sunulmuştur. Quadrotor'larda yörünge izleme kontrolü üzerine yapılan çalışmada (Hoffmann et al., 2008) ise takip edilecek yolu belirleyen giriş işareti yörüngeye ait noktaların koordinatları ve istenilen hızlar olarak kabul edilmiştir. Bu şekilde yapılacak olan kontrol işleminde de Quadrotor'un yörüngeyi takip edebilmesi için kontrol girişinin her yeni koordinat noktası ve hız için sürekli güncellenmesi gerektiği belirtilmiştir. F. Solc durum değişkenleri yaklaşımını kullanarak Quadrotor için bir kontrol yaklaşımı önermiştir (Solc, 2007). Dikey hız ve açıları bir iç kontrolcü ile kontrol ederek sistemi daha basit bir halde ele almıştır. Tomas Krajnik ve arkadaşları sanal gerçeklik oyunları için tasarlanmış olan bir Quadrotor ile yaptıkları çalışmada (Krajnik et al., 2011) Quadrotor'u iç ve dış döngü kontrol yapısına göre modelleyip kontrol etmişlerdir. Deneysel çalışmalarında Quadrotor kontrolü ile birlikte görüntü tabanlı navigasyon ve otonom izleme sonuçları da verilmiştir.

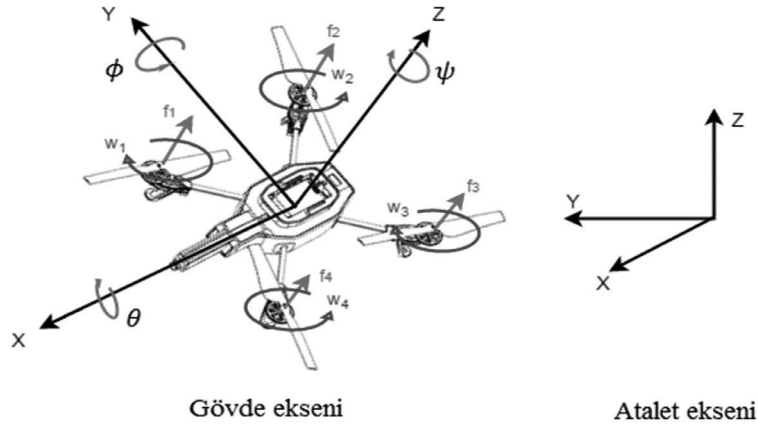
Kesir dereceli hesaplamalar konusunda yapılan çalışmalar eskiye dayanmasına rağmen günümüzde yeni bir konu gibi ele alınmakta ve özellikle kontrol alanında birçok çalışma yapılmaktadır. Kesir dereceli hesaplama ile ilgili ilk girişimler G.W. Leibniz (1965) ve L. Euler'e (1730) dayanmaktadır. Kesir dereceli hesaplamaların temel matematiksel analizi (Oldham and Spainer, 1974), kesir dereceli diferansiyel denklemlerin çözümü (Podlubny, 1999a; Podlubny, 1999b) ve mühendislik alanındaki uygulamaları (Das, 2008) gibi temel çalışmalar mevcuttur. Son yıllarda ise kesir dereceli kontrolcüler artan bir ilgiye sahip olup kontrol uygulamalarında sıklıkla tercih edilmektedir (Valerio and Sa Da Costa, 2005; Xue et al., 2006; Lou et al., 2009; Monje et al., 2010; Ramezani and Balochian, 2013). Zira yapılan bu çalışmalar kesir dereceli kontrolörlerin tam değer dereceli kontrolcülere oranla daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Bu çalışmada Quadrotor'un yörünge kontrolü KDPI kontrolcü ile gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmiş ve kontrolcünün performansını test etmek amacı ile parametreleri iyi uyarlanmış klasik PI kontrolcü uygulama sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Uygulama sonuçları, KDPI kontrolcünün Quadrotor'u PI kontrolcüye oranla istenilen konuma daha az hata ile ulaştırdığı ve daha az salınım ile aracı stabil tuttuğunu ve değişken sistem şartları altında yörünge takibi açısından daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

MATERYAL VE METOD

Mikro İHA'nın Dinamik Modeli

Quadrotor'un dinamikleri altı serbestlik dereceli bir cismin uzaydaki hareketine benzemektedir (Tayebi and McGilvray, 2006) ve bu altı serbestlik derecesi $I=[e_x, e_y, e_z]$ ile ifade edilen atalet eksenleri ve $B=[e_1, e_2, e_3]$ ile ifade edilen gövde ekseninde tanımlanmaktadır. Quadrotor'un konumu $\zeta=(x, y, z)^T$, doğrusal hızları $v=(\dot{x}, \dot{y}, \dot{z})^T$ ve açıları $\eta=(\Phi, \Theta, \Psi)^T$ olarak gösterilmektedir.



Şekil 1. Quadrotor eksenleri

Aracın gövde eksenleri ve atalet eksenleri arasındaki ilişki ise rotasyon matrisi ile ifade edilir ve son olarak açısal hızlar ile belirtilmektedir. Böylece Quadrotor'un dinamik denklemleri aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\left. \begin{aligned} m\dot{v} &= TRe_z - mge_z \\ I\dot{\Omega} &= -\Omega * I\Omega - G + \tau \\ \dot{\xi} &= v, \quad \dot{\eta} = \Omega \\ m\ddot{\xi} &= TRe_z - mge_z \\ I\ddot{\eta} &= -\dot{\eta} * I\dot{\eta} - G + \tau \\ \dot{R} &= R \cdot sk(\Omega) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Denklemlerde "m" Quadrotor'un kütleini, "I" ataletini, "g" yerçekimini, "G" Jiroskopik torkları, "sk()" ise ters-simetrik matrisini, $(a, b \in \mathbb{R}^3 \rightarrow sk(a), b = a * b), \tau = [\tau_1 \quad \tau_2 \quad \tau_3]^T$ ise torkları ve "T" ise rotor kuvvetleri tarafından oluşan toplam itme kuvvetini temsil etmektedir;

$$T = \sum_{i=1}^4 f_i \quad (2)$$

" f_i "; i . rotor tarafından oluşan " ω_i " rotor açısal hızı ile belirlenen kaldırma kuvvetini ifade etmektedir.

$$f_i = b\omega_i^2 \quad (3)$$

Jiroskopik torklar;

$$G = \sum_{i=1}^4 I(\Omega * e_z)(-1)^{i+1}\omega_i \quad (4)$$

tork ifadeleri ise;

$$\begin{bmatrix} \tau_1 \\ \tau_2 \\ \tau_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b(\omega_4^2 - \omega_2^2) \\ b(\omega_3^2 - \omega_1^2) \\ d(-\omega_1^2 + \omega_2^2 - \omega_3^2 + \omega_4^2) \end{bmatrix} \quad (5)$$

burada "b" itme faktörü, "d" ise sürüklenme faktörünü ifade eder. Böylece Quadrotor'un tipik dinamik modeli aşağıdaki şekilde gösterilebilir (Qianying, 2014).

$$\begin{cases}
\dot{x} = v_x \\
\dot{y} = v_y \\
\dot{z} = v_z \\
\dot{v}_x = -(\sin(\psi) \sin(\theta) \cos(\phi) - \cos(\psi) \sin(\phi)) \frac{T}{m} \\
\dot{v}_y = -(\cos(\psi) \sin(\theta) \cos(\phi) + \sin(\psi) \sin(\phi)) \frac{T}{m} \\
\dot{v}_z = \cos(\theta) \cos(\phi) \frac{T}{m} - g \\
\dot{\phi} = p + \sin(\phi) \tan(\theta) q + \cos(\phi) \tan(\theta) r \\
\dot{\theta} = \cos(\phi) q - \sin(\phi) r \\
\dot{\psi} = \sin(\phi) \sec(\theta) q + \cos(\phi) \sec(\theta) r \\
\dot{p} = \left(\frac{I_y - I_z}{I_x}\right) qr + \left(\frac{I_r}{I_x}\right) q\bar{U} + \frac{\tau_1}{I_x} \\
\dot{q} = \left(\frac{I_z - I_x}{I_y}\right) pr + \left(\frac{I_r}{I_y}\right) q\bar{U} + \frac{\tau_2}{I_y} \\
\dot{r} = \left(\frac{I_x - I_y}{I_z}\right) qp + \frac{\tau_3}{I_z}
\end{cases} \quad (6)$$

Denklemlerde, “ $I_{x,y,z}$ ” Quadrotor gövdesinin x,y,z eksenlerindeki ataletini, $\bar{U} = -\omega_1 + \omega_2 - \omega_3 + \omega_4$ ise rotorda jiroskopik etkiye neden olan, saat yönünün tersinde dakikadaki artık devirleri ifade etmektedir. Quadrotor’un yörünge takibinde referans konum ve referans duruş açıları;

$$\begin{cases}
\xi_r(t) = [x_r(t), y_r(t), z_r(t)]^T \\
\eta(t) = [\phi_r(t), \theta_r(t), \psi_r(t)]^T
\end{cases} \quad (7)$$

olarak verilsin. Referansa göre yörünge izleme hata sinyalleri de aşağıdaki gibi tanımlı olsun.

$$E_\xi = [\xi - \xi_r, \dot{\xi} - \dot{\xi}_r]^T, \quad E_\eta = [\eta - \eta_r, \dot{\eta} - \dot{\eta}_r]^T \quad (8)$$

böylece hata sinyallerinin türevleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\dot{E}_\xi = A_1 E_\xi + B_1 (\ddot{\xi} - \ddot{\xi}_r), \quad \dot{E}_\eta = A_1 E_\eta + B_1 (\ddot{\eta} - \ddot{\eta}_r) \quad (9)$$

Denklemlerde, $A_1 \in \mathbb{R}^{6 \times 6}$, $B_1 \in \mathbb{R}^{6 \times 3}$ olmak üzere aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad B_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Eşitlik 1. de $\ddot{\xi}$ ve $\ddot{\eta}$ ‘e bağlı olarak verilen dinamik

eşitlikler; konum kontrol (dış döngü) ve duruş kontrol (iç döngü) alt sistemlerinin rotasyon matrisi aracılığı ile birleştirildiği kaskad bağlı bir yapı olarak kabul edilebilir (Zhao et al., 2015). Böylece doğrusal olmayan bir sistemi, iki doğrusal alt sistemin doğrusal olmayan bir terim aracılığı ile birleştirildiği yapı olarak ele alabiliriz. Sistemi kaskad yapıda birleştirmek için sanal ya da ara kontrol işareti olarak $\gamma = [\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3]^T \in \mathbb{R}^3$ tanımlanmıştır. Bu tanımlamadan sonra açık döngü kontrol yapısı Eşitlik 9. daki $\ddot{\xi}$ ve $\ddot{\eta}$ terimleri yerine Eşitlik 1.’deki ifadeleri yazılarak elde edilebilir.

$$\begin{cases}
\dot{E}_\xi = A_1 E_\xi + B_1 (\gamma - \ddot{\xi}_r) + B_1 \left(\frac{T}{m} Re_z - g e_z - \gamma\right) \\
\dot{E}_\eta = A_1 E_\eta + B_1 (I^{-1}(\tau - \dot{\eta} * I\dot{\eta} - G) - \ddot{\eta}_r)
\end{cases} \quad (11)$$

Burada $f_\Delta(T, \gamma, e_z) = B_1 \left(\frac{T}{m} Re_z - g e_z - \gamma\right)$ ifadesi iç döngü ve dış döngü alt sistemleri arasındaki bağlantıyı sağlayan birleştirici terimdir (Kendoul et al., 2010). Bu çalışmada kullanılacak olan kontrolcü yapısı için kontrol edilecek durumlar $\xi(t)$ ve $\psi(t)$ olarak belirlenmiş ve bu nedenle yörünge takibi için $\xi_r(t)$ ve $\psi_r(t)$ referans işaretleri kullanılmıştır. Ara kontrol işareti $\gamma = [\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3]^T$; Kendoul ve arkadaşlarının yaptığı çalışma (Kendoul et al., 2010) ışığında aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\begin{cases}
\gamma_1 = \frac{T}{m} (\cos(\psi_r) \sin(\theta_r) \cos(\phi_r) + \sin(\psi_r) \sin(\phi_r)) \\
\gamma_2 = \frac{T}{m} (\cos(\psi_r) \sin(\theta_r) \cos(\phi_r) - \sin(\psi_r) \sin(\phi_r)) \\
\gamma_3 = \frac{T}{m} (\cos(\theta_r) \cos(\phi_r)) - g
\end{cases} \quad (12)$$

Eşitlik 12. kullanılarak,

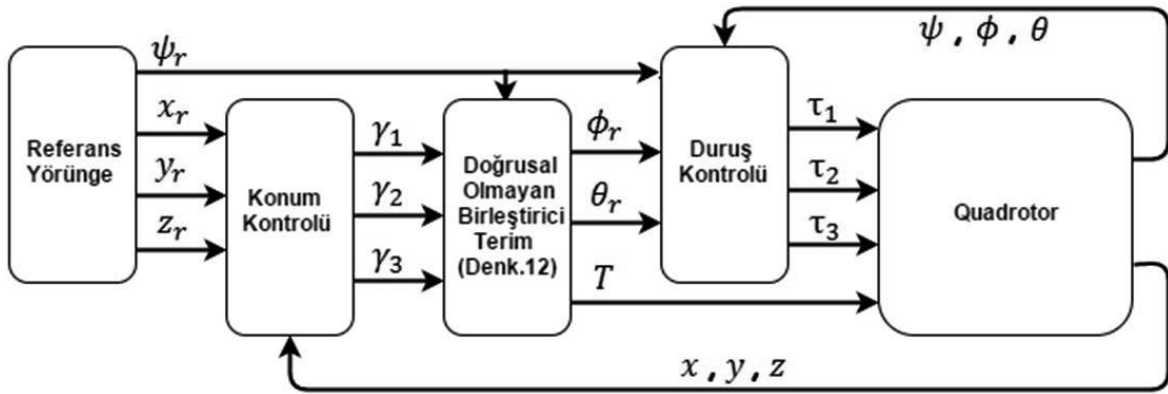
$$\begin{cases}
T = m \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_2^2 + (\gamma_3 + g)^2} \\
\phi_r = \sin^{-1} \left(\frac{m\gamma_1}{T} \sin\psi_r - \frac{m\gamma_2}{T} \cos\psi_r \right) \\
\theta_r = \tan^{-1} \left(\frac{\gamma_1}{\gamma_3 + g} \cos\psi_r + \frac{\gamma_2}{\gamma_3 + g} \sin\psi_r \right)
\end{cases} \quad (13)$$

denklemleri elde edilir. Bu noktada γ ve τ kontrol işaretlerini elde etmek için yapılacak olan kontrol tasarımının hedefi E_ξ ve E_η hata sinyallerinin asimptotik sifıra yakınsaması üzerinedir (Zhao et al., 2015). Eşitlik 11.’de f_Δ birleştirici terimi geçici olarak göz ardı edilerek dış döngü kontrolcü yapısı olarak $\dot{E}_\xi = f_{E_\xi}$ ve iç döngü kontrolcü yapısı olarak $\dot{E}_\eta = f_{E_\eta}$ belirlenebilir.

Quadrotor’un Kontrol Yapısı

Hava aracının $\xi = (x, y, z)$ konumunda ve yalpalama açısının da ψ (yaw) olduğu kabul edilmiştir. Bu hava aracını ψ_r açısı ile $\xi_r(x_r, y_r, z_r)$ konumuna hareket ettirmek için tasarlanacak olan denetleyici için önceki bölümde bahsedilen dış döngü kontrol yapısına göre bir tasarım düşünülmüştür. Böylece iç döngü kontrolcüsü için gerekli olan girişler tasarlanan dış döngü kontrolcüsü ile sağlanmış olur. Mevcut deneysel düzenekte iç döngü kontrolcü olarak parametreleri iyi ayarlanmış bir klasik PID kontrolcüsü bulunmaktadır. Dış döngü kontrolcüsü verilen referans rotaya göre

konum hata işaretlerini işleyip iç döngü kontrolcüsüne quadrotor için açı referanslarını üretecektir. Böylece doğrusal olmayan bir yapıya ve 6 serbestlik derecesine sahip olan quadrotorun yörünge kontrolü için kontrol edilecek değişkenlerin sayısı azaltılmıştır. Yörünge izleme hatasını (E_ξ) (asimptotik sifıra yakınsamak için dış döngü kontrolcüsünün çıkışı olan aracı kontrol işareti $\gamma(t)$ elde edilecek ve iç döngü kontrolcüsüne açı referansı olarak aktarılacaktır. Şekil 2. de yörünge kontrolü için kullanılan iç ve dış döngü kontrol yapısı görülmektedir.



Şekil 2. Kontrol yapısı

Kesir Dereceli Kontrol

Kesirli hesaplama, türev ve integralin tamsayı olmayan dereceleri için ${}_aD_t^p$ gibi bir gösterimle genelleştirilmiş halidir. Bu gösterimde a ve t işlemin sınırları ve $p \in R$ 'dir. Bu işlemin sürekli integro-diferansiyel tanımı aşağıdaki şekildedir.

$${}_aD_t^p = \begin{cases} \frac{d^p}{dt^p} & : p > 0 \\ 1 & : p = 0 \\ \int_a^t (d\tau)^{-p} & : p < 0 \end{cases} \quad (14)$$

Kesir dereceli türev ve integral için çeşitli matematiksel tanımlar mevcuttur (Oldham and Spanier, 1974; Podlubny, 1999a). Bu tanımlar arasında iki tanesi daha yaygın olarak kullanılır. Grünwald–Letnikov (GL) tanımı ve Riemann–Liouville (RL) tanımı. GL tanımı aşağıdaki gibidir;

$${}_aD_t^p f(t) = \lim_{h \rightarrow 0} h^{-p} \sum_{j=0}^{\lfloor \frac{t-a}{h} \rfloor} (-1)^j \binom{p}{j} f(t-jh) \quad (15)$$

Burada $[\cdot]$ ifadesi tam sayı kısmı ifade eder, RL tanımı ise aşağıdaki gibidir.

$${}_aD_t^p f(t) = \frac{1}{\Gamma(n-p)} \frac{d^n}{dt^n} \int_a^t \frac{f(\tau)}{(t-\tau)^{p-n+1}} d\tau \quad (16)$$

$(n-1 < p < n)$ için, $\Gamma(\cdot)$ Euler's gamma fonksiyonunu, " a " başlangıç zamanını ve " t " ise türev ve integral alınırken kullanılan parametreyi temsil eder. Kesir dereceli PI kontrolcüsünün genel gösterimi PI^λ şeklindedir ve transfer fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s^\lambda} \quad (17)$$

Quadrotorun yörünge takibi için anlık konum hatası $X = \xi - \xi_d$ olarak tanımlanırsa kullanılacak kontrol işareti aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$\gamma(t) = K_p X(t) + \frac{K_i}{s^\lambda} X(t) \quad (18)$$

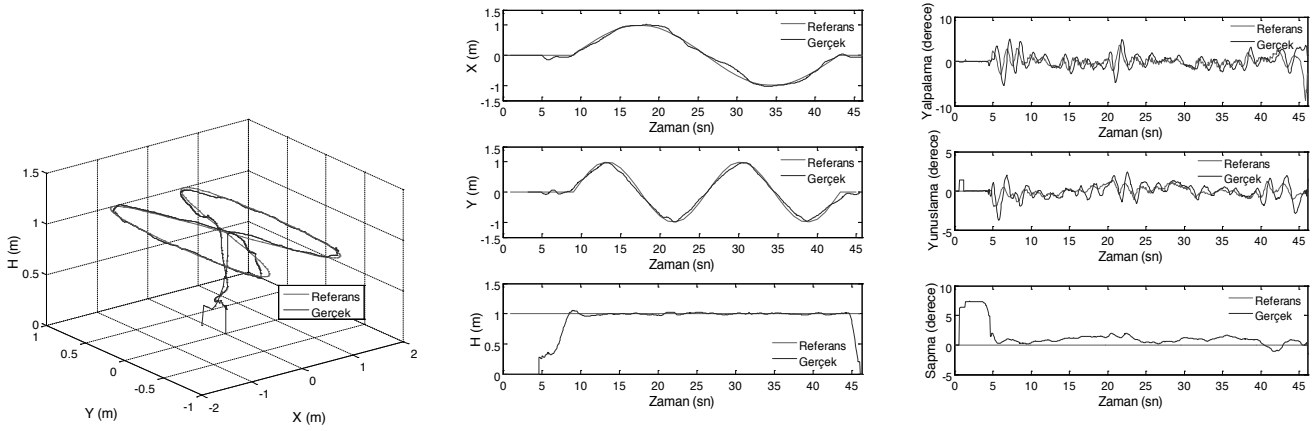
Burada “ λ ” kesir derecesini, “ K_p ” ve “ K_i ” ise oransal ve integral kazanç sabitini belirtmektedir. Literatürde “ λ ”, “ K_p ” ve “ K_i ” parametrelerinin optimizasyonu için farklı yöntemler önerilmiştir. Bu çalışmada quadrotor’un modeli tam olarak belirlenemediğinden kontrolcü parametrelerinin belirlenmesi için deneme yanılma yöntemi kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Quadrotor’un yörünge kontrolü gerçek zamanlı olarak KDPI kontrolcünün performansını göstermek için farklı referans yörüngeler için gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, KDPI kontrolcünün performansı PI kontrolcü ile mukayese edilmiştir. Quadrotor’un başlangıç

noktasına erişimi ve yörünge takibi esnasında x-y eksenlerindeki yörüngeden ayrılma miktarı kontrolcü performansı açısından bilgi vermektedir. Kapalı alanda 1-2 m/s hızla gerçekleştirilen uçuşlardaki konum hassasiyeti seyahat mesafesinin %10’u kadardır. Ayrıca sonar tabanlı yükseklik ölçümündeki hata oranı %20 civarındadır ve bu oran aracın altındaki yüzeye bağlı olarak ta değişmektedir.

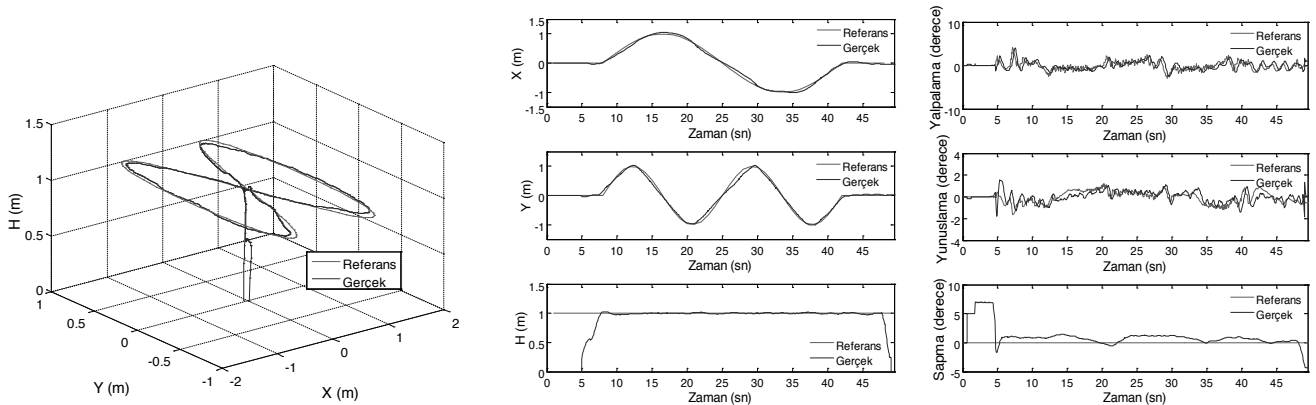
İlk olarak kontrolcü performansları sonsuz işaretli yörünge referansı için test edilmiştir. Referans yörünge 300 nokta olarak tanımlanmış ve 1 metre yükseklikte 2 metre genişlik ve 2 metre uzunluk olarak verilmiştir. Quadrotor yörünge kontrolünde PI kontrolcü kullanılması sonucu gerçekleşen uygulama sonuçları Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3. Quadrotor’un sonsuz yörünge referansı için PI kontrolcü altında deney sonucu

Şekilde, referans ve gerçek yörünge ile birlikte referans ve gerçek x-y-h konum ve açı işaretleri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, referans yörüngeyi yön değişim gösterdiği noktalarda Quadrotor’un yörüngeden koptuğu ve ardından salınım yaptıktan sonra referans değere oturduğu görülmektedir.

Ayrıca kontrolcü tarafından üretilen referans yalpalama ve yunuslama açılarının sürekli olarak salınım içermelerinden dolayı Quadrotor’un referans yörünge etrafında salınım yapmasına ve dolayısı ile gerçek yörünge ile referans yörünge arasında hatalar oluşmasına neden olmuştur.

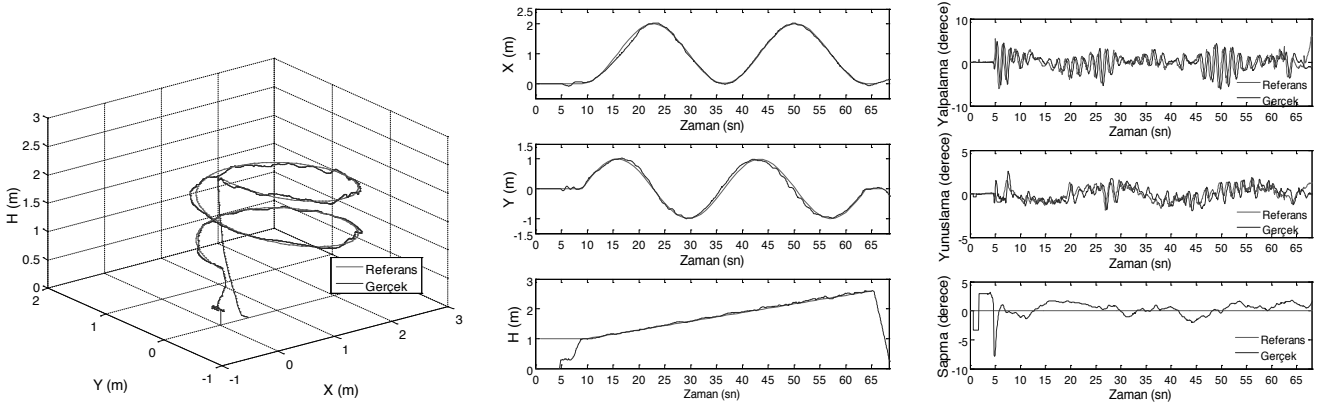


Şekil 4. Quadrotor’un sonsuz yörünge referansı için KDPI kontrolcü altında deney sonucu

KDPI kontrolcü kullanılması sonucu gerçekleşen uygulama sonuçları Şekil 4'de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, KDPI kontrolcü referans yörünge yön değişim gösterdiği noktalarda PI kontrolcüye oranla daha az sapma ile referans yörünge takibini gerçekleştirmiştir. Ayrıca, kontrolcü tarafından üretilen referans açılar PI kontrolcü tarafından üretilen referans açılar ile karşılaştırıldığında daha düzgün ve salınımlı olmayan işaretler ürettiği ve gerçek yörünge ile

referans yörünge arasındaki salınımlar ve hataları PI kontrolcüye oranla azalttığı görülmektedir.

Son olarak, kontrolcü performansları helix referans yörünge için gerçekleştirilmiştir. Helix referans kontrolcünün x-y eksen değişimleri ile birlikte z ekseninde oluşacak değişimlere cevabını test etmek için kullanılmıştır. Quadrotor'un yörünge kontrolünde PI kontrolcü kullanılması sonucu gerçekleşen uygulama sonuçları Şekil 5'te gösterilmiştir.

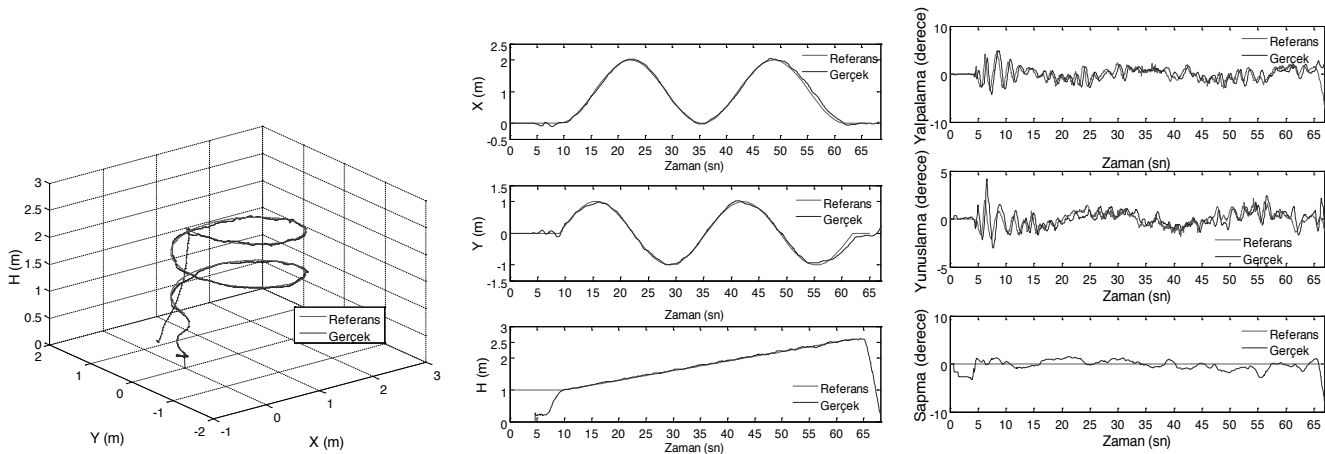


Şekil 5. Quadrotor'un helix yörünge referansı için PI kontrolcü altında deney sonucu

Şekilden görüldüğü gibi, referans yörünge x-y eksen ile birlikte z- ekseninde de değişim olmasından sonra PI kontrolcüde referans yörünge takibinde hata miktarı artmıştır. Ayrıca, kontrolcü tarafından üretilen referans yalpalama ve yunuslama açılarındaki salınımların genlik değerinin de arttığı görülür.

Şekilden görüldüğü gibi, KDPI kontrolcü referans yörünge z ekseninde de değişim göstermesine karşı PI kontrolcüye oranla daha az hata ile referans yörünge takibini gerçekleştirdiği görülmektedir. Ayrıca, kontrolcü tarafından üretilen referans açıların PI kontrolcü tarafından üretilen referans açıları ile karşılaştırıldığında daha düzgün ve daha az salınımlı işaretler ürettiği görülmektedir.

KDPI kontrolcü kullanılması sonucu gerçekleşen uygulama sonuçları Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Quadrotor'un helix yörünge referansı için KDPI kontrolcü altında deney sonucu

SONUÇ

Bu çalışmada bir Quadrotor'un gerçek zamanlı yörünge takibi kontrolü kesir dereceli PI kontrolcü ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kontrolcünün performansını test etmek adına parametreleri iyi uyarlanmış geleneksel PI kontrolcüde hava aracına uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, KDPI kontrolcünün Quadrotor'u PI kontrolcüye oranla istenilen konuma daha az hata ile ulaştırdığı ve daha az salınım ile aracı stabil tuttuğunu ve farklı referans yörünge takibinde daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Achtelik M, Bachrach A, He R, Prentice S, Roy N, 2009. Stereo vision and laser odometry for autonomous helicopters in GPS-denied indoor environments. SPIE Unmanned Systems Technology XI. 7332 (1) :733219-10.
- Altuğ E, James PO, Robert M, 2002. Control of a Quadrotor helicopter using visual feedback. Robotics and Automation. IEEE International Conference on, 11-15 May 2002, Washington, USA.
- Blöandsch M, Weiss S, Scaramuzza D, Siegwart R, 2010. Vision based MAV navigation in unknown and unstructured environments. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, 3-8 May 2010, Anchorage, Alaska.
- Bouabdallah S, and Siegwart R, 2005. Backstepping and sliding-mode techniques applied to an indoor micro Quadrotor. Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 18-22 April 2005, Barcelona, Spain.
- Bouabdallah S, Noth A, and Siegwart R, 2004. PID vs LQ control techniques applied to an indoor micro Quadrotor. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 28 Sept.-2 Oct. 2004, Sendai, Japan
- Das S, 2008. Functional Fractional Calculus for System Identification and Control. First Edition, Berlin Heidelberg New York. 612 p.
- Hoffmann GM, Huang H, Waslander SL, Tomlin CJ, 2007. Quadrotor helicopter flight dynamics and control: Theory and experiment. Proc. of the AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, 21-23 August 2007, South Carolina, USA.
- Hoffmann, GM, Steven L. Waslander, and Claire J T, 2008. Quadrotor helicopter trajectory tracking control. AIAA guidance, navigation and control conference and exhibit, 18-21 August 2008, Honolulu, Hawaii.
- Kanojiya, R G. and Meshram, P M., 2012. Optimal Tuning of PI Controller for Speed Control of DC motor drive using Particle Swarm Optimization. International Conference Advances in Power Conversion and Energy Technologies, 2-4 August 2012, Andhra Pradesh, India.
- Kendoul F, Zhenyu Y, and Kenzo N, 2010. Guidance and nonlinear control system for autonomous flight of mini rotorcraft unmanned aerial vehicles. Journal of Field Robotics, 27(3): 311-334.
- Krajník T, Vonasek V, Fiser D, Faigl J, 2011. AR-Drone as a Platform for Robotic Research and Education. In: Research and Education in Robotics: EUROBOT 2011, Berlin, pp:172-186.
- Luo Y, Wang C, and Chen Y Q, 2009. Analytical design of fractional order proportional integral and [proportional integral] controllers for robust velocity servo. in Proceedings of the 4th IEEE Conference on Industry Electronics and Applications , 25-27 May 2009, Xi'an, China.
- Mellinger D, Michael N, Kumar V, 2014. Trajectory generation and control for precise aggressive maneuvers with Quadrotors. International Symposium on Experimental Robotics, 79:361-373.
- Michael N, Fink J, Kumar V, 2011. Cooperative manipulation and transportation with aerial robots. Autonomous Robots, 30: 73-86.
- Monje CA, Chen YQ, Vinagre BM, Xue D, and Feliu V, 2010. Fractional-order systems and controls fundamentals and applications. New York, USA, 415 p.
- Oldham K B and Spanier J, 1974. The Fractional Calculus. New York, USA.
- Podlubny I, 1999-a. Fractional Differential Equations. San Diego, California.
- Podlubny I, 1999-b. Fractional-order systems and PI λ D μ controllers, IEEE Transactions on Automatic Control, 44(1): 208-214.
- Qianying L, 2014. Grey-Box System Identification of a Quadrotor Unmanned Aerial Vehicle. Faculty of Mechanical, Maritime and Materials Engineering, Delft University of Technology, MSc Thesis.
- Ramezani H, and Balochian S, 2013. Optimal design a fractional order PID controller using particle swarm optimization algorithm. International Journal of Control and Automation 6(4):55-68.
- Solc F, 2007. Modelling and control of a quadcopter. Advanced in Military Technology 1:29-38.
- Tayebi A. and McGillivray S, 2006. Attitude Stabilization of a VTOL Quadrotor Aircraft. IEEE Transactions on Control Systems Technology 14: 562-571.
- Valerio D. and Sa da Costa J, 2005. Time Domain Implementation of Fractional Order Controllers. IEE Proc. Control Theory and Appls. 152(5):539-552.
- Xue D, Zhao C, and Chen Y Q, 2006. Fractional order PID control of a DC-Motor with elastic shaft: A case study. in Proc. of American Control Conference, 2006, Minnesota, USA.
- Zhao B, Xian B, Zhang Y, Zhang X, 2015. Nonlinear robust adaptive tracking control of a quadrotor UAV via immersion and invariance methodology. , IEEE Transactions on Industrial Electronics 62(5): 2891-2902.

The Electrical Characterization Effect of Insulator Layer between Semiconductor and Metal

İkram ORAK^{1,2}, Adem KOÇYİĞİT³

ABSTRACT: Metal-Insulator-semiconductor contacts (MIS) have been studied its importance in electronic and optoelectronic. Their importance comes from its so high dielectric constant, storage layer property and effect of capacitance. For this reason, Si_3N_4 were deposited with PECVD technique on p-type Si about 5 nm thickness layers. The thicknesses of Si_3N_4 were measured with an ellipsometre and obtained MIS contact with Al contact. It was researched the insulator layer effect on the Al/p-Si contact. Its electrical characterizations were inquired by use of the forward and reverse bias $I-V$, $C-V$ and $G-V$ measurements and were seen that the insulator Si_3N_4 layer influenced characterizations of the contact. Effect of the interface states (N_{ss}), the series resistance (R_s) and the other some electrical parameters were investigated by calculating from $I-V$ and $C-V$ measurements. It was observed that from the $C-V$ characterizations at 500 kHz dual, contact behaved similarly memristor structure.

Keywords: Al/ Si_3N_4 /p-Si, capacitance behavior, metal-insulator-semiconductor structure, Schottky diode

Metal ve Yarıiletken Arasındaki Yalıtkan Tabakanın Elektriksel karakterizasyon Etkisi

ÖZET: Metal-yalıtkan-yarıiletken (MIS) aygıtlar elektronik ve optoelektronikteki önemlerinden dolayı çalışılmaktadır. Bu önem aygıtların yüksek dielektrik sabitine, depolama tabakası ve kapasitans özelliklerine sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden Si_3N_4 tabakası p-tipi Si üzerine PECVD tekniği kullanılarak büyütülmüş, kalınlığı ellipsometre ile 5 nm olarak ölçülmüştür ve Al kontak sayesinde MIS yapısı elde edilmiştir. Elde edilen Al/p-Si yapısı üzerine Si_3N_4 tabakasının etkisi araştırılmıştır. Bunun için aygıtın elektrik karakterizasyonları ileri ve ters beslem $I-V$, $C-V$ ve $G-V$ ölçümleriyle yapılmış ve yalıtkan Si_3N_4 tabakanın diyot özelliklerini oldukça etkilediği görülmüştür. Ara yüzey halleri (N_{ss}), seri direnç (R_s) ve diğer bazı elektriksel parametrelerin aygıt üzerine etkileri $I-V$ ve $C-V$ ölçümlerinden hesaplanarak araştırılmıştır. $C-V$ ölçümlerinden aygıtın memristör bir yapı gibi davrandığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Al/ Si_3N_4 /p-Si, kapasitör özelliği, metal-yalıtkan-yarıiletken yapılar, Schottky diyot

¹ Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Bingöl, Türkiye

² Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Bingöl, Türkiye

³ Iğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Iğdır, Türkiye
Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Adem KOÇYİĞİT, adem.kocyigit@igdir.edu.tr

INTRODUCTION

Metal-semiconductor contacts (Schottky diodes) are fundamental and mostly employed in technology e.g. rectifiers, inverters, freewheeling and polarity protection diodes (Sharma et al., 2004; Rajesh and Menon 2007; Güllü and Türüt, 2010; Karataş et al., 2013). From past to present, there has been increasing attention of these contacts because they have used in optic and electronic (Markyart, 2000; Sze and Kwok, 2007; Tatar et al., 2009; Orak et al., 2014). Current conduction mechanism and barrier height forming in these contacts are depend on several parameters such as interfacial layer, series resistances, doping acceptor/donor concentration of atoms, interface states density, the thickness and homogeneity of barrier height and interfacial layer, sample temperature and applied bias voltage. But the performance and quality of these contacts can be changed or improved by using interfacial insulator layers (Bilkan et al., 2015). If an insulator sheet for instance TiO_2 , SrTiO_3 , SiO_2 , SnO_2 and Si_3N_4 is inserted between semiconductor and metal, the metal semiconductor structures change a metal-oxide-semiconductor (MOS) structure (Türüt et al., 2015) ($\geq 100 \text{ \AA}$) or metal-insulator-semiconductor (MIS) (Zeyrek et al., 2006) ($\leq 100 \text{ \AA}$) based on the thickness of insulator. Presence of some insulator layer induces deviation from the ideal property which could be detected the $C-V$ and $G/w-V$ measurements of metal semiconductor contacts (Gökçen et al., 2012). The important characteristic of insulator layer at the MIS structure has a dielectric property which is resemble a capacitor. If insulator layer between semiconductor and metal is very thin ($\sim 30 \text{ \AA}$), electrical parameters of this structure could be specified by $I-V$ and $C-V$ characterizations. But the existence of more thickness

insulator layer at the interface, $I-V$ characteristics cannot be measured (Sönmezoglu and Akin, 2011).

In the present study, $\text{Al/Si}_3\text{N}_4/\text{p}$ type Si contact has been investigated according to insulator layer effect at room temperature because of understanding performance and quality of this contact.

MATERIALS AND METHODS

p-type Si wafer which was polished and cleaned used for the deposition of the $\text{Al/Si}_3\text{N}_4/\text{p}$ type Si heterojunction has (100) orientation and $7.3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ carrier concentration according to manufactures specifications. The wafer was degreased consecutively in acetone and isopropyl alcohol with ultrasonic mixer for 5 min. Before ohmic contact, the wafer p-type Si was cut into pieces of 1.0 cm length by 1.0 cm breadth. The degreased wafer was etched with $\text{HF:H}_2\text{O}$ (1:10) for 30 second to take out the surface damages and undesirable impurities. Aluminum was vaporized (thermal) on another side of the p-type Si for the ohmic contact and the p-Si/Al was puddled at $450 \text{ }^\circ\text{C}$ for 3 minute in N_2 ambience. The insulator layers have been formed PECVD technique on p-type Si nearly 5 nm thicknesses. (The ratio of Si_3N_4 ($\text{SiH}_4:\text{NH}_3$, (185:45 sccm)) The schematic diagram of contact could be seen in Figure 1. The Al contacts have been formed by thermal vapor method as points with diameter of around 1.0 mm on the front surface of the p-Si. The thickness of metal coating was designated with a quartz screen positioned in close intimacy to the Si. The $I-V$ and $C-V$ measurements of the diode were performed by use of a Keithley 2400 Picoammeter/Voltage Apparatus and HP 4192 A LF Impedance Analyzer.



Figure 1. Schematic diagram of $\text{Al/Si}_3\text{N}_4/\text{p-Si}$ Schottky contact

RESULTS AND DISCUSSION

It has been shown the typical semi-logarithmic

$I-V$ characteristics of the $\text{Al/Si}_3\text{N}_4/\text{p-Si}$ structure in Figure 2.

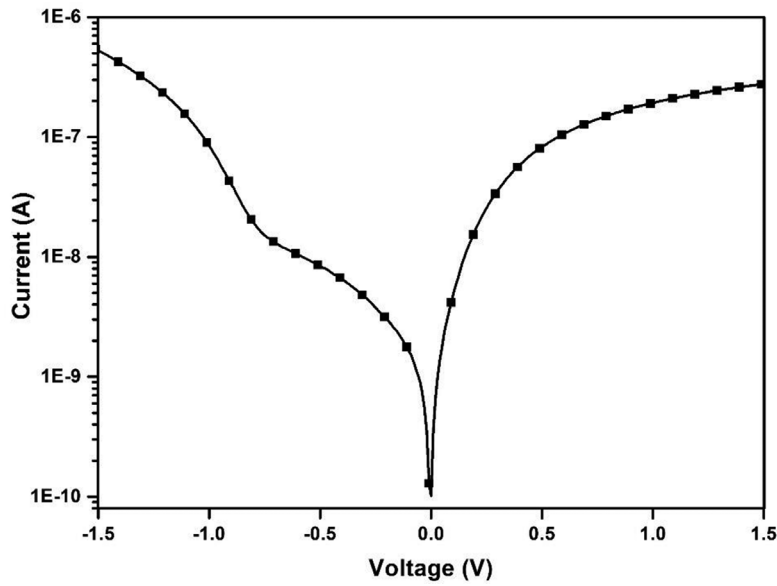


Figure 2. $\ln I$ - V characteristic of Al/Si₃N₄/p-Si in dark at room temperature

According to this figure, contact has a rectifying behavior under dark at room temperature. Important diode parameters i.e ideality factor and barrier height could be gotten from this graph. The ideality factor (n) could be obtained from the gradient of the linear region of the forward bias I - V plot and barrier height (Φ_b) could be found the current axis intercept of this linear. The Current is given by the equation (El-Nahass et al., 2011);

$$I = I_0 \exp\left(\frac{qV}{nkT}\right) \left[1 - \exp\left(-\frac{qV}{nkT}\right)\right] \quad (1)$$

where I_0 is the saturation current which is obtained from the intercept of $\ln I$ vs V plot at $V = 0$, written as

$$I_0 = AA^*T^2 \exp\left(-\frac{q\Phi_b}{kT}\right) \quad (2)$$

where q is the electronic charge, V is the applied voltage, K is Boltzmann's constant, T is the temperature ($=300$ K), A^* is the effective Richardson constant ($A^* = 32$ A cm⁻² K⁻² for p-type Si), A is the area of diode ($=7.85 \times 10^{-3}$ cm²), Φ_b is the Schottky barrier height at zero bias and n is the ideality factor. The ideality factor (for $V \geq 3kT/q$) and barrier height specified from the forward bias $\ln I$ - V characteristics by use of the Equations (1) and (2)

$$n = \frac{q}{kT} \left(\frac{dV}{d \ln I} \right) \quad (3)$$

and

$$\Phi_b = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{A^*AT^2}{I_0} \right) \quad (4)$$

In respect of Equations (3) and (4), the worth of the ideality factor (n) and the barrier height (Φ_b) of Al/Si₃N₄/p-Si Contact were accounted as 1.34 and 0.73 eV, respectively. These results have been given in Table 1, also. The worth of ideality factor has higher than from unity which is suggesting Schottky contact is not ideal. If n equals unity, pure thermionic emission occurs but n is usually greater than one. This high ideality factor can be ascribed to several influences i.e tunnelling process (Lee et al., 2010) and irregular scatter of the interfacial charges (Demircioğlu et al., 2011), image-force effect (Sharma and Tewari, 2011), interface states (Orak et al., 2015), barrier inhomogeneity (Roul et al., 2015) and series resistance (Korucu and Duman, 2015). High value of n verify the existence of an insulator sheet between semiconductor and metal, also (Nasim and Bhatt, 2013). In here, beside the insulator layer of Si₃N₄, a little amount of SiO₂ may be formed.

The barrier height (Φ_b) and series resistance (R_s) could be accounted also by Norde method (Güllü et

al., 2012) and the Cheung's functions (Cheung and Cheung, 1986). If the Schottky contact has series resistance, the clear amount current of the contact is because of thermionic emission and could be stated as for Cheung's functions (Karataş et al., 2013);

$$I = I_0 \exp\left(-\frac{q(V - IR_s)}{nkT}\right) \quad (5)$$

where IR_s term is the voltage descent owing to series resistance. The worth of the series resistance can be calculated from the below equations:

$$\frac{dV}{d(\ln I)} = IR_s + n \frac{kT}{q} \quad (6)$$

$$H(I) = V - n \left(\frac{kT}{q}\right) \ln\left(\frac{I}{AA^*T^2}\right) \quad (7)$$

where $H(I)$ could be written as:

$$H(I) = IR_s + n\Phi_b \quad (8)$$

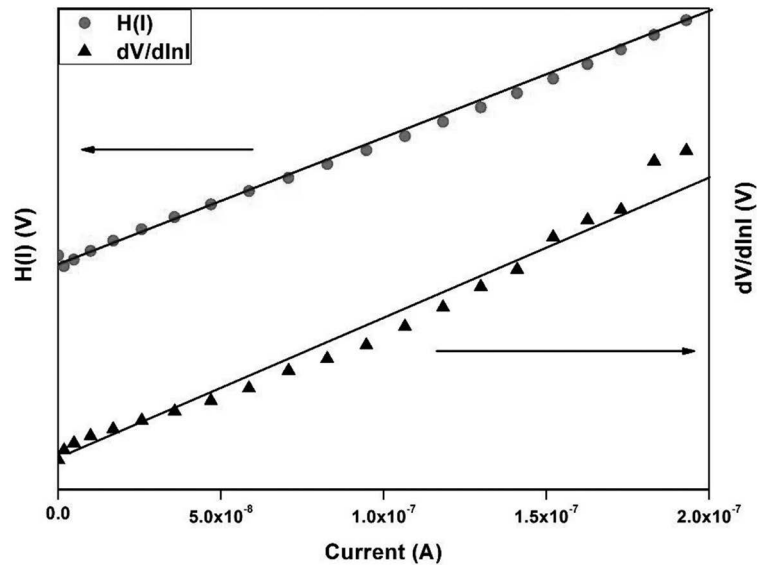


Figure 3. $dV/d\ln I$ - I and $H(I)$ - I graphs of Al/Si₃N₄/p-Si Schottky contact

Equations (6) and (8) give a straight line for the data of decreasing curvature region of the forward bias I - V plot. For this reason, the plot of $dV/d(\ln I)$ vs I will be linear and obtain R_s as the slope and nkT/q as the y -axis intercept from Equation (6). Graph of $H(I)$ vs I according to Equation (8) will be also linear and y -axis intercept will equal to $n\Phi_b$. In here, n worth is obtained from graphs of $dV/d(\ln I)$ vs I and so, Φ_b is accounted easily. The slope of $H(I)$ vs I also gives a second designation of R_s which could be indicated to control the coherency of Cheung method. The graphs of $dV/d(\ln I)$ vs I and $H(I)$ vs I have been attained the

forward bias I - V measurement of the Al/Si₃N₄/p-Si contact and given in Figure 3. The values of n , Φ_b , R_s ($dV/d(\ln I)$) and R_s ($H(I)$) have been accounted as 1.07, 0.81 eV, 4.13 K Ω and 4.55 K Ω , respectively. These obtained results have been also given in Table 1 and indicated the accuracy of Cheung's method. There is a small variation between the worth of the ideality factor acquired from the decreasing curvature region of the forward bias I - V plot and the linear region of the same characteristics. This variation could be ascribed to the presence of influences i.e. the bias dependency of the Schottky barrier height and the series resistance,

charge of the interface states with bias in this concave region of the $I-V$ measurement and according to the voltage descent the interfacial layer (Demircioğlu et al.,

2011). It is observed that the worth of n attained from the forward bias $\ln I-V$ plot is agreeing with that of the $dV/d(\ln I)-I$ curves (Tatar et al., 2009).

Table 1. The experimental diode parameters calculated from $I-V$ measurements for Al/Si₃N₄/p-Si contact.

| $n (I-V)$ | n Cheung | $\Phi_b (I-V)$ (eV) | Φ_b Cheung (eV) | Φ_b Norde (eV) | $\Phi_b (C-V)$ (eV) | R_s Cheung (k Ω (H(I))) | R_s Cheung (k Ω (dln(I))) | R_s Norde (k Ω) |
|-----------|------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| - | - | 0.73 | 0.81 | 0.81 | 0.69 | 4.55 | 4.13 | 12.1 |

Norde method can be used as another technique for calculating of the series resistance especially for the high series resistance. The following equation has been identified in the changed Norde method (Karataş et al., 2013):

$$F(V) = \frac{V}{\gamma} - \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{I(V)}{AA^*T^2} \right) \quad (9)$$

where γ is an integer ($\gamma > n$). Ideality factor is used from thermoionic emission theory results and $I(V)$ is current acquired from the $I-V$ curve. Firstly, using plot of the $F(V)$ vs V

$$\Phi_b = F(V_0) + \left[\frac{V_0}{\gamma} - \frac{kT}{q} \right] \quad (10)$$

Φ_b can be obtained from Equation (10), where $F(V_0)$ is the minimum point of $F(V)$ and V_0 is the related voltage.

$$R_s = \frac{\gamma - n}{I} \frac{kT}{q} \quad (11)$$

From the $F(V)-V$ plot (shown in Figure 4) by use of $F(V_0) = 0.815$ V and $V_0 = 0.044$ V values, Φ_b and R_s of the Al/Si₃N₄/p-Si contact have been calculated as 0.81 eV and 12.1 k Ω , respectively.

The results of Φ_b and R_s obtained from Norde method has been given in Table 1. The barrier height values are same and there is relative difference between series resistance values obtained from Cheung and Norde methods.

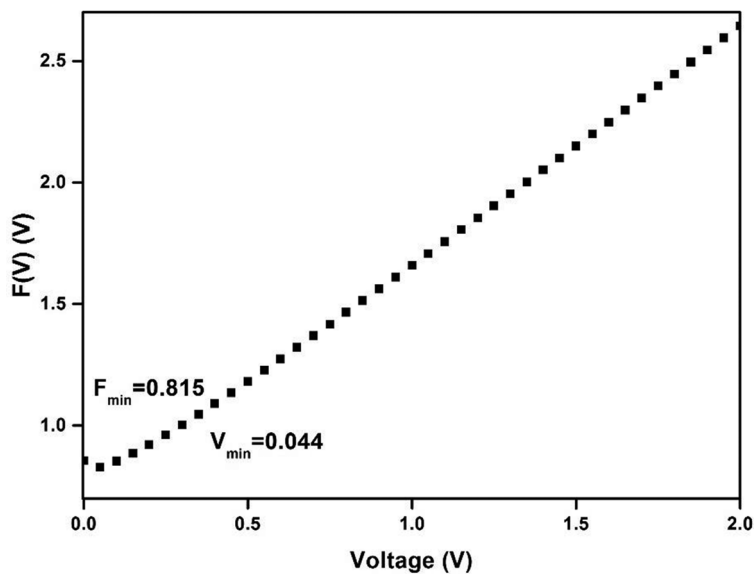


Figure 4. $F(V)$ vs V graph of Al/Si₃N₄/p-Si contact

In $I-V$ plot which have a non-linearity part at high forward bias voltages shows a continuum of N_{ss} in balance with semiconductor. For diode, the energy density scatter condition of the N_{ss} was designated from the forward bias $I-V$ by considering efficient barrier height (Φ_e), ideality factor $n(V)$ which is depend on the voltage and R_s . The Φ_e can be written as following equation (Bilkan et al., 2015):

$$\Phi_e = \Phi_b + (1 - 1/n(V))(V - IR_s) \quad (12)$$

Since the ideality factor of a diode become all time greater than one, it was suggested below formula by Card and Rhoderick (Card and Rhoderick, 1971).

$$n(V) = 1 + \frac{\delta}{\varepsilon_i} \left[\frac{\varepsilon_s}{W_d} + qN_{ss}(V) \right] \quad (13)$$

where W_d is depletion layer width and δ is the thickness of the insulator sheet at the interface. ε_i and ε_s are permittivity of interfacial layer and the semiconductor, respectively. For diode, proposed the energy density scatter of N_{ss} can be found from

the forward bias $I-V$ data by using voltage dependent of effective barrier height (Φ_e) and ideality factor ($n(V)$) by which suggested by Card and Rhoderick (Card and Rhoderick, 1971):

$$N_{ss}(V) = \frac{1}{q} \left[\frac{\varepsilon_i}{\delta} (n(V) - 1) - \frac{\varepsilon_s}{W_d} \right] \quad (14)$$

In addition, for p-type semiconductors, the energy of the N_{ss} as regards the upper of the valance band (E_v) at the semiconductor surface can be accounted as

$$E_{ss} - E_v = q(\Phi_e - (V - IR_s)) \quad (15)$$

where the IR_s term is the voltage descent on the R_s . The energy density distribution profile of N_{ss} with (inset of Figure 5) and without R_s that is obtained from the forward-bias $I-V$ has been indicated in Figure 5. It could be observed that the N_{ss} worth with series resistance are lower than those obtained without considering the R_s . These results advised that the R_s value should be considered in definition the energy density scatter of N_{ss} (Bilkan et al., 2015).

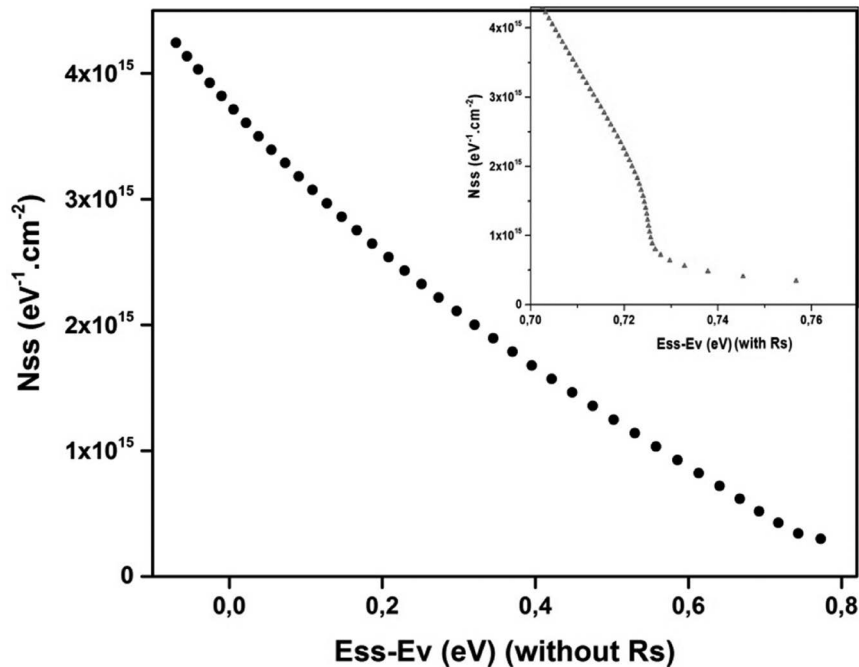


Figure 5. $N_{ss}-(E_{ss}-E_v)$ graphs with R_s and without R_s

$C-V$ and $G-V$ graphs could be observed in Figure 6 and 7, respectively for Al/Si₃N₄/p-Si contact. The existence of the capacitance peak in the forward bias on $C-V$ graphs was surveyed on MIS contact and attributed to the molecular arrangement of the series resistance and interface states (Bülbül et al., 2006). It has been in Figure 6 that the change in frequency affects the worth and status of $C-V$ peaks. Moreover, the capacitance values have increased with the frequency decreasing. The high capacitance values at low frequencies could be ascribed the existence of the interface states at the Al/Si₃N₄/p-Si contact (Ataseven and Tataroğlu, 2013). In other words, charges at the interface states can chase the changing current (ac) signal at low frequencies. However, towards to high frequencies, these charges

cannot chase the ac signal and not support to the capacitance (Yahia et al., 2011). But the conductance values have increasing tendency towards to high frequencies. These conclusions could be seen in Figure 6 and 7 for capacitance and conductance, respectively in Al/Si₃N₄/p type Si junction contact. In here, each $C-V$ plot for different frequency has three regions (accumulation, depletion and inversion) could be seen in Figure 6, with a thinking voltage-axis change towards the reverse bias because of the interface states which is in balance via semiconductor. Similarly, Figure 7 has been indicated the changing of the conductance in the depletion zone for the same frequency alteration, showing the presence of several time-dependent reactions of interface states (Bülbül and Zeyrek, 2006).

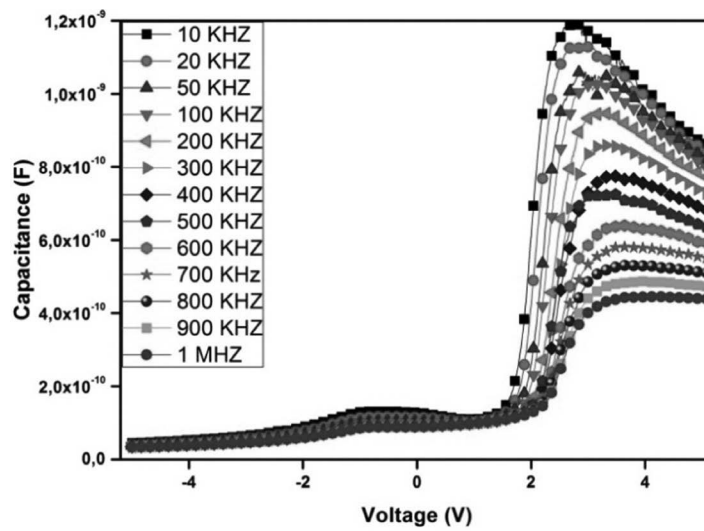


Figure 6. The capacitance-voltage ($C-V$) characteristic depending frequencies for Al/Si₃N₄/p-Si contact

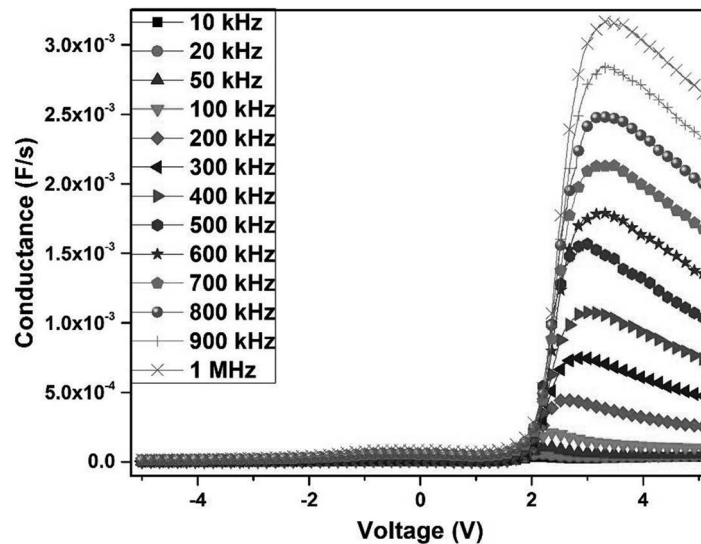


Figure 7. The conductance-voltage ($G-V$) characteristic depending frequencies for Al/Si₃N₄/p-Si contact

The $C^{-2}-V$ graphs of Al/Si₃N₄/p type Si junction contact have been shown for various frequencies in Figure 8. It has been seen from this figure, the $C^{-2}-V$ graph shows a straight in extensive voltage interval and the diffusion potential which is given in Table 2 is attained with extrapolation of straight lines to the voltage axis. It is known that intercept and slope

voltage of the $C^{-2}-V$ plot is dependent on the density of interface states and interface insulator sheet (Sztkowski and Sieranski, 1992). The $C^{-2}-V$ graphs point out that the ac signal could not be followed by interface states and inversion layer charge in the depletion region, particularly in the accumulation and strong inversion (Bülbul and Zeyrek, 2006).

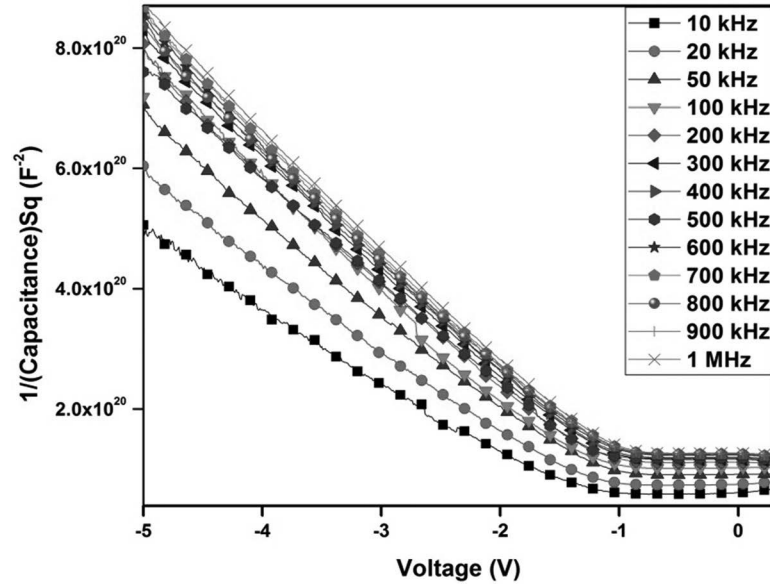


Figure 8. The $C^{-2}-V$ plot of different frequencies Al/Si₃N₄/p type Si contact

The other some important electrical parameters of diode such as, Fermi energy level (E_F), intercept voltage V_i , the width of the depletion region (W_d), the concentration of acceptor atoms (N_a), the image force

barrier lowering ($\Delta\Phi_b$) and the values of barrier heights of Φ_b were calculated the capacitance–voltage ($C-V$) measurements at 10 kHz to 1 MHz frequencies and all of them given in Table 2 for obtaining diode properties.

Table 2. The various parameters of Al/Si₃N₄/p-Si MIS contact obtained from $C-V$ in the different frequencies

| f (kHz) | N_A (10^{15} cm^{-3}) | V_d (V) | E_F (eV) | $\Delta\Phi_b$ (eV) | Φ_b (eV) | W_d (10^{-5} cm) | E_m (10^4) (V cm^{-1}) |
|-----------|-------------------------------------|-----------|------------|---------------------|---------------|--------------------------------|--|
| 10 | 1.645 | 0.889 | 0.178 | 0.0158 | 1.051 | 8.435 | 2.077 |
| 20 | 1.404 | 0.944 | 0.189 | 0.0157 | 1.117 | 9.407 | 2.035 |
| 50 | 1.259 | 0.736 | 0.192 | 0.0143 | 0.914 | 8.807 | 1.701 |
| 100 | 1.063 | 0.804 | 0.196 | 0.0141 | 0.986 | 9.979 | 1.637 |
| 200 | 1.129 | 0.714 | 0.195 | 0.0139 | 0.895 | 9.167 | 1.586 |
| 300 | 1.075 | 0.633 | 0.196 | 0.0133 | 0.816 | 8.805 | 1.467 |
| 400 | 1.079 | 0.482 | 0.196 | 0.0125 | 0.666 | 7.705 | 1.285 |
| 500 | 1.129 | 0.623 | 0.195 | 0.0134 | 0.804 | 8.563 | 1.485 |
| 600 | 1.056 | 0.605 | 0.196 | 0.0131 | 0.788 | 8.728 | 1.416 |
| 700 | 1.040 | 0.555 | 0.197 | 0.0128 | 0.739 | 8.382 | 1.355 |
| 800 | 1.097 | 0.578 | 0.195 | 0.0131 | 0.761 | 8.367 | 1.412 |
| 900 | 1.040 | 0.542 | 0.197 | 0.0127 | 0.726 | 8.284 | 1.340 |
| 1000 | 1.039 | 0.508 | 0.197 | 0.0125 | 0.693 | 8.063 | 1.292 |

Capacitance of depletion layer can be written as (Sze, 1981).

$$C^{-2} = \frac{2(V_R + V_i)}{q\epsilon_s N_a A^2} \quad (16)$$

here, V_R is the reverse bias voltage, N_a is the acceptor concentration of doping element and V_i is the intercept voltage at zero bias and can be acquired by means of extrapolation of the $C^{-2}-V$ plot to the voltage axis. Accounted N_a values have been given in Table 2 for different frequencies. From V_i values, the diffusion potentials (V_d) at zero bias can be found by use of below equation;

$$V_d = V_i + \frac{KT}{q} \quad (17)$$

The depletion layer widths (W_d) of the contact were also accounted from $C^{-2}-V$ plots at for different frequencies below equation;

$$W_d = ((2\epsilon_s\epsilon_0 V_d)/qN_a)^{1/2} \quad (18)$$

The Fermi energy level could be calculated as

$$E_F = \frac{KT}{q} \ln \left(\frac{N_v}{N_a} \right) \quad (19)$$

With

$$N_v = 4.82 \times 10^{15} T^{3/2} \left(\frac{m_h^*}{m_0} \right)^{3/2} \quad (20)$$

where N_v is the efficient density of states in Si valance band and given as $1.04 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, $m_h^* = 0.16 m_0$ is the effective mass of holes and m_0 is the rest mass of the electron. $\Delta\Phi_b$ is the image force barrier lowering and is given by

$$\Delta\Phi_b = \left[\frac{qE_m}{4\pi\epsilon_s\epsilon_0} \right]^{1/2} \quad (21)$$

where E_m is the maximum electric field and calculated with

$$E_m = \left[\frac{2qN_a V_i}{\epsilon_s\epsilon_0} \right]^{1/2} \quad (22)$$

After accounting of worth of V_d , E_F and $\Delta\Phi_b$, the values of barrier heights Φ_b ($C-V$) could be obtained from below relation;

$$\Phi_b(C - V) = V_d + E_F - \Delta\Phi_b \quad (23)$$

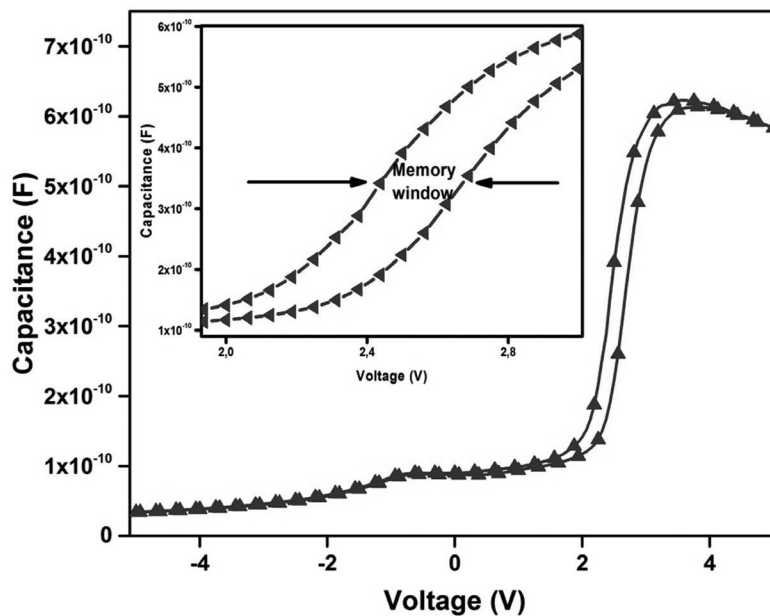


Figure 9. The capacitance-voltage characterization of Al/Si₃N₄/p type Si and Memory window graph at 500 kHz frequency

The issue of memristor is new and general because it has low power and nonvolatile operation, variety of physical mechanisms and potentially high density, placing advanced components of future computing systems (Orak et al., 2015). Si_3N_4 is commonly used memory contacts for memristive characterizations. As can be seen in Figure 9, The Al/ Si_3N_4 /p type Si has a memory window owing to Si_3N_4 at 500 kHz at 2 V to 3 V bias voltages. There is a near parallel shift in measured $C-V$ characteristics. According to this graph, the contact can be used and improved some memory device applications.

CONCLUSION

The Al/ Si_3N_4 /p-Si contact (MIS) have been investigated its importance in electronic applications, especially capacitance behaviors. For this reason, 5 nm Si_3N_4 layers were doped with PECVD technique on p-type Si and obtained MIS contact with Al contact. It was researched the insulator layer effect on the Al/p-Si contact properties. It was investigated electrical characterizations using the forward and reverse bias $I-V$, $C-V$ and $G-V$ measurements and were seen that the insulator Si_3N_4 layer influenced characterizations of the contact. Some diode parameters and effect of the interface states (N_{ss}), the series resistance (R_s) were investigated by calculating from $I-V$ and $C-V$ measurements.

REFERENCES

- Ataseven T, Tatatroğlu A, 2013. Temperature-dependent dielectric properties of Au/ Si_3N_4 /n-Si (metal insulator semiconductor) structures. *Chin. Phys. B*, 22(11): 117310-1- 117310-6.
- Bilkan Ç, Zeyrek S, San SE, Altındal Ş, 2015. A compare of electrical characteristics in Al/p-Si(MS) and Al/C20H12/p-Si (MPS) type diodes using current-voltage ($I-V$) and capacitance-voltage($C-V$) measurements. *Materials Science in Semiconductor Processing* 32: 137-144.
- Bülbül MM, Zeyrek S, 2006. Frequency dependent capacitance and conductance-voltage characteristics of Al/ Si_3N_4 /p-Si(100) MIS diodes. *Microelectronic Engineering* 83: 2522-2526.
- Bülbül MM, Zeyrek S, Altındal Ş, Yüzer H, 2006. On the profile of temperature dependent series resistance in Al/ Si_3N_4 /p-Si (MIS) Schottky diodes. *Microelectronic Engineering* 83: 577-581.
- Card HC, Rhoderick EH, 1971. E. H. Studies of tunnel MOS diodes I. Interface effects in silicon Schottky diodes. *J. Phys. D: Appl. Phys* 4:1589-1601.
- Cheung SK, Cheung NW, 1986. Extraction of Schottky diode parameters from forward current-voltage characteristics. *Appl.Phys.Lett.* 49 (2): 85-88.
- Demircioğlu Ö, Karataş Ş, Yıldırım N, Bakkaloğlu ÖF, Türüt A, 2011. Temperature dependent current-voltage and capacitance-voltage characteristics of chromium Schottky contacts formed by electrodeposition technique on n-type Si *Journal of Alloys and Compounds* 509: 6433- 6439.
- El-Nahass NN, Metwally HS, El-Sayed HEA, Hassanien AM, 2011. Electrical and photovoltaic properties of FeTPPCl/p-Si heterojunction. *Synthetic Metals* 161: 2253-2258.
- Gökçen M, Altuntaş H, Altındal Ş, Özçelik S, 2012. Frequency and voltage dependence of negative capacitance in Au/ SiO_2 /n-GaAs structures. *Materials Science in Semiconductor Processing* 15: 41-46.
- Güllü Ö, Türüt A, 2010. Electrical analysis of organic dye-based MIS Schottky contacts. *Microelectronic Engineering* 87: 2482-2487.
- Güllü Ö, Aydoğan Ş, Türüt A, 2012. High barrier Schottky diode with organic interlayer. *Solid State Communications* 152: 381-385.
- Karataş Ş, Yıldırım N, Türüt A, 2013. Electrical properties and interface state energy distributions of Cr/n-Si Schottky barrier diode. *Superlattices and Microstructures* 64: 483-494.
- Korucu D, Duman S, 2015. Frequency and Temperature Dependent Interface States and Series Resistance in Au/ SiO_2 /p-Si (MIS) Diode. *Science of advanced materials* 7(7): 1291-1297.
- Lee J, Uhrmann T, Dimopoulos T, Bruckl H, Fidler J, 2010. TEM Study on Diffusion Process of NiFe Schottky and MgO/NiFe Tunneling Diodes for Spin Injection in Silicon. *IEEE Transactions on Magnetics* 46(6): 2067-2069.
- Markvart T, 2000. *Solar Electricity*, Baffins Lane; John Wiley & Sons, Chichester, England.
- Nasim F, Bhatt AS, 2013. Influence of different metal over-layers on the electrical behaviour of the MIS Schottky diodes. *International Journal of Electronics* 100 (9): 1228-1239.
- Orak I, Toprak M, Türüt A, 2014. Illumination impact on the electrical characterizations of an Al/Azure A/p-Si heterojunction. *Phys. Scr.* 89(115810): 1-5.
- Orak I, Ejderha K, Türüt A, 2015. The electrical characterizations and illumination response of Co/N-type GaP junction device. *Current Applied Physics* 15: 1054-1061.
- Orak I, Ürel M, Bakan G, Dana A, 2015. Memristive behavior in a junctionless flash memory cell. *Applied physics letters* 106 (233506):1-5.
- Rajesh KR, Menon CS, 2007. Study on the device characteristics of FePc and FePcCl organic thin film Schottky diodes: Influence of oxygen and post deposition annealing. *Journal of Non-Crystalline Solids* 353(4): 398-404.
- Roul B, Mukundan S, Chandan G, Mohan L, Krupanidhi SB, 2015. Barrier height inhomogeneity in electrical transport characteristics of InGaN/GaN heterostructure interfaces. *AIP Advances* 5(037130): 1-12.
- Sharma GD, Sharma SK, Roy MS, 2004. Photovoltaic properties of Schottky device based on dye sensitized poly (3-phenyl azo methine thiophene) thin film. *Thin Solid Films* 468(1-2): 208-215.

- Sharma SC, Tewari A, 2011. Field emission of electrons from spherical conducting carbon nanotube tip including the effect of image force. *Canadian Journal of Physics* 89(8): 875-881.
- Sönmezoğlu S, Akın S, 2011. The Determination of Series Resistance Parameter of Sb-Doped TiO₂/n-Si MIS Structure by Capacitance-Voltage (C-V) Method. *AKU-J. Sci.* 11(011101): 1-8
- Sze SM, Kwok KN, 2006. *Physics of Semiconductor Devices*, John Wiley & Sons, Inc, Third edition New Jersey, USA. 832 p.
- Sze SM, 1981. *Physics of Semiconductor Devices*, second Ed. Wiley & Sons, New York, USA. 815 p.
- Sztkowski J and Sieranski K, 1992. Simple interface-layer model for the nonideal characteristics of the Schottky-barrier diode. *Solid State Electron.* 35(7): 1013-1015.
- Tatar B, Bulgurcuoglu AE, Gokdemir P, Aydogan P, Yilmazer S, Ozdemir O, Kutlu K, 2009. Electrical and photovoltaic properties of Cr/Si Schottky diodes. *Int. J. Hydrogen Energy* 34: 5208- 5212.
- Turut A, Karabulut A, Ejderha K, Bıyıklı N, 2015. Capacitance-conductance-current-voltage characteristics of atomic layer deposited Au/Ti/Al₂O₃/n-GaAs MIS structures. *Materials Science in Semiconductor Processing* 39: 400-407.
- Yahia IS, Farag AAM, Yakuphanoglu F, Farooq WA 2011. Temperature dependence of electronic parameters of organic Schottky diode based on fluorescein sodium salt. *Synthetic Metals* 161 (9-10): 881-887.
- Zeyrek S, Altındal Ş, Yüzer H, Bülbül MM, 2006. Current transport mechanism in Al/Si₃N₄/p-Si (MIS) Schottky barrier diodes at low temperatures. *Applied Surface Science* 252: 2999-3010.

Capacitance Voltage Characterization of Bifacial Silicon Solar Cell Under Polychromatic Modulated Illumination

Gökhan ŞAHİN¹

ABSTRACT: The aim of this work is to present a theoretical study of a capacitance voltage characterization of a bifacial silicon solar cell under polychromatic modulated illumination. From the excess minority carrier's density in the solar cell, the photocurrent density and the photovoltage are derived. The diffusion capacitance was measured with both as a function of voltage and the junction surface recombination velocity. Electric polarization effects are shown through different C-V plots. For all the studied parameters, we exhibited the effect of electric field parameters on the capacitance voltage characterization and the operating point of the cell through the junction recombination velocity.

Keywords: Capacitance, electric field, silicon solar cell

Geniş Sektürlü Aydınlatma altında İki Yüzeyle Silikon Güneş Pili Difüzyon Kapasitansı ve Aşırı Azınlık Taşıyıcı Yoğunluğu

ÖZET: Bu çalışmanın amacı, geniş spektrumlu aydınlatma altında iki yüzeyle silikon güneş pilinin difüzyon kapasitansı ve aşırı azınlık taşıyıcı yoğunluğu teorik çalışmasının sunulmasıdır. Güneş pili aşırı azınlık taşıyıcısından fotoakım ve fotogerilim yoğunluğu türetilmiştir. Difüzyon kapasitansı hem voltajın fonksiyonu ile hem de bağlantı yüzeyi rekombinasyon hızı ile ölçülmüştür. Elektrik polarizasyon etkileri farklı C-V (Difüzyon kapasitansı- Gerilim) grafikleri ile gösterilmiştir. Tüm çalışılan parametreler için, karakterizasyon voltaj kapasitansının elektrik alan parametreleri üzerindeki etkisi ve kavşak rekombinasyon hızı boyunca hücrenin operasyon noktasının etkisi gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elektrik alan, kapasitans, silikon güneş hücresi

¹ İğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Electric Electronic Engineering, İğdır, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Gökhan ŞAHİN, konyakayseri@hotmail.com

INTRODUCTION

The efficiency of a solar cell depends among others on its intrinsic parameters. Therefore the knowledge of these parameters and control of associated technological processes highlighted below are essential for any improvement of the conversion efficiency expected from the solar cell. Various characterization techniques have been implemented both in static frequency regime (Grove, 1967; Ghitani et al, 1989; Alain, 1997) and in dynamic i.e. transient regime (Nam et al, 1992; Lemrabott et al, 2008). Then solar cell is either under steady state condition (Dieng et al, 2007; Sahin et al, 2015) or under dynamic state (Sahin, 2016) (i.e. transient decay and frequency). That is why many studies have been made on solar cells to improve the conversion efficiency.

This work is based on the effects of the electric field parameters on the capacitance voltage characterization of a bifacial silicon solar cell; these parameters are respectively the diffusion capacitance the bifacial solar cell is front illuminated by a multispectral light.

The bifacial silicon solar cell is represented with all the related equations, followed by the simulation materials and method.

MATERIAL AND METHOD

The study is based on a bifacial silicon solar cell under polychromatic modulation illumination presented on figure 1. In order to study the influence of an external electric field on the behavior of the charge carriers in the base, we polarize by applying a voltage, and work in theory quasi-neutral base (QNB).

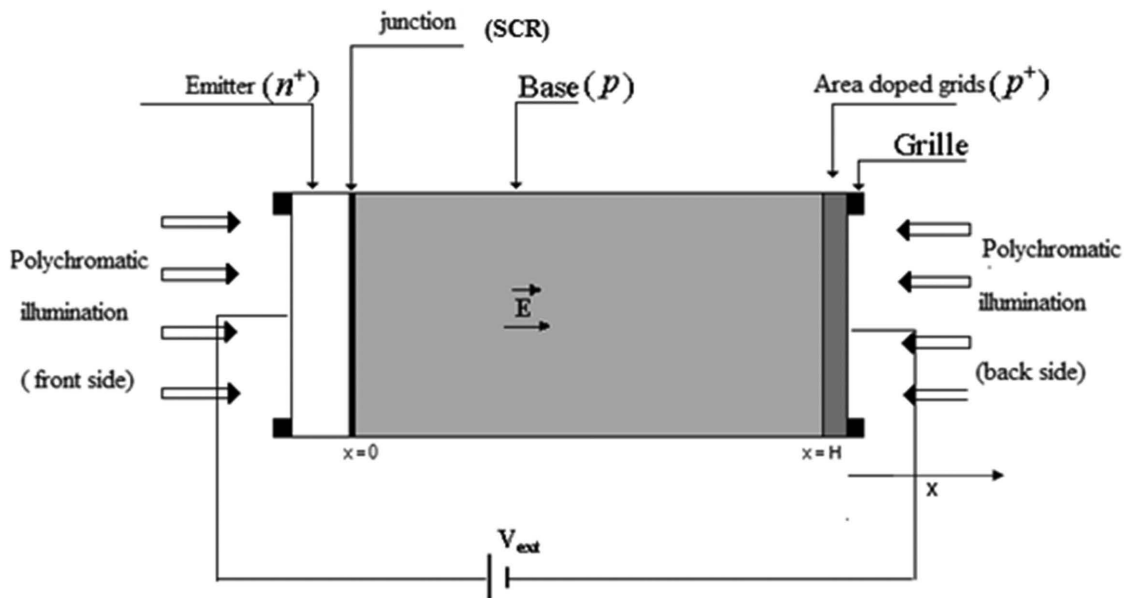


Figure 1. Bifacial solar cell structure to the n⁺-pp⁺ type under electric polarization and polychromatic illumination

The solar cell is illuminated by its front side of polychromatic illumination and is under external polarization by applying electric field. The continuity equation for the excess minority carrier's density photo-generated in the base under influence of the electric field is:

$$\frac{\partial^2 d(x)}{\partial x^2} + \frac{m.E}{D} \cdot \frac{\partial d(x)}{\partial x} + \frac{G(x)}{D} - \frac{d(x)}{L^2} = 0 \quad (1)$$

E the electric field, μ carriers' mobility. D and L are respectively the diffusion coefficient and the diffusion length of minority carriers. $\delta(x)$ is the minority charge carriers density photogenerated in the base G(x) is the rate of generation given by (Furlan et al, 1985):

$$G(x) = \sum_{i=1}^3 a_i \cdot e^{-b_i \cdot x} \quad (2)$$

a_i and b_i are coefficients from modeling of the generation rate overall radiations in the solar spectrum (Mohammad, 1987).

The expression of the minority carrier's density is given by equation (1) resolution:

$$d(x) = e^{bx} \cdot [A \cdot ch(a \cdot x) + B \cdot sh(a \cdot x)] + \sum_{i=1}^3 c_i \cdot e^{-b_i \cdot x} \quad (3)$$

with:

$$c_i = -\frac{a_i \cdot L^2}{D \cdot [L^2 \cdot b_i^2 - L_E \cdot b_i - 1]} \quad (4)$$

and

$$L_E = \frac{mE \cdot L^2}{D} \quad (5)$$

A and B are obtained with the boundary conditions at the emitter – base junction ($x = 0$) and at the back surface ($x = H$) of the cell (Sane et al, 2013; Ndiaye et al, 2015) expressed as:

-at the junction ($x=0$):

$$Sf = \frac{D_n}{d(0)} \cdot \frac{\partial d(x)}{\partial x} \Big|_{x=0} \quad (6)$$

at the back surface ($x=H$):

$$Sb = -\frac{D_n}{d(H)} \cdot \frac{\partial d(x)}{\partial x} \Big|_{x=H} \quad (7)$$

Sf and Sb are respectively the junction and back surface recombination velocity (Sane et al, 2013; Hamidou et al, 2013; Diao et al, 2014).

To understand the electric field effect on extended junction space charge region, we illustrate in Figure 2 junction thickness extension under electric field effect

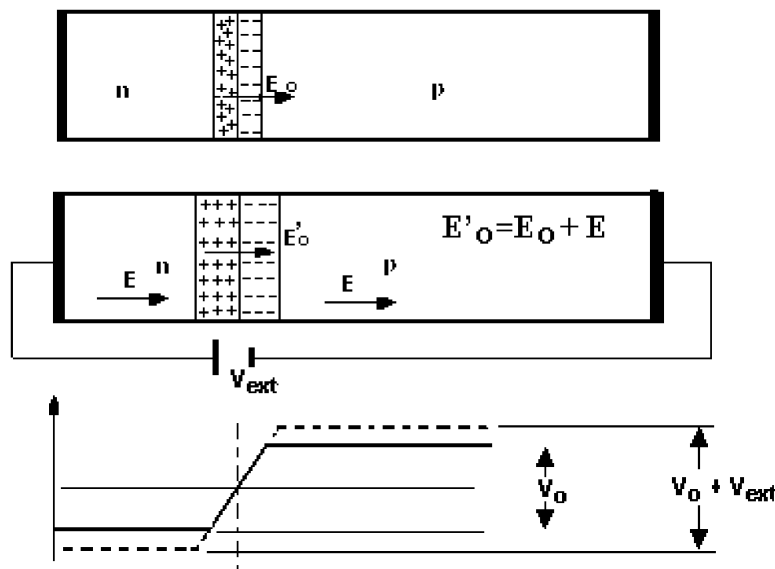


Figure 2. Schematic illustration of the junction thickness extension under electric field effect

Figure 2 shows a reverse polarization of the solar cell. The resulting electric field after this polarization is $E'_0 = E_0 + E$. E_0 is the electric field in the space charge

region without polarization and E is the electric field from the solar cell external polarization. V_{ext} and V_0 are respectively voltage from the space charge region in

the absence of polarization and external circuit voltage. Thus, the minority charge carriers will be returned to the junction by the resulting electric field. These carriers reinforce the diffusion capacitance at the junction and contribute to junction thickness extension

RESULTS AND DISCUSSIONS

Capacitance study: Diffusing capacitance of the solar cell is considered as the ability of the resulting charge variation during the process of diffusion within the solar cell (Sane et al, 2013; Hamidou et al, 2013; Diao et al, 2014; Barro et al, 2015). It is given by the following equation:

$$C = \frac{\partial Q}{\partial V} \quad (8)$$

With:

$$Q = qd(x=0) \quad (9)$$

By injecting (9) in (8), we have

$$C = q \times \frac{\partial d(x=0)}{\partial V_{ph}} \quad (10)$$

If we introduce the excess minority carrier recombination velocity at the junction in equation (8) we obtain following expression of the capacitance:

$$C = q \times \frac{\partial d(x=0)}{\partial V_{ph}} = q \times \frac{\partial d(x=0)}{\partial S_f} \times \frac{1}{\frac{\partial V_{ph}}{\partial S_f}} \quad (11)$$

Or:

$$V_{ph} = V_T \times \ln \left(1 + \frac{N_b}{n_i^2} \times d(0) \right) \quad (12)$$

And:

$$\frac{\partial V_{ph}}{\partial S_f} = V_T \times \frac{\frac{N_b}{n_i^2} \times \frac{\partial d(0)}{\partial S_f}}{\left(1 + \frac{N_b}{n_i^2} \times d(0) \right)} \quad (13)$$

Therefore:

$$C = q \times \frac{\partial d(x=0)}{\partial S_f} \times \frac{1}{\frac{\partial V_{ph}}{\partial S_f}} = q \times \frac{\partial d(0)}{\partial S_f} \times \frac{1 + \frac{N_b}{n_i^2} \times d(0)}{V_T \times \frac{N_b}{n_i^2} \times \frac{\partial d(0)}{\partial S_f}} = q \times \frac{n_i^2}{N_b} \times \left[1 + \frac{N_b}{n_i^2} \times d(0) \right] \quad (14)$$

Thus,

$$C = q \times \frac{n_i^2}{N_b} \times \left[1 + \frac{N_b}{n_i^2} \times d(0) \right] = \frac{q \times n_i^2}{N_b} + \frac{q \times d(0)}{V_T} \quad (15)$$

Let:

$$C_o = \frac{q \cdot n_i^2}{N_b} \quad (16)$$

C_o is the intrinsic capacitance under dark. Replacing C_o by its expression, equation (17) becomes:

$$C = C_o + \frac{q \cdot d(0)}{V_T} \quad (17)$$

Considering the expression of the photovoltage from equation (10), solar cell capacitance can be expressed as:

$$C = C_0 \cdot \left[1 + \frac{N_b}{n_i^2} \cdot d(0) \right] = C_0 \cdot \exp\left(\frac{V_{ph}}{V_T}\right) \quad (18)$$

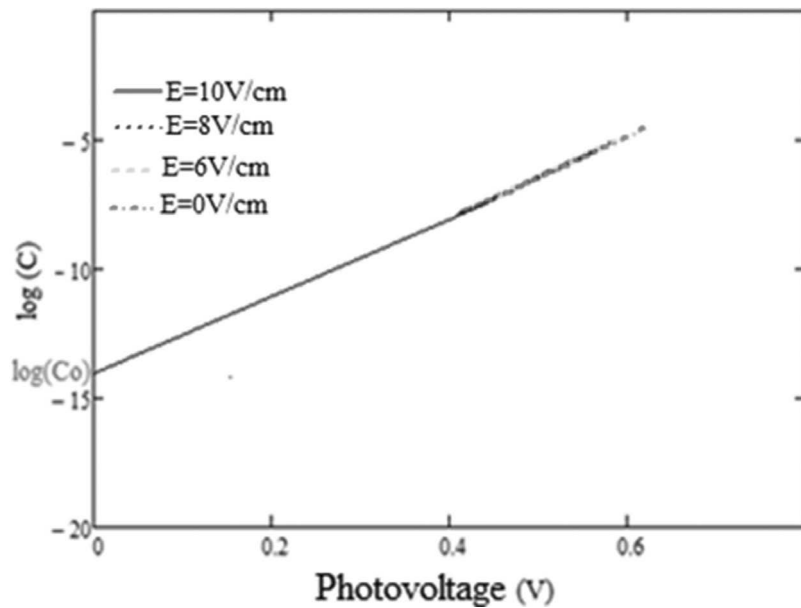
With equation (18), we obtain

$$\frac{C}{C_0} = \exp\left(\frac{V_{ph}}{V_T}\right) \quad (19)$$

With the logarithmic function, equation (19) becomes:

$$\ln(C) - \ln(C_0) = \frac{V_{ph}}{V_T} \quad (20)$$

The curve of the logarithm of the capacity versus the voltage is plotted in figure 3 versus photovoltage for different values of the bias electric field



$$(\mu=10^3 \text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}, L=0.02 \text{cm}, H=0.03 \text{cm}, D=26 \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1})$$

Figure 3. Log(C) versus the photovoltage for different values of electric field

This figure shows that the profile of the diffusion capacitance (logarithm scale) versus photovoltage is a straight line of slope $1/V_T$ and the intercept of this line with the y axis correspond to $\text{Log}(C_0)$ where C_0 is the dark capacitance.

We see that the dark capacitance do not depend on electric field; effectively equation (15) shows that the dark capacitance depend on semiconductor material, its doping and the operating temperature. We see that whatever the capacitance under darkness C_0

is independent of the electric field polarization. The intercept point obtained with the capacitance axis is the dark capacitance value (Sane et al, 2013; Sahin et al, 2015; Barro et al, 2015). The obtained value with this method is:

$$C_0 = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ (F/cm}^2\text{)}$$

Equation (18) allows us to observe the capacitance evolution versus the photovoltage for different values of electric field. It is represented in Figure 4.

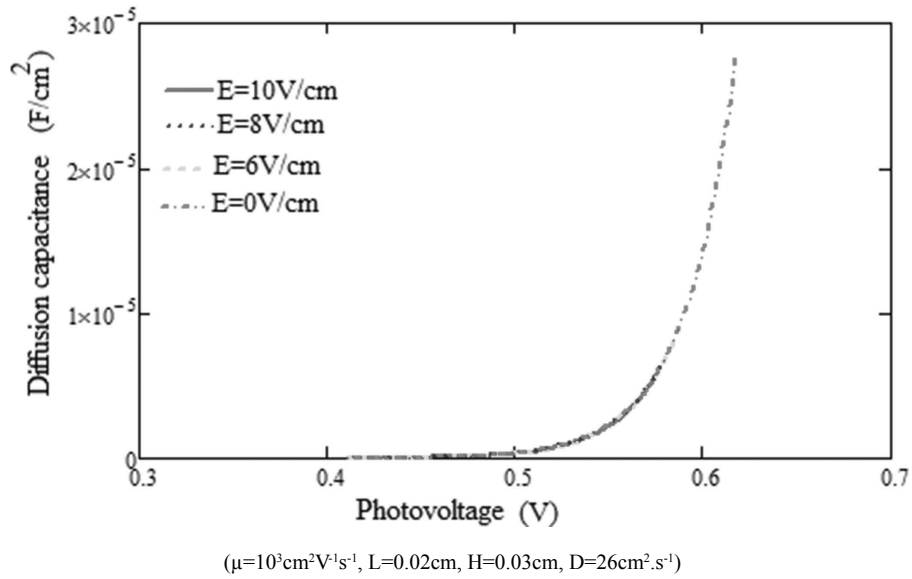


Figure 4. C-V characteristics for different values of electric field

Figure 4 enables us to observe an increase of the capacitance when the photovoltage increases. Thus, for low values of the photovoltage ($V < 0.5$ volts), corresponding to operation of the solar cell in short circuit situation, the capacitance is very low. This is due to the massive crossing of minority charge carriers at the junction. Similarly, for large values of the photovoltage ($V > 0.5$ volts), corresponding to operation of the solar cell in open circuit situation, the capacitance increases exponentially as a function of the photovoltage which is explained by a significant carrier storage at the junction.

Thereafter, the value of the electric field, we get the same value of the dark capacitance. We also observed an increase in the characteristic when the electric field decreases. Indeed, an increase in the electric field leads a reduction the minority carriers stored in the junction and therefore a decrease in diffusion capacitance.

We represent in Figure 5 the capacitance versus junction recombination velocity for different values electric field:

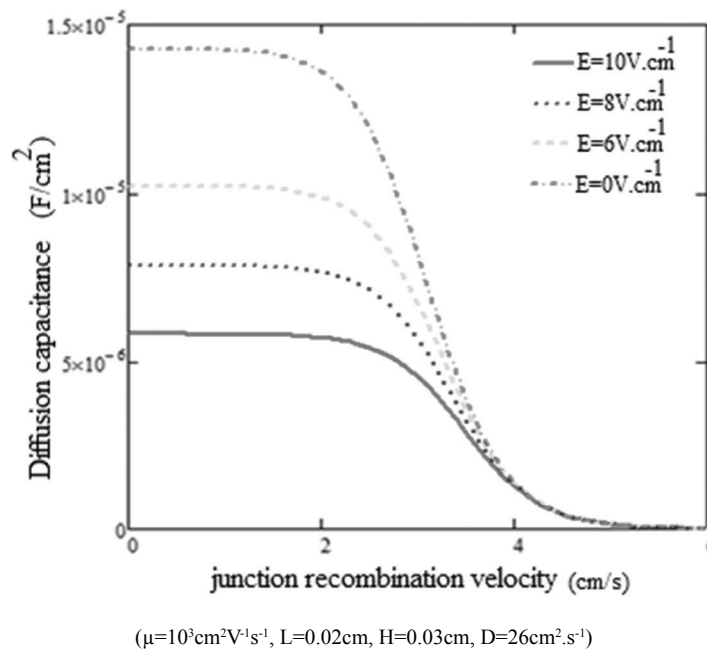


Figure 5. Capacitance versus junction recombination velocity for different values of electric field

Figure 5 shows that diffusion capacitance decrease with junction recombination velocity; near open circuit, excess minority carriers are stored in the base because they cannot cross the junction leading to an important associated capacitance. Near short circuit, stored charge move to and cross the junction and the associated capacitance decrease.

When the electric field increase, diffusion capacitance increase also because that for higher electric field, carrier paths are incurvated and could not move easily to the junction and cross it. The concentration of carrier in the base in the base is then increased so that the capacitance also increases. The diffusion capacitance is maximum at low values of the junction recombination velocity. Minority charge carriers remain stored at the junction because they do not have enough energy to cross the junction. When the junction recombination velocity increases, the minority charge carriers begin to cross of the junction and the diffusion capacitance. The diffusion capacitance is proportional to the width of the junction by the equation:

$$C = \frac{S \cdot e}{e} \quad (21)$$

Where S is the surface area of the junction and e its thickness. ϵ represent the silicon dielectric constant.

Under these conditions, the junction thickness is accompanied by a decrease in diffusion capacitance. The electric field promotes the flow of minority charge carriers across the junction and decreases the diffusion capacitance.

CONCLUSION

In this article, the excess minority carrier's density in the base is determined. The curve of the figures showed a decrease in the density of minority charge carriers with the increase in the electric field. The excess of the photocurrent density and photovoltage deduced from that of minority carrier's density and their profile depending the junction recombination velocity for different values the electric field. We also showed that the electric field increases the photocurrent, decreases photovoltage and diffusion capacitance. This decreased of the solar cell capacitance is accompanied by the junction thickness.

Our computed results have shown that the performance of solar cell is better in the diffusion capacitance range. The capacitance of a crystalline silicon solar cell was investigated; from a one-dimensional model, we pointed out the effects of electric field, illumination level, and junction recombination velocity (related to operating point) on the capacitance. Based on the C-V characteristics, a graphical method has been proposed for the determination of both dark capacitance C_0 and electric field.

REFERENCES

- Alain R, 1997. *Photopiles Solaires, Physique des photopiles*, Third Edition Lausanne, 148-155 p.
- Barro F I, Sane M, Zouma B, 2015. On the capacitance of crystalline silicon solar cells in steady state. *Turk J Phys*, 39:122-7. [http:// dx.doi.org/10.3906/z-1408-3](http://dx.doi.org/10.3906/z-1408-3).
- Diao A, Thiam N, Zougrana M, Ndiaye M, Sahin G and Sissoko G, 2014. Diffusion coefficient in silicon solar cell with applied magnetic field and under frequency: Electric equivalent circuits, *World Journal of Condensed Matter Physics*, 4, 1-9. <http://www.scirp.org/journal/wjcmp>, <http://dx.doi.org/10.4236/wjcmp>.
- Dieng A, Lemrabott O H, Maiga A S, Diao A and Sissoko G., 2007. Impedance spectroscopy method applied to electrical parameters determination on bifacial silicon solar cell under magnetic field. *J. of Sci.*, 7(3): 48-52.
- Furlan J and Amon S, 1985. Approximation of the carrier generation rate in illuminated silicon. *Solid State Electron*, 28, 1241-43.
- Grove A S, 1967. *Physics and Technology of Semiconductor Devices*, First Edition, Wiley, New York. 174 p.
- Ghitani H E and Martinuzzi S, 1989. Influence of dislocations on electrical properties of large grained polycrystalline silicon cells, *J. App. Phys.* 66: 1717-1726.
- Hamidou A, Diao A, Séré A D, Moissi A, Thiame M, Barro F I, Sissoko G. Capacitance determination of a Vertical Parallel Junction Solar Cell under Multispectral Illumination in steady state, (IJITEE) Volume-2, Issue-3.
- Lemrabott Z N, Bako A, Wereme A and Sissoko G, 2012. Determination of the Recombination and Electrical Parameters of Vertical Multijunction Silicon Solar Cell, *Res.J. Appl. Sci. Engineering Technol.* Maxwell scientific Organization, 3: 602-611.
- Mohammad S N, 1987. An alternative method for the performance analysis of silicon solar cells. *J. Appl. Phys.* 61(2), 767-77.
- Nam L Q, Rodot M, Nijs J, Ghannam M and Coppys J, 1992. Réponse spectrale de photopiles de haut rendement au silicium multicristallin. *J. Phys. III France* 2, 1305-1316.
- Ndiaye E H, Sahin G, Moustapha D, Amary T, Hawa L D, Mor N, Grégoire S, 2015. Study of the Intrinsic Recombination Velocity at the Junction of Silicon Solar under Frequency Modulation and Irradiation, *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 3, 1522-1535.
- Sahin G, Moustapha D, Mohamed A O E M, Moussa I N, Amary T, Grégoire S, 2015. Capacitance of Vertical Parallel Junction Silicon Solar Cell under Monochromatic Modulated Illumination, *Journal of Applied Mathematics and Physics*, 3, 1536-1543.
- Sahin G, 2016. Effect of wavelength on the electrical parameters of a vertical parallel junction silicon solar cell illuminated by its rear side in frequency domain, *Results in Physics* 6, 107-111.
- Sane M, Sahin G, Barro F I, Maiga A S, 2014. Incidence angle and spectral effects on vertical junction silicon solar cell capacitance. *Turk J Phys*, 38:221-7. <http://dx.doi.org/10.3906/fiz-1311-9>.

Dört Rotorlu bir İHA'nın Geri Adımlamalı Kontrolcü ile Gerçek Zamanlı Yörünge Kontrolü

Kaan CAN¹, Abdullah BAŞÇI¹

ÖZET: Bu çalışmada, sistemin lineer olmayan yapısına bağlı olarak tasarlanan geri adımlamalı kontrol yöntemi ile dört rotorlu bir İnsansız Hava Aracı (İHA) olan Quadrotor'un gerçek zamanlı yörünge takibi gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan Quadrotor, donanımsal olarak (GPS, sonar, kamera, atalet sensörleri vb.) oldukça düşük maliyetlidir. Tasarlanan geri adımlamalı kontrolcü, donanımsal açıdan zayıf bir sistem üzerinde yüksek verimle çalışmış ve gelecekte tasarlanacak donanımsal açıdan yüksek hassasiyette ölçüm yapabilen sistemler için iyi bir kontrolcü referansı olmuştur. Quadrotor'un kapalı ortamda eğik çember ve zigzag formunda iki ayrı yörüngeyi takibi ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde, kontrolcünün meydana gelen hataları istenilen düzeyde elimine ettiği ve sistemdeki sapmaları minimumda tuttuğu görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Geri adımlamalı kontrol, İHA, quadrotor, yörünge takibi.

Real Time Trajectory Tracking Control of a Four Rotor UAV with Backstepping Controller

ABSTRACT: In this study, real-time trajectory tracking control of a four rotor UAV, called Quadrotor, is realized by using backstepping controller which is designed depending on the nonlinearity of the system. Quadrotor used in experiment is a low-cost system and is equipped with GPS, sonar, camera and inertial sensors. Since the designed backstepping controller is worked in a high efficiency on Quadrotor, the controller will be a good reference for the systems, have highly sensitive sensors to do more accurate measurements. When analyzing the indoor experiment results of Quadrotor for tracking oblique circle and zigzag routes, errors are eliminated in desired level and deviations are minimized by backstepping controller for a stable flight.

Key words: Backstepping control, quadrotor, trajectory tracking, UAV.

¹ Ataturk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Kaan CAN, kaan.can@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Günümüzde İHA olarak adlandırılan sistemlerin birçok çeşidi bulunmaktadır. Bunlardan biri de dört adet rotora sahip olan Quadrotor'lardır. Serbest uzayda 6 serbestlik derecesine sahip bir cismin hareketi incelenerek tasvir edilen Quadrotor'lar, bulunduğu noktadan dikey iniş-kalkış yapabilen, yüksek hareket ve manevra kabiliyetine sahip olan araçlardır. Dar alanda hassas hareketler yapabilme, insanlı sistemler için tehlike arz eden durumlarda kullanılabilmesi ve insan gücüne olan bağımlılığı azaltması bu sistemlerin sağladığı avantajlardan birkaçıdır. Bunun yanında Quadrotor'ların 6 serbestlik derecesine sahip olmasına rağmen 4 kontrolcü girdisi ile kontrol edilmeleri, eksik girdili sistem olarak tanımlanmalarına neden olmuştur. Bu tip sistemler yapısal olarak lineer olmadıkları için kontrolleri de oldukça zordur. Ayrıca Quadrotor'ların uçuş stabilizasyonları ve havada dengede durabilmeleri gövde ağırlığı (batarya, harici koruma gövdesi vb.), zemin, sensör hassasiyeti ve diğer etkilere bağlı olarak değiştiğinden gerçek zamanlı uygulamalarda kullanımları oldukça güçtür. Belirtilen bu zorlukları aşabilmek adına Quadrotor'lar sistematik bir şekilde incelenmekte ve model yapısına uygun olarak tasarlanan kontrolcülerle yörünge takibi gerçekleştirilmektedir.

Son yıllarda Quadrotor'ların yörünge kontrolü üzerine farklı çalışmalar yapılmış ve çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. H. Ergezer ve arkadaşları, birden fazla Quadrotor kullanımı durumunda çevrimiçi rota planlamasında meydana gelen problemlerin çözümü için karışık tam sayılı doğrusal programlama (mixed integer linear programming-MILP) ve azalan ufuk kontrolü (receding horizon control) metodlarını incelemiştir (Ergezer ve ark., 2014). Gerçekleştirilen simülasyon çalışmalarında çevrim-içi olarak anlık alınan veriler sayesinde Quadrotor'ların belirtilen yörünge boyunca gösterdikleri performanslar analiz edilmiştir. N. S. Özbek ve arkadaşları, Quadrotor sistemi için PID, kayan kipli kontrol, geri adımlamalı, geri beslemeli doğrusallaştırma ve bulanık mantık kontrol tekniklerini ele almıştır (Özbek ve ark., 2014). Yapılan çalışmada belirtilen kontrol yöntemleriyle Quadrotor'un yörünge takip performansı, kararlılık analizi, kontrol algoritmalarının ve kontrolcülerin performansı analiz edilmiş ve gürültülere karşı dayanıklılıkları incelenmiştir. Bouabdallah ve arkadaşları, Quadrotor'u kapalı bir ortamda havada stabil tutmak için PD, PID ve lineer kuadratik kontrol

yöntemlerini uygulamışlardır (Bouabdallah et al., 2004). Yapılan çalışma incelendiğinde Quadrotor'un sapma, yunuslama ve yalpalama açılarının istenilen denge noktasında kararlı bir şekilde tutulması amaçlandığı görülmüştür. Bouadi ve arkadaşları, Quadrotor için adaptif kayan kipli kontrolcüyle duruş stabilizasyonu ve rota takibi yapmayı amaçlamıştır (Bouadi et al., 2011). Sistemde meydana gelen anlık hataları çevrimiçi olarak aldıkları sinyaller yardımıyla parametre tahmini yaparak hataları elimine etmişlerdir.

Mohammadi ve arkadaşları, Quadrotor'u modelleyerek ve merkezî olmayan yöntemle adaptif kontrol uygulayarak rota takibinin gerçekleştirilmesini sağlamıştır (Mohammadi et al., 2013). Tomas Krajnik ve arkadaşları, Quadrotor'un dinamik modelini ayrıştırılmış model olarak ele almış ve sistemin dinamik modeli için iç-dış kontrolcü tasarımını deneysel olarak gerçekleştirmiştir (Krajnik et al., 2011). Bo Zhao ve arkadaşları, Quadrotor'un yörünge kontrolünü lineer olmayan gürbüz adaptif kontrolcü ile simülasyon ortamında gerçekleştirmiş ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir (Zhao et al., 2015). Emre Can Suiçmez, simülasyon ortamında Quadrotor'u detaylı olarak analiz etmiş ve geri adımlamalı kontrol, doğrusal kuadratik regülatör (linear quadratic regulator-LQR) ve doğrusal kuadratik takip (linear quadratic tracking-LQT) gibi kontrol yöntemlerini incelemiştir (Suiçmez, 2014). Çalışmada ayrıca geri adımlamalı kontrol metodu incelenmiş ve kontrolcünün sistemde meydana gelen hataları elimine ettiği görülmüştür.

Bara J. Emran ve arkadaşları, Quadrotor'un kompozit gürbüz adaptif kontrolünü incelemiş ve simülasyon ortamında test etmişlerdir. Tasarlanan gürbüz adaptif kontrolcünün gürbüz olmayan adaptif kontrolcüye oranla verilen referans işaretini daha iyi takip ettiği belirtmiştir (Emran et al., 2014). Matthias Schreier, Quadrotor'un dinamik yapısını modelleyerek sürekli ve ayrık adaptif kontrolcülerin simülasyon ortamında performansını incelemiş ve adaptif ve lineer olmayan kontrolcüler ile kıyaslamıştır. Elde edilen sonuçlar adaptif kontrolcülerin, adaptif olmayan kontrolcüye göre daha iyi sonuç verdiği ve sisteme verilen referans işaretlerini daha iyi takip ettiğini göstermiştir (Schreier, 2012). Abdul-Wahid A. Saif ve arkadaşları, Quadrotor için modifiye edilmiş geri adımlamalı kontrolcü ile klasik geri adımlamalı kontrolcü arasındaki farkı incelemiş ve tasarlanan kontrolcülerini simülasyon ortamında test etmişlerdir.

Yapılan simülasyon çalışmaları incelendiğinde modifiye edilmiş geri adımlamalı kontrolcünün sistemin kontrolcü parametrelerini azaltarak karmaşık denklem takımlarını klasik geri adımlamalı kontrolcüye göre basitleştirdiği ve sistem cevabını hızlandırarak daha iyi performans gösterdiği görülmüştür (Saif et al., 2012).

Castillo ve arkadaşları, dört Quadrotor'u matematiksel olarak modellemiş daha sonra basit uygulamalar için (dikey iniş-kalkış vb.) test etmişlerdir (Castillo et al., 2004). Madani ve arkadaşları, Quadrotor'un lineer olmayan yapısına uygun olarak tasarladıkları geri adımlamalı kontrolcü ile simülasyon ortamında konum kontrolü yapmış referans rota takibinde meydana gelen hataların tasarlanan kontrolcü tarafından elimine edildiği görülmüştür (Madani et al., 2008).

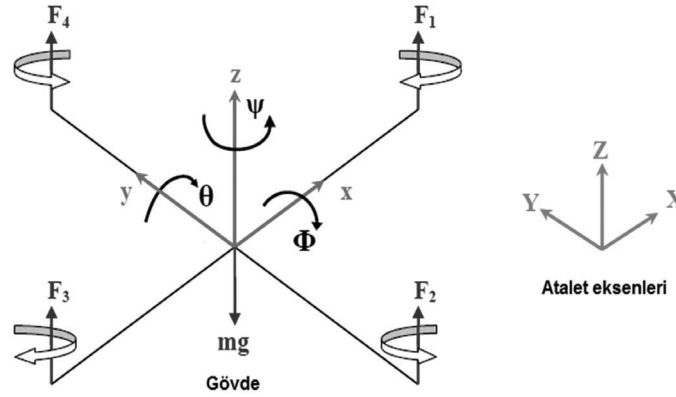
Bu çalışmada, geri adımlamalı kontrol yöntemi incelenmiş ve Quadrotor üzerinde gerçek zamanlı yörünge takibi ve konum kontrolü için test edilmiştir. Uygulama sonuçları, kontrolcünün Quadrotor'u

istenilen konuma az bir hata ile ulaştırdığı ve küçük salınımlar ile aracı stabil tuttuğunu ve farklı referanslar altında yörünge takibi için iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

MATERYAL VE METOD

Quadrotor'un Dinamik Modeli

Quadrotor'un sistem dinamikleri, katı bir cismin uzaydaki altı serbestlik dereceli hareketine benzetilerek tasvir edilmektedir. Bu altı serbestlik derecesi; açısal hızların oluşmasını sağlayan Euler açıları olarak tanımlanan yalpa (Φ), yunuslama (θ) ve sapma (ψ) eksenleri ile 3 boyutlu uzayda doğrusal hareketi tanımlayan x, y ve z eksenleri tarafından temsil edilmektedir. Şekil 1'de Quadrotor'un gövde ve atalet eksenleri ile birlikte Quadrotor'a etkiyen ana kuvvetler F_1, F_2, F_3, F_4 , mg ve dört adet pervanenin dönme yönleri görülmektedir.



Şekil 1. Quadrotor eksenleri

Quadrotor'un hareketini gerçekleştirebilmesi için pervanelerin dönüş hız ve yönleri değiştirilerek sistemde torklar ve momentler oluşturulur. Ω_i , pervanelerin açısal hızları ($i: 1, 2, 3, 4$) olmak üzere, pervanelerin dönüşlerinden dolayı meydana gelen kaldırma kuvvetleri F_i ,

$$F_i = k_n \Omega_i^2 \quad (1)$$

ifadesiyle tanımlanmakta ve denklemde k_n itme faktörü sabit bir değerdir. Quadrotor'a pervanelerden uygulanan toplam kaldırma kuvveti ise,

$$F_T = k_n \sum_{i=1}^4 \Omega_i^2 \quad (2)$$

denklemleri ile belirtilir. Her bir pervane tarafından üretilen tork ifadesi,

$$T_i = k_m F_i \quad [N.m] \quad (3)$$

denklemleri ile tanımlanır. Denklemde k_m birimi metre olan sabit bir sayıdır ve kuvvet ile tork arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Sistemin dört adet kontrol girişi bulunmakta ve bu girişler U_1, U_2, U_3, U_4 ile gösterilmektedir.

$$U_1 = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 \quad (4)$$

olmak üzere kuvvetlerin toplamıdır. Eşitlik 4'de belirtildiği üzere U_1 z eksenindeki hareket ile doğrudan

ilişkilidir.

$$U_2 = F_4 - F_2 \quad (5)$$

denklemleri ile ifade edilir. U_2 , sağ ve sol pervaneler arasındaki diferansiyel farktan meydana gelen kuvvettir. Bu yüzden 2 ve 4 numaralı pervaneler kullanılarak sistemde yalpa (Φ) momenti oluşturulmaktadır. Aynı şekilde U_3 , ön ve arka pervaneler arasındaki diferansiyel farktan meydana gelen kuvvettir. Bu sayede 1 ve 3 numaralı pervaneler kullanılarak sistemde yunuslama (θ) momenti oluşturulmaktadır.

$$U_3 = F_3 - F_1 \quad (6)$$

Tek numaralı (1,3) ya da çift numaralı (2,4) pervaneler kullanılarak sapma (ψ) momenti oluşturulmaktadır.

$$U_4 = T_2 + T_4 - T_1 - T_3 \quad (7)$$

Denklemleri ile belirlenir. U_4 dört pervanelerin ürettiği net tork ifadesidir. Bu nedenle U_4 sapma açısının oluşmasında doğrudan etkilidir. $U_{1,2,3,4}$ aynı zamanda kontrol işaretleridir. Sonuç olarak yapının tamamen katı (rigid) ve simetrik olduğu, kütle merkezi ile cismin gövde merkezinin aynı ekseninde olduğu varsayımı ve Newton-Euler yaklaşımı ile sistemin tam matematiksel model denklemleri şu şekilde elde edilmektedir (Suiçmez, 2014);

$$\ddot{\phi} = \dot{\psi}\dot{\theta}\left(\frac{I_y - I_z}{I_x}\right) + \frac{d}{I_x}U_2 \quad (8)$$

$$\ddot{\theta} = \dot{\psi}\dot{\phi}\left(\frac{I_x - I_z}{I_y}\right) + \frac{d}{I_y}U_3 \quad (9)$$

$$\ddot{\psi} = \dot{\theta}\dot{\phi}\left(\frac{I_x - I_y}{I_z}\right) + \frac{1}{I_z}U_4 \quad (10)$$

$$\ddot{x} = (\cos\psi\sin\theta\sin\phi + \sin\psi\cos\phi)\frac{1}{m}U_1 - \frac{K_x\dot{x}}{m} \quad (11)$$

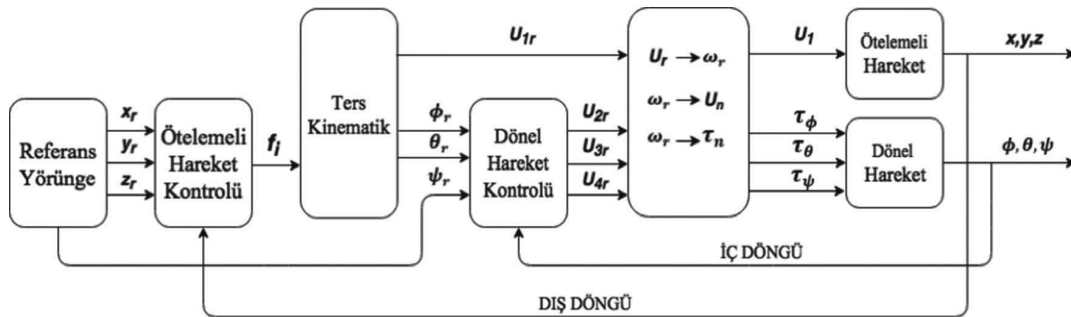
$$\ddot{y} = (\sin\psi\sin\theta\cos\phi - \cos\psi\sin\phi)\frac{1}{m}U_1 - \frac{K_y\dot{y}}{m} \quad (12)$$

$$\ddot{z} = -g + (\cos\theta\cos\phi)\frac{1}{m}U_1 - \frac{K_z\dot{z}}{m} \quad (13)$$

Burada, $I_{x,y,z}$ Quadrotor gövdesinin x,y,z eksenlerindeki ataletini, g yerçekimi ivmesini, d rotorun kütle merkezine olan uzaklığını ve m ise Quadrotor'un toplam kütleini ifade etmektedir.

Quadrotor'un Kontrolü

Quadrotor lineer olmayan yapısı, karmaşık dinamik denklemleri ve gürültülerden kolay etkilenmesi nedeniyle kontrolü oldukça zordur. Sistemin kontrolünü kolaylaştırmak ve stabil bir uçuş gerçekleştirmesini sağlamak için kontrol yapısı iç ve dış kontrol birimleri olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Şekil 2' de belirtilen kontrol bloğu incelendiğinde ötelemeli hareketin kontrolü dış kontrolcü tarafından gerçekleştirilmektedir. Dış kontrolcü, referans olarak gönderilen konum bilgilerini kullanarak ileri ve yan açılı referanslarını (ϕ_r, θ_r) ve dikey yöndeki gerekli olan hız referansını (U_{1r}) üretmektedir. İç kontrolcü ise referans olarak üretilen açılı referansları ($(\phi_r, \theta_r, \psi_r)$) kullanarak, sistem çıkışından elde edilen açı bilgilerini kapalı çevrim olarak alarak meydana gelen hataları PID kontrolcülerde işlemektedir. Bu sayede iç kontrolcü Quadrotor'un stabil uçuşu için gerekli torqları üretmektedir ($\tau_\phi, \tau_\theta, \tau_\psi$). Sistem çıkışından elde edilen konum ve açı bilgileri sırasıyla tekrar kapalı çevrim olarak dış ve iç kontrolcülere iletilerek sistemde meydana gelen hatalar elimine edilmekte ve Quadrotor'un ihtiyacı olan açı referansları üretilmektedir.



Şekil 2. Quadrotor kontrol bloğu

Geri Adımlamalı Kontrol Tasarımı

Quadrotor'a ileri yöndeki hızını sağlayan etkinin (diğer etkileri ihmal ederek) yunuslama hareketi olduğunu düşünebiliriz. Yine benzer şekilde sadeleştirme yapılarak, diğer yörüngelerde meydana gelen hızlar da benzer şekilde belirlenebilir. Quadrotor üzerinde gerçekleştirilen bu ayrıştırılmış dinamik sistem modeli ile durum denklemleri ayrı ayrı kontrol edebilir ve her bir durum değişkeninde meydana gelen hataları elimine etmek için, ayrı kontrolcüler tasarlayabiliriz (Krajnic et al., 2011). Sistemimiz yapısal olarak lineer olmadığı için daha doğru bir sonuç elde etmek amacıyla sistemin sürtünme etkisi ve rotorun denklemlerinden gelen ikinci dereceden türevler ihmal edilmeyip kontrol kuralına eklenmiştir (Suiçmez, 2011). Sistem dinamiklerini durum değişkenleri cinsinden ifade edersek;

$$\dot{x}_1 = \dot{\phi} = x_2 \quad (14)$$

$$\dot{x}_2 = \ddot{\phi} = x_4 x_6 a_1 + b_1 U_2 \quad (15)$$

$$\dot{x}_3 = \dot{\theta} = x_4 \quad (16)$$

$$\dot{x}_4 = \ddot{\theta} = x_2 x_6 a_3 + b_2 U_3 \quad (17)$$

$$\dot{x}_5 = \dot{\psi} = x_6 \quad (18)$$

$$\dot{x}_6 = \ddot{\psi} = x_4 x_2 a_5 + b_3 U_4 \quad (19)$$

$$\dot{x}_7 = \dot{x} = x_8 \quad (20)$$

$$\dot{x}_8 = \ddot{x} = \frac{u_x U_1}{m} - \frac{K_x x_8}{m} \quad (21)$$

$$\dot{x}_9 = \dot{y} = x_{10} \quad (22)$$

$$\dot{x}_{10} = \ddot{y} = \frac{u_y U_1}{m} - \frac{K_y x_{10}}{m} \quad (23)$$

$$\dot{x}_{11} = \dot{z} = x_{12} \quad (24)$$

$$\dot{x}_{12} = \ddot{z} = -g + \frac{\cos(x_1) \cos(x_3) U_1}{m} - \frac{K_z x_{12}}{m} \quad (25)$$

Denklemlerde;

$$a_1 = \frac{I_y - I_z}{I_x} \quad (26)$$

$$a_3 = \frac{I_x - I_z}{I_y} \quad (27)$$

$$a_5 = \frac{I_x - I_y}{I_z} \quad (28)$$

$$b_1 = \frac{d}{I_x} \quad (29)$$

$$b_2 = \frac{d}{I_y} \quad (30)$$

$$b_3 = \frac{1}{I_z} \quad (31)$$

$$u_x = \cos(x_1) \sin(x_3) \cos(x_5) + \sin(x_1) \sin(x_5) \quad (32)$$

$$u_y = \cos(x_1) \sin(x_3) \sin(x_5) - \sin(x_1) \cos(x_5) \quad (33)$$

ile ifade edilmektedir. Durum değişkenleri geri adımlamalı kontrolcü tasarımında uygun yöntem olan alt üçgen formunda yazılmalıdır. Bu sayede her bir durum değişkeni kendinden sonraki (zamana göre değişim) değişime etki ederek kararlı bir yapıya ulaşmasını sağlamaktadır.

Pozisyon Kontrolü

Bu bölümde, ilk olarak dört pervane tarafından üretilen U_1 kontrol işareti elde edilecektir. Quadrotor'un dinamik modeli incelendiğinde, U_1 x,y,z 'de meydana gelen hareketle doğrudan ilişkilidir. Ayrıca x ve y yönündeki hareketler, yunuslama ve yalpalama açısına bağlı olduğu için u_x ve u_y 'den etkilenmektedir. Bu nedenle z ekseninde meydana gelen ötelemeli hareket U_1 'e ve x ve y'de meydana gelen hareketleri de u_x ve u_y 'ye bağlı olarak elde edeceğiz. Sistemde z ekseninde meydana gelen hatadan başlayarak kontrolcü tasarımına geçilmiştir. z ekseninde meydana gelen hata (Suiçmez, 2011);

$$z_{11} = x_{11r} - x_{11} \quad (34)$$

olur. Uygun Lyapunov fonksiyonu seçilirse,

$$V(z_{11}) = \frac{1}{2}(z_{11})^2 \quad (35)$$

elde edilir.

Eşitlik 36'nın zamana göre türevi alınırsa,

$$\dot{V}(z_{11}) = z_{11}\dot{z}_{11} \quad (36)$$

denklemleri elde edilir. Eşitlik 37'de Eşitlik 34'ün zamana göre türevi alınmış ifadesi konularsa,

$$\dot{V}(z_{11}) = z_{11}(\dot{x}_{11r} - \dot{x}_{11}) = z_{11}(\dot{x}_{11r} - x_{12}) \quad (37)$$

ifadesi elde edilir. Eğer Eşitlik 38'de elde edilen ifade zamanla azalıyor ise hata da zamanla sifıra yakınsayacaktır. Eğer

$$x_{12} = \dot{x}_{11r} + a_1 z_{11} ; a_1 > 0 \text{ için} \quad (38)$$

seçilirse z_{11} sifıra yakınsayacaktır. Diğer durum denklemlerinden gelen hata olarak,

$$z_{12} = x_{12r} - x_{12} = \dot{x}_{11r} + a_1 z_{11} - x_{12} \quad (39)$$

elde edilir. Uygun bir Lyapunov fonksiyonu seçilmesi durumunda,

$$V(z_{11}, z_{12}) = \frac{1}{2}(z_{11})^2 + \frac{1}{2}(z_{12})^2 \quad (40)$$

yazılabilir. Eğer seçilen Lyapunov fonksiyonunun zamana göre türevi alındığında negatife gittiği ve azaldığı görülüyorsa, z_{11} ve z_{12} de zamanla azalacaktır.

$$\dot{V}(z_{11}, z_{12}) = z_{11}\dot{z}_{11} + z_{12}\dot{z}_{12} \quad (41)$$

Türev ifadesi elde edilir. Denklemlerde bulunan hataların türevlerini yerine yazıp denklemleri tekrar düzenlersek,

$$\dot{z}_{11} = z_{12} - a_1 z_{11} \quad (42)$$

$$\dot{z}_{12} = \ddot{x}_{11r} + a_1 z_{11} - \dot{x}_{12} \quad (43)$$

Eşitlik 42 ve eşitlik 43'ü Eşitlik 41'de yerine yazarsak,

$$\dot{V}(z_{11}, z_{12}) = z_{11}(z_{12} - a_1 z_{11}) + z_{12}(\ddot{x}_{11r} + a_1 z_{11} - \dot{x}_{12}) \quad (44)$$

denklemleri elde edilir. \dot{x}_{12} ifadesi durum denklemlerinden geldiği için Eşitlik 44'de yerine yazılırsa,

$$\begin{aligned} \dot{V}(z_{11}, z_{12}) = & z_{11}z_{12} - a_1 z_{11}^2 + z_{12}\ddot{x}_{11r} + a_1 z_{12}^2 - a_1^2 z_{11}z_{12} + g z_{12} \\ & - z_{12}(\cos(x_1) \cos(x_3)) \frac{U_1}{m} + z_{12} \frac{K_z x_{12}}{m} \end{aligned} \quad (45)$$

Türev ifadesi bu şekilde elde edilir. Buradan $\dot{V}(z_{11}, z_{12})$ negatife götürecek uygun bir U_1 kuralı seçilirse,

$$U_1 = (m/(\cos(x_1) \cos(x_3)))(z_{11} + \ddot{x}_{11r} + a_1 z_{12} - a_1^2 z_{11} + g + \frac{K_z x_{12}}{m} + a_2 z_{12}) \quad (46)$$

denklemlerde $a_1, a_2 > 0$ 'dır. U_1 'i Eşitlik 46. daki gibi seçersek,

$$\dot{V}(z_{11}, z_{12}) = -a_1^2 z_{11}^2 - a_2^2 z_{12}^2 \quad (47)$$

denklemleri elde edilir. Eşitlikte $z_{11}, z_{12} \neq 0$ 'dır. Lyapunov teorisine göre hatalar (z_{11} ve z_{12}) sifıra yakınsamakta ve sistem kararlı hale gelmektedir.

Aynı yöntem kullanılarak x ve y yönünde meydana gelen hareketlerin kontrolcü işaretleri olan u_x ve u_y . Eşitlik 48 ve Eşitlik 49'daki gibi elde edilebilir,

Eşitlik 48 ve Eşitlik 49'da bulunan $a_7, a_8, a_9, a_{10} > 0$ 'dır. Ayrıca,

$$u_x = \left(\frac{m}{U_1}\right) \left(z_7 + \ddot{x}_{7r} + a_7 z_8 - a_7^2 z_7 + \frac{K_z x_8}{m} + a_8 z_8\right) \quad (48)$$

$$u_y = \left(\frac{m}{U_1}\right) \left(z_9 + \ddot{x}_{9r} + a_9 z_{10} - a_9^2 z_9 + \frac{K_y x_{10}}{m} + a_{10} z_{10}\right) \quad (49)$$

$$z_7 = x_{7r} - x_7 \quad (50)$$

$$z_8 = x_{8r} - x_8 \quad (51)$$

$$z_9 = x_{9r} - x_9 \quad (52)$$

$$z_{10} = x_{10r} - x_{10} \quad (53)$$

olarak ifade edilmektedir. Pozisyon kontrolünde referans olarak gönderilen x_{11r}, x_{9r}, x_{7r} , sırasıyla z, y

ve x için verilen referans işaretlerini temsil etmektedir. Eşitlik 51 ve Eşitlik 53'teki bulunan referans değerleri ise,

$$x_{8r} = \dot{x}_{7r} + a_7 z_7 \quad (54)$$

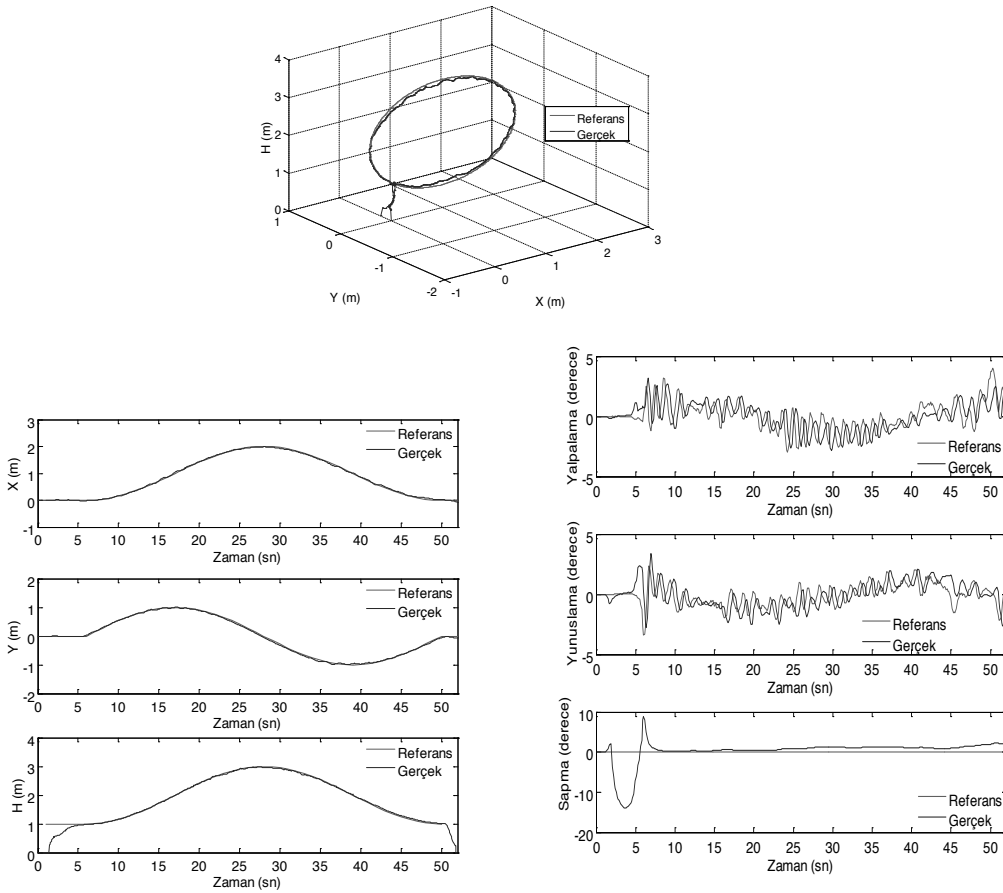
$$x_{10r} = \dot{x}_{9r} + a_9 z_9 \quad (55)$$

BULGULAR VE TARTIŞMA

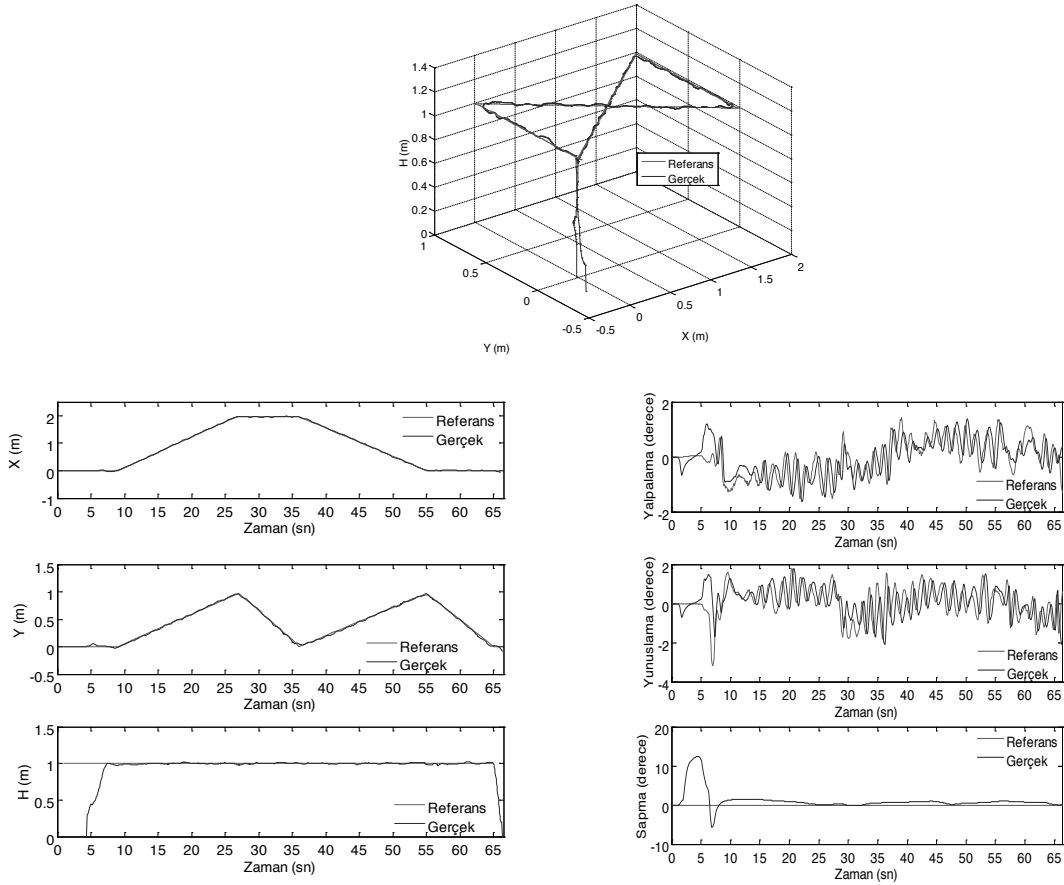
Quadrotor'un yörünge kontrolü gerçek zamanlı olarak geri adımlamalı kontrolcünün performansını göstermek için eğik çember ve zigzag formunda iki ayrı yörünge için gerçekleştirilmiştir. İlk uygulamada eğik çember rota referansı kullanılmıştır. Rota yerden 1 metre yükseklikten başlamakta, x ekseninde boyunca 0 metre ile 2 metre aralığında, y ekseninde boyunca -1 metre ile 1 metre aralığında ve z ekseninde boyunca 1 metre ile 3 metre arasında değişmektedir. Bu rota Quadrotor'un x, y ve z eksenlerinde aynı anda kontrolünü sağlamak için oluşturulmuştur.

Eğik çember rotanın deneysel sonuçları Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde Quadrotor'un x, y, z yönünde sürekli değişim içeren referansı iyi takip ettiği ve rotadan çok az bir sapma gerçekleştirdiği görülmektedir.

Yörünge takibinde meydana gelen titreşimler ve hafif sapmalar Quadrotor'da kullanılan sensörlerin hassasiyetine, deneysel sonuçların alındığı ortama da bağlı olmasına rağmen geri adımlamalı kontrolcünün sistemdeki hataları azalttığı ve Quadrotor'un stabil bir uçuş gerçekleştirmesini sağladığı görülmektedir.



Şekil 3. Quadrotor'un eğik çember yörünge referansı için deney sonucu.



Şekil 4. Quadrotor'un Zigzag yörünge referansı için deney sonucu.

Zigzag rota referansı ise; yerden 1 metre yükseklikten başlayıp x ekseninde 2 metre, y ekseninde ise 1 metre uzunluğa sahiptir. Referans rotanın dar açılı keskin dönüş manevraları içermesi gerçek zamanlı olarak takibini zorlaştırmaktadır. Zigzag rotanın deneysel sonucu Şekil 4'de verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde, Quadrotor'un keskin dönüş noktalarını az sapma ile takip ettiği görülmektedir. Değişimin x-y ekseninde doğrusal olduğu değerlerde hata oranının azaldığı ve kontrolcünün sensör hassasiyeti ve deneysel sonuçların alındığı ortama bağlı olarak oluşan titreşim ve salınımları önleme adına hızlı değişen referans açışaretleri ürettiği görülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada Quadrotor'un gerçek zamanlı yörünge takibi kontrolü geri adımlamalı kontrolcü ile gerçekleştirilmiştir. Kontrolcünün, meydana gelen hataları istenilen düzeyde elimine ettiği ve

sistemdeki sapsmaları minimumda tutmayı başararak lineer olmayan bir sistem üzerinde yüksek performans gösterdiği görülmüştür. Ayrıca kontrolcü tarafından üretilen kontrol işaretlerinin, sensör hassasiyeti ve deneysel sonuçların alındığı ortama bağlı olarak oluşan titreşim ve salınımları azalttığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Amlashi N J S, Rezaei M, Bolandi H, Sedigh A K, 2014. Robust Second Order Sliding Mode Control for A Quadrotor Considering Motor Dynamics. International Journal of Control Theory and Modelling, 4(1):9-25.
- Bouabdallah S, Noth A, Siegwart R, 2004. PID vs LQ Control Techniques Applied to an Indoor Micro Quadrotor. Proceedings of 2004 IEEE/ RSJ International Conference on Intelligent Robots and System, September 28 – October 2 2004, Sendai, JAPAN.
- Bouadi H, Cunha SS, Drouin A, Mora-Camino F, 2011. Adaptive Sliding Mode Control for Quadrotor Attitude Stabilization and Altitude Tracking. 12th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics, 21-22 November 2011, Budapest, Hungary.

- Castillo P, Dzul A, Lozano R, 2004. Real-Time Stabilization and Tracking of a Four-Rotor Mini Rotorcraft. *IEEE Transaction on Control Systems Technology*, 12(4): 510-516.
- Emran J. B, Yesildirek A, 2014. Robust Nonlinear Composite Adaptive Control of Quadrotor. *International Journal of Digital Information and Wireless Communications*, 4(2): 213-225.
- Ergezer H, Leblebicioğlu M K, 2014. İnsansız Hava Araçları için Çevrimiçi Rota Planlama. *Otomatik Kontrol Toplantısı*, 11-13 Eylül 2014, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Gong X, Hou Z C, Zhao C J, Bai Y and Tian Y T, 2012. Adaptive backstepping sliding mode trajectory tracking control for a quad-rotor. *International Journal of Automation and Computing*, 9(5):555-560.
- Krajnik T, Vonasek V, Fiser D, Faigl J, 2011. AR-Drone as a Platform for Robotic Research and Education. In: *Research and Education in Robotics: EUROBOT*, Heidelberg, Springer.
- Madani T, Benallegue A, 2006. Backstepping Control for a Quadrotor Helicopter. *Proceedings of IEEE/RSJ. International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 9-15 October 2006, Beijing, China.
- Mohammadi M, Shahri A M, 2013. Modelling and Decentralized Adaptive Tracking Control of a Quadrotor UAV. *RSI/ISM International Conference on Robotics and Mechatronics*, 13-15 February 2013, Tehran, Iran.
- Özbek N S, Önkol M, Efe M Ö, 2014. Döner kanat Tipinde Bir İnsansız Hava Aracının Farklı Yöntemlerle Kontrolü ve Performans Analizi. *Otomatik kontrol Toplantısı*, 11-13 Eylül 2014, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Saif A-W A., Dhaifullah M, Al-Malki M, El Shafie M, 2012. Modified Backstepping Control of Quadrotor. *The 9th International Multi-Conference on Systems, Signal and Devices*, 20-23 March 2012, Chemnitz, Germany.
- Schreier M, 2012. Modelling and Adaptive Control of a Quadrotor. *Proceedings of IEEE. International Conference on Mechatronics and Automation*, 5-8 August 2012, Chengdu, China.
- Suiçmez E, 2014. Trajectory Tracking of a Quadrotor Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Via Attitude and Position Control. A Thesis Submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, 131s.
- Tong S, Li H X, 2003. Fuzzy adaptive sliding-mode control for MIMO nonlinear systems. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 11(3):354-360.
- Zhao B, Xian B, Zhan Y, Zhang X, 2015. Nonlinear Robust Adaptive Tracking Control of a Quadrotor UAV Via Immersion and Invariance Methodology. *IEEE Transaction on Industrial Electronics*, 62(5):2891-2902.

Evolution of a Junction Traffic Management Measures Using Microsimulation Model

Osman Ünsal BAYRAK¹, Halim Ferit BAYATA², Fatih HATTATOĞLU¹, Muhammet Ali ÇOLAK²

ABSTRACT: Travel efficiency and traffic safety of unsignalized intersections are two main objectives considered in traffic management. Microscopic simulations are widely used in transportation operations and management analysis because “simulation is safer, less expensive and faster than field implementation and testing”. VISSIM is a microscopic traffic simulation program. The heaviest traffic volume and annually average 15 accidents occurred in Atatürk University campus that connect Çat Road to Hospital named as Teknokent Junction was studied. Field observations were simulated in VISSIM. Signalization program and geometric changes were proposed and applied in the field. After the application, no traffic accident was observed in the junction for 1,5 years. Applied right turn island minimized the delay time for the arms.

Keywords: Junction, microsimulation, traffic accident, traffic management, VISSIM



Mikrosimülasyon Kullanılarak Bir Kavşağın Trafik Yönetim Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

ÖZET: Trafik yönetiminde ele alınan iki ana amaç sinyalizasyon olmayan kavşaklardaki trafik güvenliği ve yolculuk verimliliğidir. Mikroskopik simülasyonlar ulaşım projelerinde ve yönetiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar çünkü simülasyon güvenlidir daha ekonomiktir ve arazi uygulama ve denemelerinden daha hızlıdır. Bu çalışmada Atatürk Üniversitesi Kampüsündeki en yoğun trafik hacmine sahip ve yıllık ortalama 15 kazanın olduğu Teknokent Kavşağı incelenmiştir. Araziden elde edilen ölçümler VISSIM programı ile simüle edilmiştir. Farklı sinyal programları ve geometrik düzenlemeler önerilmiş ve uygulanmıştır. Uygulamalardan sonra ilgili kavşakta 1,5 yıldır herhangi bir kaza olmamıştır. Önerilen ve uygulanan sağa dönüş adaları kollarındaki gecikmeleri minimize etmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kavşak, mikrosimülasyon, trafik kazaları, trafik yönetimi, VISSIM

¹ Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Erzurum, Türkiye

² Erzincan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Erzincan, Türkiye
*Sorumlu yazar/Corresponding Author: Osman Ünsal Bayrak, oubayrak@atauni.edu.tr

INTRODUCTION

Comfort and safety are two primary goals of transportation engineering. Traffic accidents are one of the leading causes of injuries in Turkey. The public agencies are working intensively to reduce the accidents and traffic accidents placing a huge financial burden on society (Abdel-Aty and Radwan, 2000). There are two major factors usually playing an important role in traffic accident occurrence. The first is related to the driver and the second is related to the roadway design (Peden, 2004). The junction geometry and signalization should be investigated for the roadway design to traffic accident (Golias, 1997).

Data traffic collection and analysis are extensively required by traffic engineers for traffic control and management (Fathy and Siyal, 1997). Modern urban areas are witnessing increasing traffic congestion due to high car ownership rates and a strong dependency on private cars. Junctions often pose the main bottleneck in urban traffic networks resulting in capacity flow on the network links and excessive delays. A continuous expansion of the infrastructure cannot remain as the go-to solution to these problems due to land-use, environmental and financial limitations. An alternative is the use of traffic control strategies that are adaptable to prevailing traffic conditions. Such methods can provide a safe and feasible solution to traffic congestion problems through the efficient and intelligent use of the network (Aw and Rasclé, 2000).

Traffic management is the term used to describe a wide range of technical practices undertaken to manage the traffic across networks, which include prioritization, slowing down (Shankar et al., 2013). As the number of vehicles and pedestrians grow, the roads which were designed long time ago remain the same. Area traffic management contains a process and a set of measures used to ensure that the streets within neighborhoods are used appropriately.

There are different active traffic management techniques such as Speed Harmonization, Queue Warning, Junction Control, Hard Shoulder Running, Dynamic Rerouting and Travel Time Signs (Abdel-Aty et al., 2010). Each of them has several benefits such as maintaining flow and reducing risk of collisions, effective utilization of available roadway capacity and reduction of the likelihood of the speed differentials

and collisions related to queuing, effective utilization of available roadway capacity and management of traffic flows to reduce the congestion, minimization of recurrent congestion and managing the traffic during incidents, effective utilization of available roadway capacity by redirecting traffic to less congested facilities, allowing better en-route decisions by travelers. Gladys (2009) observed that traffic management measures are usually evaluated by using Moving Car Surveys to get data on journey time, journey speeds, time spent when stopped, time spent when delayed, and as a proxy for fuel consumption, the number of stops for vehicles (Shankar et al., 2013). Flaherty has observed that regulatory traffic management has its basis in law, and uses mandatory and prohibitory traffic signs and markings to inform drivers regarding what they must and must not do in relation to speed, movement and waiting (Flaherty, 2000).

Microscopic simulations are widely used in transportation operations and management analysis because “simulation is safer, less expensive and faster than field implementation and testing” (Park and Schneeberger, 2003; Burghout and Wahstedt, 2007; Truong et al., 2015). It is a useful tool to effectively analyses and evaluate the proposed improvements and alternatives. For instance, an intersection can be simulated for different signal timing plans, changing geometries of the junction, different peak hour volumes and its effects found before implementing it.

Simulation models are widely used to analyze the traffic networks in different modes of transportation and various general or specialized simulation packages have been employed. In the past years, microsimulation techniques have been used widely by transportation researchers to evaluate and compare the operational performance of design alternatives. (Gomes et al., 2004; Laufer, 2007; Hollander and Liu, 2008; El Esawey and Sayed, 2011). Microsimulation models include variable behavior of drivers at a level of each particular entity, and the reality of modelling results depends on the initial choice of the model and success of the calibration process (Ištoka Otković et al., 2013). Recently, some studies have confirmed that the reproduction by simulation of user behaviour under different flow and geometric conditions can identify a potential incident hazard and allow to

take appropriate counter measures at specific points of the road network (Cunto and Saccomanno, 2007; Cunto and Saccomanno, 2008; Saccomanno et al., 2008). Microscopic traffic simulators are probably the most powerful and versatile traffic analysis tools for individual vehicle movements along roads and through junctions in a network (Bell et al., 2012). Several traffic microsimulation models such as VISSIM, PARAMICS and AIMSUN provide an opportunity to assess the impact of transit signal priority (Stevanovic et al., 2008).

VISSIM is a microscopic multimodal traffic simulation model. It can assign behaviour to individual vehicles as they circulate from their origin to their destination (Martínez et al., 2011; Sun et al., 2013). Furthermore, most of the macroscopic features can also be analysed because of the microscopic rules calibration. Besides, different transportation modes and their interactions can be modelled (García et al., 2011). VISSIM can be applied to multiple scenarios such as mobility studies, intelligent traffic systems, traffic management and control systems (Fellendorf and Vortisch, 2001). Brain et al. (2007) compared VISSIM and other simulation models. It was observed that VISSIM is more efficient in modelling the interaction of various modes of transit with automobile traffic (Shankar et al., 2013).

The objective of the study is to manage the Teknokent junction with measures to be implemented in the study area. Unsignalized Teknokent junction was modelled by microsimulation program, VISSIM. In the present model, signalization program and right turn island is proposed for the junction.

MATERIAL AND METHOD

Study Area

Ataturk University located in Erzurum in the east of Turkey is a campus with about 2 million m² campus area. The study area which has the heaviest traffic volume in campus that connects Çat Road to Hospital named as Teknokent Junction was selected as shown in Figure 1. The traffic volume is established from the vehicles both coming to campus faculties and hospital. This junction was a typical four arm intersection with two lanes per direction on

the main and two lanes each way on the secondary road. Teknokent junction, which has 4 unsignalized arms, serves heavy volume during the peak hours. The Çat Road to Hospital connection is very intensive in morning peak hours and the Dorm to Pharmacy Faculty connection is very intensive in evening peak hours. Generally the traffic congestion occurs during working hours, working out hours and hospital opening and closing hours. Although there is no park restriction on the Teknokent Junction, there is no parking around the junction. The traffic composition is composed highly of public transportation and cars. Because of this, junction was not signalized, there were annually 15 traffic accidents occurred. Although the traffic volume of the junction during morning peak hour and evening peak hour are different, the most intensive route has averagely 1000 - 1500 vehicles per hour. High congestion, lack of safety and traffic accidents were observed at Teknokent junction.



Figure 1. Study Area

Data Collection and Analysis

Traffic data collection and analysis is widely required by traffic engineers for traffic control and management. Various preliminary investigations, road and public transport inventories, traffic volume counts, intersection traffic volume counts, speed and delay studies were conducted in the network area during morning and evening peak hours. Once data collection was done, data were analyzed and modal split graphs, frequency of vehicles have been found. These outputs were used as input data in the micro simulation software VISSIM.

The analysis of traffic flow at the signalized intersection was recognized as one of the most important concerns faced by the traffic engineering profession, since the amount of delay that occur at such intersections can render an otherwise excellent highway design inadequate. Estimating and developing means of avoiding vehicular delay at signalized intersection

is a problem that is particularly well suited to queuing analysis techniques. Hence, traffic engineers have valuable analytic methods available to arrive at efficient signal designs at intersections.

Data was gathered, during 2014, at Teknokent junction by means of one-hour video camera recordings (Figure 2 and 3).

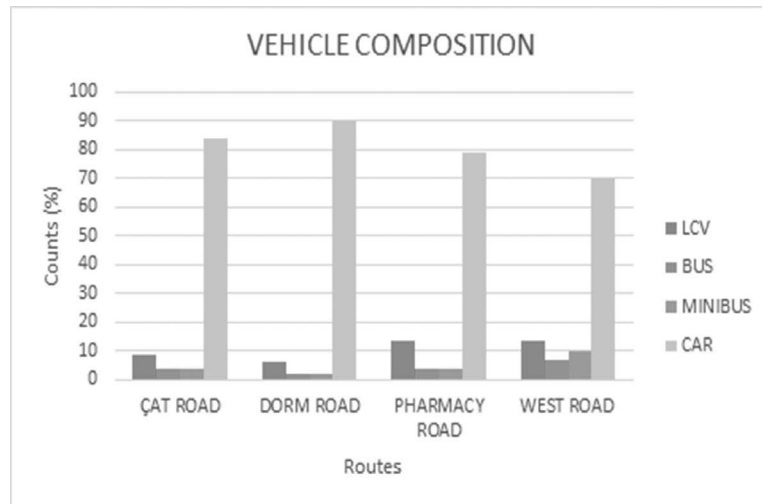


Figure 2. Vehicle Composition of the Junction for All Arms

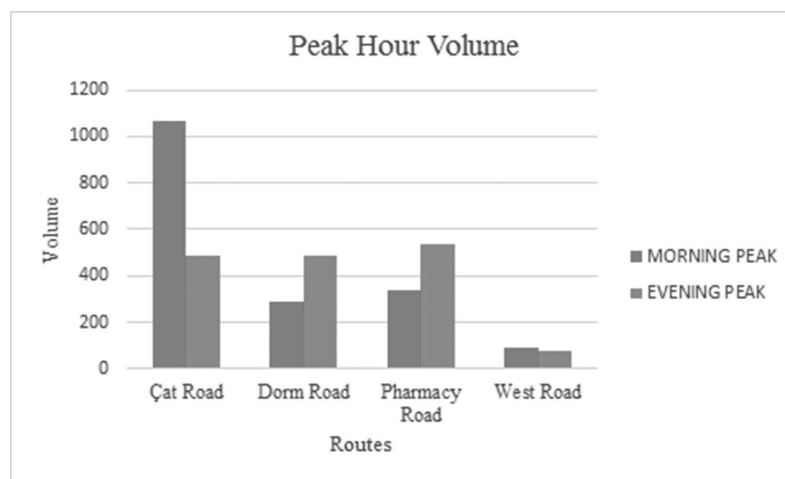


Figure 3. Peak Hour Volumes for Morning and Evening

High volumes are found between Çat Road and Pharmacy Road route for morning peak and also Pharmacy Road and Çat Road for evening peak. Cars, lightweight commercial vehicles (LCV), contribute to higher percentage of the modal share with an average of 80% cars and 11% LCV. After the physical inventory,

few measures like junction control, signalization of intersection, routing, roundabout, right turn islands and U-turn were found to be adaptable for the study area.

Transportation area was modelled in VISSIM. This data along with the traffic data helps to understand the deficiencies in the existing capacity with an effort

to address the need and requirements of the existing demand. These details were prepared using the image from Google maps as background.

Travel time and queue length characteristics along the critical road sections of the area were collected by the experts. This data provides the basis for better understanding and identifying the traffic bottlenecks in the routes.

Model Development and Calibration

After the data collection and analysis, a model is developed according to the field conditions. Volume at peak hour, modal split, road inventory of the study area are the inputs required. Once the model is developed, it is very important to calibrate the model for reliable results. In this model Geoffrey E. Havers (GEH) formula was used for volume calibration (Shankar et al., 2013). The volumes from model can be obtained using data collection point parameter in VISSIM.

Havers developed a continuous volume tolerance formula. Although its mathematical form is similar to a chi-squared test, it is not a true statistical test. Rather, it is an empirical formula that has been proven useful for a variety of traffic analysis purposes (de Dios Ortuzar and Willumsen, 1994). The network is said to be calibrated if the GEH value obtained from the formula is less than 5 for 85% of the links and $GEH < 4$ for sum of all link counts. After the model is calibrated, simulation is run to find the deficiencies in the model in terms of high queue lengths, higher travel times, more number of stops, higher delays and stopped delays.

$$GEH = \sqrt{\frac{2(ObsVal - SimVal)^2}{ObsVal + SimVal}} \quad (1)$$

Here:

ObsVal : Observed value obtained from field

SimVal : Simulation value

The study junction was unsignalized and unorganized (Figure 4), hence there were so many conflicts between the arms. There was annually an average of 15 accidents per year. Vehicle composition of the junction for all arms and peak hour volumes for morning and evening in the Teknokent Junction was shown in Figure 2 and 3. In the study area, Çat Road is

the most intensive arm of the junction and an average of 1064 vehicles pass through this arm during the morning peak hour (07:30 - 08:30). Further, approximately 450- 550 vehicles pass through Çat Road, Dorm Road and Pharmacy Road in the evening peak hour (16:00 - 17:00).



Figure 4. Unsignalized Teknokent Junction

Safety performance measures can be obtained either through simulation (based on well specified or calibrated traffic models) or experimentally through observational vehicle tracking data. Accurate calibration of the traffic models ensures that simulated measures of safety performance are reflective of the “real world” traffic conditions. The microscopic model, for a case study, allows the estimation of road safety performance through a series of indicators, representing interactions in real time between different pairs of vehicles belonging to the traffic stream (Guido et al., 2011).

Only travel time was measured at unsignalized junction for all arms. Queue length, number of stops and delay could not be measured due to unsignalized junction. Moreover, vehicles were stopped in the conflict area between the links. The vehicles coming from Çat Road had very high speed. Therefore, traffic accidents occurred in this intersection points. These accidents occurred in the intersection point between Çat Road and Dorm Road according to accident records.

Firstly, roundabout type junction (radius is greater than 21 m) was planned for this junction. However, the land use of the area is limited for roundabout application, because the elevations of the arms of junction are so different from ground to applicate roundabout. The area needs a high landfill for roundabout. Hence, it was neither an economical nor a rapid solution.

Secondly, the intersections were proposed to be made signalized. Signalized junction was planned and simulated by VISSIM for the junction. Travel time, delay and queue length were used as performance criteria. Two right turn islands were established in the model for Çat Road to Dorm Road and Pharmacy Road to West Road connection as seen in Figure 5. Further, U-turn area was created for the vehicles on Dorm Road before they reach the junction (Figure 5).

The signalization was applied to each arm and inner side of the junction (Figure 6). The reason for the application of inner signalization was the driving behaviour of Turkey, because, drivers in Turkey pass at the end of the amber and during the first second of the red time. Hence, there was a conflict between the cars passed during green and the cars turned left. Six signal groups were allowed for the junction given in Figure 6. Signal times and phasing were determined as several alternatives (Figure 6 - 7).

Two different signalization programs were held in the morning and evening hour, because there was a big

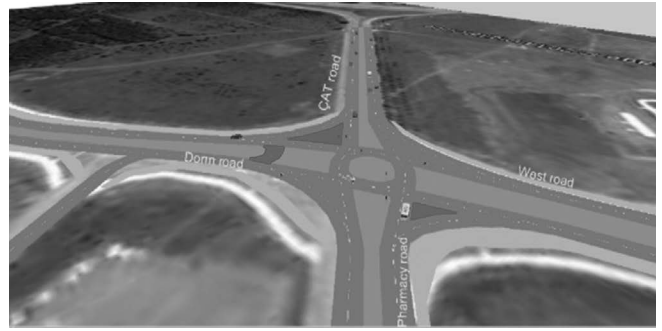


Figure 5. Established Model for Teknokent Junction



Figure 6. Signalization at Teknokent junction for Çat Road arm

difference in the number of vehicles in the morning and evening hours, especially on the Çat Road.

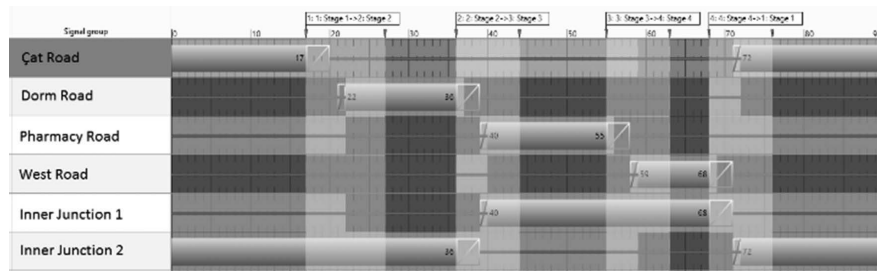


Figure 7. Signal Times for Evening Peak

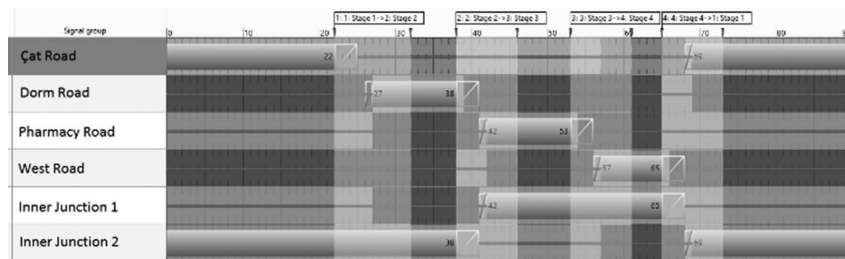


Figure 8. Signal Times for Morning Peak

RESULTS AND DISCUSSION

Calibration details were given in Table 1. After the model is calibrated, simulation is run to find the

deficiencies in the model in terms of high queue lengths, average travel times and higher delays.

Table 1. Calibration Details of the Vissim Model

| Name of the route | Travel Time (s) | | | Queue Length (m) | | |
|--|------------------|-------------|------------|-------------------|-------------|------------|
| | Simulation Value | Field Value | GEH Volume | Simulation Values | Field Value | GEH Volume |
| Çat Road to Pharmacy Road (Morning Peak) | 55.37 | 75.50 | 2 | 56.09 | 70.37 | 2 |
| Çat Road to Pharmacy Road (Evening Peak) | 53.80 | 60.50 | 1 | 24.66 | 25.58 | 0 |
| Dorm Road to West Road | 90.69 | 99.50 | 1 | 26.15 | 36.6 | 2 |
| Pharmacy Road to Çat Road | 74.80 | 84.00 | 1 | 32.86 | 40.32 | 1 |
| Total links | 274.66 | 319.50 | 3 (<4) | 139.76 | 172.87 | 3 (<4) |

Table 1 shows the GEH values for the routes. According to Table 1, GEH values are smaller than 4 for the sum of all link counts. Hence the model is said to be calibrated.

The travel times, queue lengths and delays were evaluated for the implementation of traffic management measures. Because of the fact that two different

signalization programs were used, the measures were obtained for morning and evening.

The proposed junction management model was established in the study area (Figure 9-10). Real time measurements of the performance criteria parameters were obtained. Real time measurements were compared with the simulation results, as seen in Table 1.


Figure 9. Right Turn Island for Pharmacy to West Road Route And Signalization Application

Figure 10. Right turn island for Çat to Dorm Road route and U-turn for Dorm Road

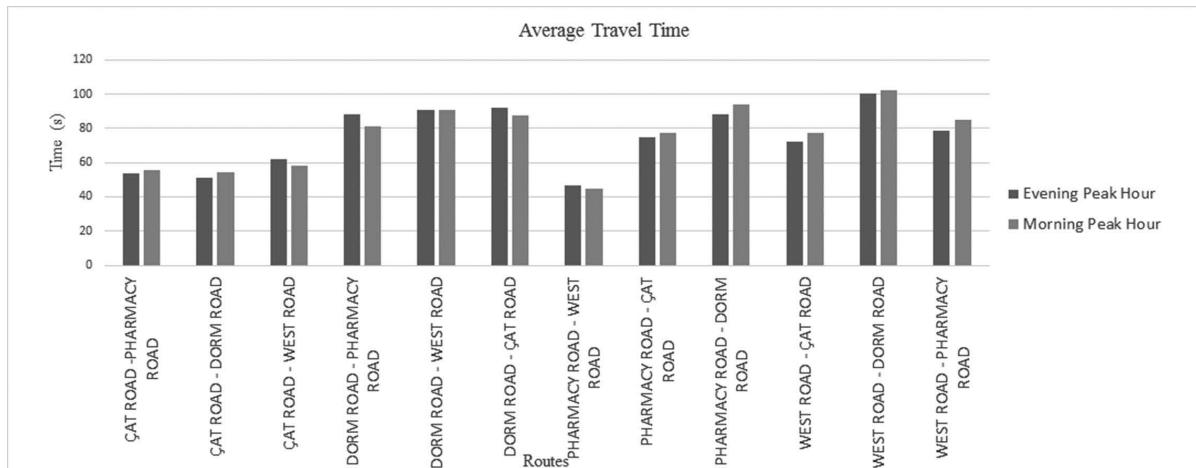


Figure 11. Travel Time for Morning and Evening Peak

In terms of travel time, similar periods of time were obtained depending on the morning and evening peak hours (Figure 11). Although the number of vehicles in traffic in the morning and evening is different, the travel time was not increased due to two different signal

programs. For the travel time calculations, the route lengths were 590 m and 795 m for Çat Road and Dorm Road, respectively. Maximum travel time was observed from West Road to Dorm Road.

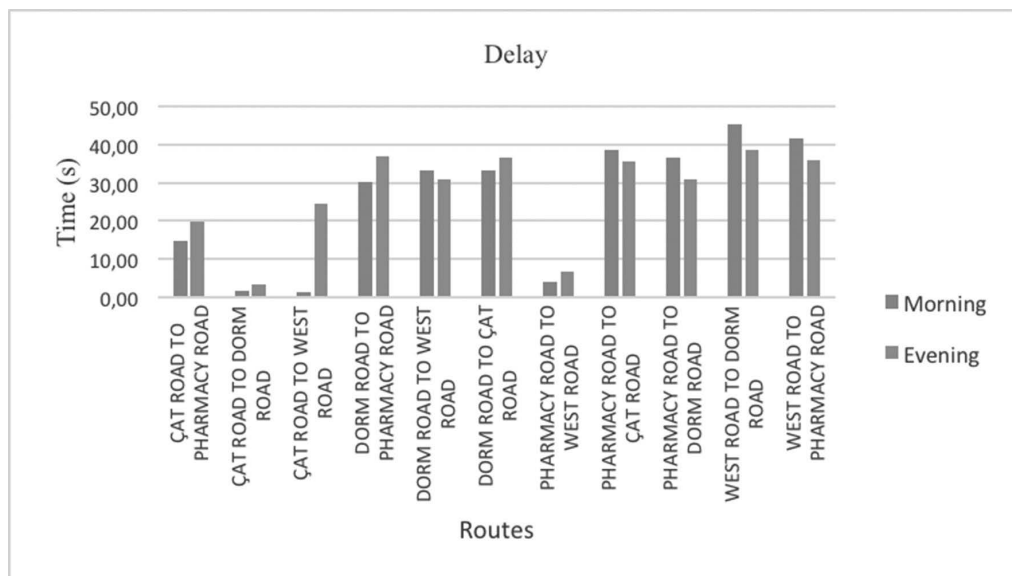


Figure 12. Average Delay for Morning and Evening Peak

In Figure 12, maximum delay values were determined on the West Road to Dorm Road route, because the longest red signal period was in this arm. The delay values were similar in morning and evening peak hour. The delay time was greater in the arms

that have greater vehicle density, i.e. Çat Road and Pharmacy Road. By designing a right turn island on Çat Road to Dorm Road and Pharmacy Road to West, delay time was minimized.

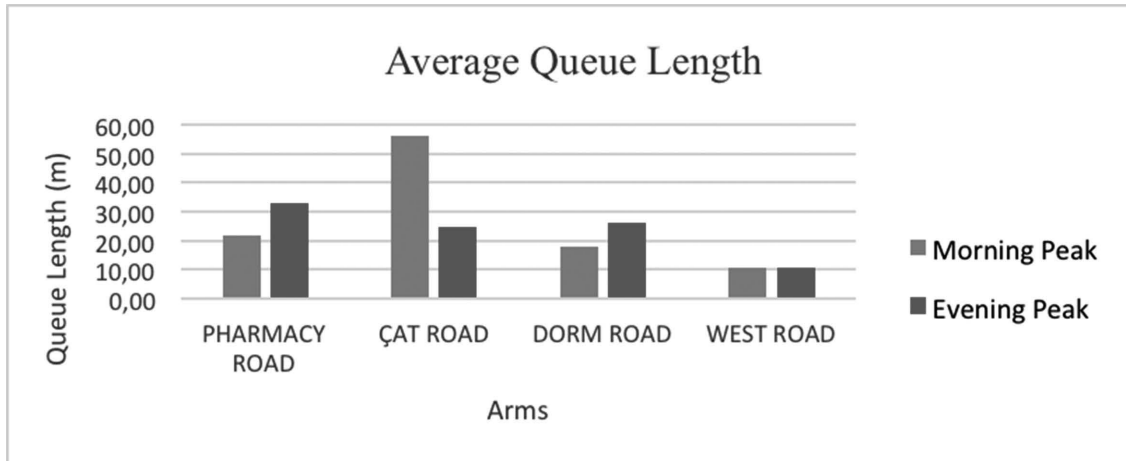


Figure 13. Queue Length for Morning and Evening Peak

According to the Figure 13, especially for Çat Road, a quite long queue occurred in the morning peak. Çat Road has 60% of the total number of vehicles in the morning peak for Teknokent Junction. Therefore the longest queue length was expected to occur on Çat Road. However, this queue was totally discharged in green signal time according to the field observations. Other arms had approximately 20m queue length and also were discharged in green signal time for morning peak. All arms had similar queue length in the evening peak except for the West Road. The arms that have the longest queue length were the arms which have public transportation vehicles.

After the proposed model was established in the study area, no traffic accident was observed for four months. This situation is the most important output for the established model.

CONCLUSION

- The final conclusions being reached can be summarized as follows:
 - Signalized junction was planned and simulated by VISSIM for the junction
 - Established right turn islands minimized the delay time.
 - All arms were discharged in green signal period.
 - Two signal programs were used due to different vehicle compositions for morning and evening peak.
 - Similar periods of travel time were obtained depending on the morning and evening peak hours.

- No traffic accident was observed during the implementation of established model.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by Research Fund of Erzurum University. Project Number: 12.01.17 and Research Fund of Atatürk University Project Number 2014/256. The authors would like to thank Atatürk University for the field applications.

REFERENCES

- Abdel-Aty and Radwan AE, 2000. Modeling traffic accident occurrence and involvement. *Accident Analysis & Prevention*, 32: 633-642.
- Abdel-Aty M, Pande A and Hsia L, 2010. The concept of proactive traffic management for enhancing freeway safety and operation. *ITE journal*, 80: 34-41.
- Aw A and Rasclé M, 2000. Resurrection of "second order" models of traffic flow. *SIAM journal on applied mathematics*, 60: 916-938.
- Bell MC, Galatioto F, Giuffrè T and Tesoriere G, 2012. Novel application of red-light runner proneness theory within traffic microsimulation to an actual signal junction. *Accident Analysis & Prevention*, 46: 26-36.
- Brain F, Joel C, Yang O, 2007. Comparison of VISSIM Model to Other Widely Used Traffic Simulation and Analysis Programs. *ITE Journal*, 56: 67.
- Burghout W and Wahstedt J, 2007. Hybrid traffic simulation with adaptive signal control. *Transportation Research Record*, No:1999-20, 191-197.
- Cunto F and Saccomanno FF, 2008. Calibration and validation of simulated vehicle safety performance at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 40: 1171-1179.
- Cunto FJC and Saccomanno FF, 2007. Microlevel traffic simulation method for assessing crash potential at intersections. In *Transportation Research Board 86th Annual Meeting*, 25 January 2007, Washington DC, United States.
- De Dios Ortuzar J and Willumsen LG, 1994. *Modelling transport*. Fourth Edition, Wiley, UK, 586 p .

- El Esawey M and Sayed T, 2011. Unconventional USC intersection corridors: evaluation of potential implementation in Doha, Qatar. *Journal of Advanced Transportation*, 45: 38-53.
- Fathy M and Siyal MY, 1997. Measuring traffic movements at junctions using image processing techniques. *Pattern Recognition Letters*, 18: 493-500.
- Fellendorf M and Vortisch P, 2001. Validation of the microscopic traffic flow model VISSIM in different real-world situations. In *Transportation Research Board 80th Annual Meeting*, 7-11 Jan. 2001, Washington D.C.
- Flaherty CA, 2000. Regulatory measures for traffic management. *Traffic management and collision investigation*, Mc hall, 450-464.
- García A, Torres AJ, Romero MA and Moreno AT, 2011. Traffic microsimulation study to evaluate the effect of type and spacing of traffic calming devices on capacity. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 16: 270-281.
- Gladys F, 2009. Traffic management and transport demand management. *The World Bank Distance Learning Course in Urban Planning*, 450-458.
- Golias J, 1997. Effects of signalisation on four-arm urban junction safety. *Accident Analysis & Prevention*, 29: 181-190.
- Gomes G, May A and Horowitz R, 2004. A microsimulation model of a congested freeway using VISSIM. *Proceeding Transportation Research Board 83rd Annual Meeting*, 12-13 Jan. 2004, Washington D.C.
- Guido G, Astarita V, Giofré V and Vitale A, 2011. Safety performance measures: a comparison between microsimulation and observational data. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 20: 217-225.
- Hollander Y and Liu R, 2008. The principles of calibrating traffic microsimulation models. *Transportation*, 35: 347-362.
- Ištoka Otković I, Tollazzi T and Šraml M, 2013. Calibration of microsimulation traffic model using neural network approach. *Expert systems with applications*, 40: 5965-5974.
- Laufer J, 2007. Freeway capacity, saturation flow and the car following behavioural algorithm of the VISSIM microsimulation software. In *30th Australasian Transport Research Forum*, 25 April 2007, Melbourne, Australia.
- Martínez MP, Garcia A and Moreno AT, 2011. Traffic Microsimulation Study to Evaluate Freeway Exit Ramps Capacity. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 16: 139-150.
- Park B and Schneeberger J, 2003. Evaluation of traffic signal timing optimization methods using a stochastic and microscopic simulation program. *Research report UVACTS-5-0-4*, Virginia Charlottesville, VA.
- Peden M, 2004. *World report on road traffic injury prevention*. World Health Organization Geneva, Italy.
- Saccomanno FF, Cunto F, Guido G and Vitale A 2008. Comparing safety at signalized intersections and roundabouts using simulated rear-end conflicts. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2078: 90-95.
- Shankar K, Prasad C and Reddy T, 2013. Evaluation of Area Traffic Management Measures Using Microscopic Simulation Model. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 104: 815-824.
- Stevanovic J, Stevanovic A, Martin PT and Bauer T, 2008. Stochastic optimization of traffic control and transit priority settings in VISSIM. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 16: 332-349.
- Sun DJ, Zhang L and Chen F, 2013. Comparative study on simulation performances of CORSIM and VISSIM for urban street network. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 37: 18-29.
- Truong LT, Sarvi M, Currie G and Garoni TM, 2015. Required traffic microsimulation runs for reliable multivariate performance estimates. *Journal of Advanced Transportation*, Published online in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/atr.1319.

Kalsiyum Oksalat Monohidrat Kristal Büyümesine Karahindiba (*Taraxacum Officinale*) Bitkisinin Etkisinin İncelenmesi

Emel AKYOL¹

ÖZET: Böbrek taşları günümüzde önemini koruyan, yaygın bir hastalıktır. Böbrek taşı, aşırı doymun ürün içerisinde kalsiyum oksalat monohidrat kristallerinin renal papillalardaki epitel hücrelerde çekirdeklenme, büyüme ve çökme aşamalarından oluşan bir kristalizasyon prosesidir. İlerleyen teknolojiye rağmen böbrek taşlarının tekrarlanabilirliğinin yüksek olması ile tıbbi ve cerrahi tedavilerin yüksek risk faktörleri taşıması geleneksel yöntemlerde yeni arayışlara sebep olmuştur. Bu çalışmada, biyomineralizasyon açısından oldukça önemli olan kalsiyum oksalat kristalizasyonuna doğal katkı maddesi olarak Karahindiba (*Taraxacum officinale*) bitki ekstraktının in vitro koşullarda etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kalsiyum oksalat, katkı maddesi, karahindiba, kristalizasyon



Investigation of the Effect of Dandelion Plant (*Taraxacum Officinale*) on Calcium Oxalate Monohydrate Crystal Growth

ABSTRACT: The formation of kidney stones is a common disease. It has accepted that the formation of kidney stones is a process that consist of nucleation, growth and aggregation of calcium oxalate monohydrate crystals on epithelial cells at renal papillae in super saturated urine. In spite of the technological developments, the high recurrence rate of kidney stone formation and the risk factors of all available surgical and medical treatments for kidney stone disease cause new researches in traditional methods. In this study, the effects of dandelion (*Taraxacum officinale*) plant extract as a natural additive on crystallization of calcium oxalate, which have great importance in biomineralization, were investigated in vitro.

Keywords: Additive, calcium oxalate, crystallization, dandelion

¹ Yıldız Technical University, Kimya Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği, İstanbul, Türkiye
Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Emel AKYOL, eakyol@yildiz.edu.tr

GİRİŞ

Kalsiyum oksalat monohidrat kristalleri üriner bölge ve böbrekte oluşan taşların ana bileşenini oluşturduğundan, biyolojik mineralizasyonda ilgi çeken önemli bir araştırma konusudur (Millan et al., 1997; Opalko et al., 1997; Bernard-Michel et al., 1999; Akyol and Oner, 2007; Akyol and Oner, 2014;).

Doğada, kalsiyum oksalat üç farklı hidrat yapıda bulunmaktadır. Monoklinik kalsiyum oksalat monohidrat ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, COM ya da whewellite) termodinamik açıdan oda sıcaklığında en kararlı olan yapıdır. Tetragonal kalsiyum oksalat dihidrat ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, COD ya da weddellite) ve triklinik kalsiyum oksalat trihidrat ($\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, COT ya da caoxite) termodinamik açıdan oda sıcaklığında yarı kararlı yapıdır. Monoklinik COM ve tetragonal COD böbrek taşlarında ana yapı olarak bulunur. COT yapısı ise böbrek taşında çok nadir olarak bulunur (Sheehan, 1981).

Oluşum nedeni tamamlanamamakla beraber, coğrafi faktörler, ırk, cinsiyet ve beslenme alışkanlıklarının taş oluşumunda etkili olduğu belirtilmiştir (Miller, 1996). Uriner taş oluşumu kristalizasyon engelleyicilerinin yokluğu, kristalizasyonu artırıcı maddelerin varlığı ve bazı morfolojik faktörlerden etkilenmektedir. Kristalizasyon engelleyiciler üriner taş sistemi için kritik öneme sahiptir. Günümüzde böbrek taşlarının büyük çoğunluğunu ortadan kaldıracak etkin tedavi yolları bulunsa da bu problem pek çok insanı etkilemeye devam etmektedir (Munoz and Valiente, 2005).

COM kristallerinin çökmesi ve büyümesinin engellenmesi ya da COM çekirdeklerinin daha az kararlı bir yapı olan kalsiyum oksalat dihidrat (COD) kristallerine dönüştürülmesi böbrek taşı gelişimini önlemektedir (Jung et al., 2005). Daha önce yapılan birçok çalışmada, COD yapısındaki kristallerin kolaylıkla idrar ile vücuttan dışarı atıldığı belirlenmiştir (Yu et al., 2005). Böbrek taşı tedavisinde kullanılan cerrahi yöntemlerin, ilaç tedavilerinin ağırlı ve yüksek maliyetli olmasının yanında geleneksel olarak kullanılan bitkilerin doğal ve zararsız olduklarının düşünülmesi son yıllarda bitkisel ilaçlara olan ilginin artmasına neden olmuştur (Akyol et al., 2016).

Hindiba, anavatanı Türkiye olan şifalı bir bitkidir. Ülkemiz hindiba üretimi için dünyada en iyi coğrafi ve iklim şartlarına sahip olmasına karşın en çok ekimi ve

tüketimi Avrupa’da özellikle İsviçre’de görülmektedir. İyi bir idrar söktürücü ve bağırsak yumuşatıcı olan bu bitki müzmin romatizma, gut, böbrek ve safrakesesi hastalıklarına da iyi geldiği bilinmektedir. Besleyici değeri oldukça yüksek olan Karahindiba, % 5’e varan yüksek bir oranda potasyum içermesinden dolayı, en iyi doğal potasyum kaynaklarından biridir. A vitamini, C vitamini ve nikotik asit ile kalsiyum ve türlü mineraller yönünden de zengindir. Ayrıca, torexacin, retinol, levulin, inulin gibi bileşikler içerir (Anonim, 2016). Karahindiba kristalizasyon engelleyici olarak etkili olduğu düşünülen fenolik asit bakımından da zengin bir bitkidir (Oliveira et al., 2013; Ivanov, 2014).

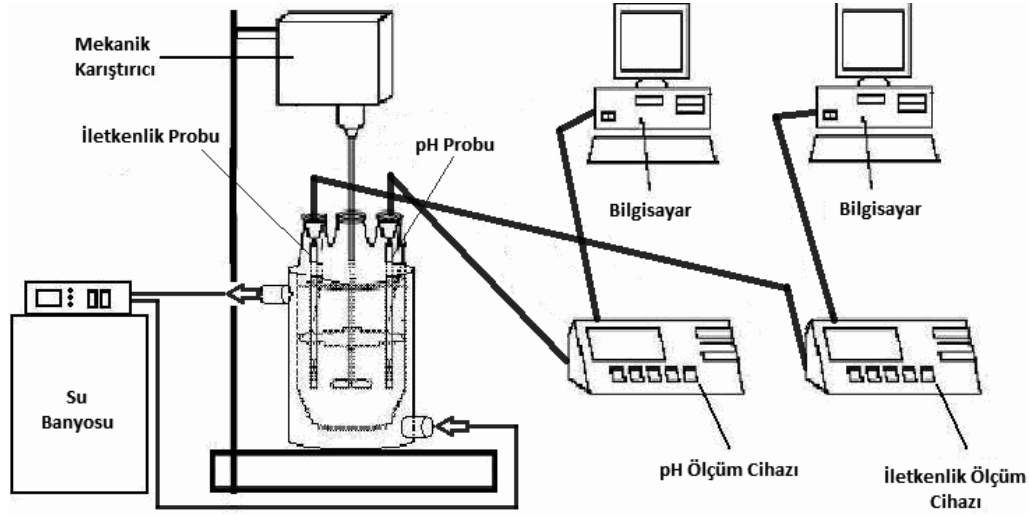
Bu çalışmada, ciddi bir klinik sorun olduğu için biyomineralizasyonda araştırmacıların ilgisini çeken idrar ve böbrek taşı sorununun çözümüne katkı sağlamak amacıyla doğal katkı maddesi olarak karahindiba (*taraxacum officinale*) ekstraktının kalsiyum oksalat monohidrat kristal kinetiği ve morfolojisine etkisi laboratuvar ortamında (in vitro) incelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Yapılan deneylerde kimyasal olarak kalsiyum klorür ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (J. T. Baker), sodyum oksalat ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) (J. T. Baker) kullanılmıştır. Doğal katkı maddesi olarak karahindiba otu kullanılmıştır. Yapılan deneylerde 10 gram Karahindiba otu 100 ml su içerisinde 10 dk. kaynatılıp ekstraktı elde edilmiştir. Kristalizasyon deneyleri sırasında ise 1 L hacimli çift cidarlı cam reaktörde yapılmıştır. Deneylerin gerçekleştirildiği sistemin ısısının sabit tutulması amacıyla otomatik kontrollü su banyosu (Kerman Omron E5CSV) ve kullanılan çözeltilerin istenilen sıcaklığa getirilmesinde ise manyetik karıştırıcı ısıtıcı (IKA RCT Basic) kullanılmıştır. Konsantrasyonun her noktada aynı olması amacıyla deneyler sırasında mekanik karıştırıcı (Yellowline OST 20 Basic) kullanılmıştır. Çözeltiler ultrasonik banyoda (Bandelin Sonorex RK 100 48 H) çözündürülmüştür. Reaktör içindeki sıcaklık ve iletkenlik değerleri iletkenlik ölçer (WTW Series inolab Cond-730) cihazı ile takip edilmiştir. Yapılan kristalizasyon deneyleri süresince veriler belirli aralıklar ile bilgisayar (IBM) üzerinde “Multi-Lab pilot” programı kullanılarak depolanmış ve değişim grafikleri elde edilmiştir. Deneyler süresince sıcaklık insan vücut sıcaklığı temel alınarak 37 ± 0.1 °C’da sabit tutulmuştur. Kalsiyum oksalat

kristalleri, kalsiyum klorür ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ve sodyum oksalat ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$) çözeltilerinin karıştırılması ile elde edilmiştir. Çözeltiler kullanılmadan önce ultrasonik banyoda 3'er dakika bekletilmiştir. Deneyde ilk olarak $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ başlangıç çözeltilerinin her birinden 6.5×10^{-4} M hazırlanmıştır. Bu çözeltilerden

300'er ml alınmıştır. Alınan çözeltiler önce ultrasonik banyoda bekletilip sonra 37 ± 0.1 °C' ye kadar ısıtılmıştır. Çözeltilerin karışımına sırasıyla 0.5, 1 ve 5 ml değerlerinde karahindiba otu ekstraktı eklenmiştir. Deney düzeneği Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kristalizasyon deney düzeneği.

Kalsiyum konsantrasyonunun zamanla değişimini incelemek amacıyla farklı konsantrasyonlardaki numune örnekleri Atomik Absorpsiyon Cihazı (PerkinElmer AAnalyst 200) ile ölçüldü. Atomik Absorpsiyon cihazı ile yapılan ölçümler ile bu konsantrasyonlara karşılık gelen iletkenlik değerleri arasında grafik çizilerek iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki bağıntı bulunmuştur. Bitki ekstraktının etkinliği R_0/R değerlerine bakılarak değerlendirilmiştir. Kristalizasyon deneyleri üç kere tekrarlanmış ve ortalamaları alınmıştır. R_0/R oranı kalsiyum oksalat kristalizasyon hızının (R_0), katkı maddesi (karahindiba ekstraktı) kullanıldığı zaman ele geçen kristalizasyon hızına (R) oranı olarak alınmıştır. R_0/R oranının büyümesi katkı maddesinin COM büyümesini

engelleyici olarak etkinliğinin arttığını göstermektedir. Ayrıca kristal morfolojisini incelemek için Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) JEOL JSMSEM), XRD (PanalyticalX'pertProPW3040/60) ve FT-IR (Bruker Alpha-P) kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Katkı miktarlarının kristalizasyon hızına etkisi Çizelge 1'de, verilmiştir. Çizelge 1'de görüldüğü gibi katkı maddesi arttıkça R_0/R oranı artmıştır. Bu durum kristalizasyonun yavaşladığını göstermektedir. 5 ml karahindiba ekstraktı kristalizasyonu tamamen durdurmuştur.

Çizelge 1. Karahindiba ekstraktı miktarının kristalizasyon etkisi

| Karahindiba ekstrakt miktarı | R_0/R_i |
|------------------------------|--------------------------------|
| 0.1 ml | 1.67 |
| 0.25 ml | 2.41 |
| 0.5 ml | 6.73 |
| 1 ml | 19.1 |
| 5 ml | Kristalizasyon gözlenmemiştir. |

Kalsiyumoksalatkristalizasyonun katkı maddelerini etkisi çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir. Araştırmacılar inhibitörün kristalizasyonu engelleyici etkisini kristal yüzeyindeki aktif büyüme bölgelerine adsorpsiyonu olarak açıklamışlar ve kinetik sonuçların Langmuir adsorpsiyon modeline uygunluğunu göstererek bunu doğrulamışlardır (Sheehan, 1981).

Asidik moleküllerin kalsiyum oksalat kristallerinin çekirdeklenmesi, kristal büyümesi ve topaklanmasını engellediği daha önceki birçok çalışmada belirtilmiştir. (De Oliveira et al., 2013; Akyol et al., 2016). Karahindiba bitkisinde bulunan asidik gruplarının (fenolik asitlerin) kristalin aktif büyüyen yüzeylerine adsorpsiyonunun ve de $-COOH$ grupları ile Ca^{2+} kristalitlerinin etkileşiminin kalsiyum oksalat çökmesini engellediği düşünülmektedir.

Kristal yüzeyine direk temas eden ekstrakt içinde çözülmüş moleküllerin kristal yüzeyine adsorbe oldukları düşünülmektedir. Langmuir adsorpsiyon modelinde yüzeye bitişik çözelti tabakasındaki katkı maddesinin konsantrasyonu yığın fazdan daha yüksektir.

Gazlar için geliştirilen Langmuir izotermi adsorbe olan moleküllerin üniform dağıldıklarını varsaymaktadır. Literatürde farklı adsorpsiyon izotermi bulunmakla beraber teorik olarak az bir öneme sahiptir ve bu izotermilerin çoğu Langmuir izotermine indirgenebilir (Sheehan, 1981).

Katkı maddelerinin kristalin aktif büyüme bölgelerine adsorpsiyonu ile kristalizasyonu engellediğini ifade eden Eşitlik 1. kullanılarak düşük polimer konsantrasyonlarında $R_0/(R_0-R_i)$ ile $1/C_i$ arasında grafik çizilirse aralarında lineer bir bağıntı olduğu görülür.

$$\left(\frac{R_0 - R_i}{R_i}\right)^n = \alpha^n \theta_i \quad (1)$$

Adsorpsiyon aktif sitelerinin θ_1 değeri, Langmuir ve Temkin adsorpsiyon izotermiyle açıklanabilir (Kirboga and Oner, 2010).

Langmuir izotermi homojen adsorpsiyon için kullanılmaktadır. Bu izotermde, adsorpsiyonun adsorplayıcı katının yüzeyindeki tek bir tabaka ile sınırlı olduğu ve adsorplanan maddelerin katı yüzeyinde hareket etmediği varsayılmaktadır. Bu tek tabakadaki bağlayıcı siteler adsorplayıcının yüzeyine homojen olarak dağılmıştır ve hepsi aynı adsorpsiyon enerjisine sahiptirler (İleri ve Çakır, 2006; Çicek et al., 2007).

Adsorpsiyon aktif sitelerinin θ_1 değeri, Temkin adsorpsiyon izotermiyle de açıklanabilir (Kirboga and Oner, 2010). Temkin izoterm modelinde adsorbe olan maddeler arasındaki etkileşim göz önüne alınmaktadır. Çözelti içerisindeki tüm moleküllerin adsorpsiyon entalpisi dikkate alınarak geliştirilmiştir (Elkady et al., 2011).

$$\theta_i = \frac{KC_i}{1 + KC_i} \quad \text{Langmuir izotermi} \quad (2)$$

$$\theta_i = Z \ln C_0 + Z \ln C_i \quad \text{Temkin izotermi} \quad (3)$$

Bu eşitliklerde K , C_0 , Z sabitler olup C_i katkı miktarıdır. K , Langmuir sabiti ise şu şekildedir:

$$K = \frac{\exp Q_{diff}}{RT} \quad (4)$$

Bu eşitlikte Q_{diff} uygun adsorpsiyon sitelerinin θ_1 değerlerinin yerini tutan diferansiyel ısı değeridir. C_0 sabiti ise şu şekilde tanımlanır:

$$C_0 = \frac{\exp Q_{diff}^0}{RT} \quad (5)$$

Burada Q_{diff}^0 , θ_1 değerlerinin yerini tutan ilk ısı adsorpsiyonu değeridir.

Eşitlik 1.'in Langmuir ve Temkin izoterm Eşitlikleri 2. ve 3. ile birlikte kullanımı sonucunda, $n = 1$ için (kink) aşağıdaki denklemler kullanılır:

$$\frac{R_0}{R_0 - R_i} = \alpha^{-1} \left(1 + \frac{1}{KC_i}\right) \quad \text{Langmuir Kink} \quad (6)$$

$$\frac{R_0 - R_i}{R_0} = z \alpha (\ln C_0 + \ln C_i) \quad \text{Temkin Kink} \quad (7)$$

$n = 2$ için ise (terrace),

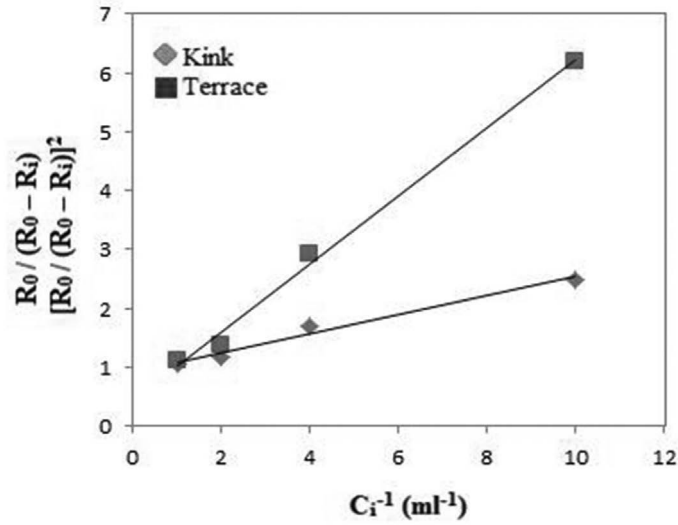
$$\left(\frac{R_0}{R_0 - R_i}\right)^2 = \alpha^{-2} \left(1 + \frac{1}{KC_i}\right) \quad \text{Langmuir Terrace} \quad (8)$$

$$\left(\frac{R_0 - R_i}{R_0}\right)^2 = z \alpha^2 (\ln C_0 + \ln C_i) \quad \text{Temkin Terrace} \quad (9)$$

denklemleri kullanılır (Kırboga and Oner, 2010).

Çizelge 1'deki kinetik veriler kullanılarak Langmuir izoterm eşitlikleri için (Eşitlik 6. ve 8.) Kink ve Terrace değerleri hesaplandı.

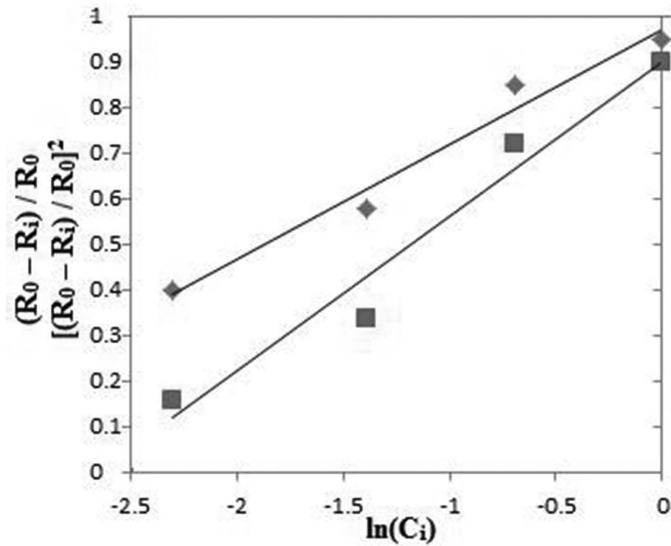
$R_0 / (R_0 - R_i)$ ve $[R_0 / (R_0 - R_i)]^2$ değerlerinin (C_i^{-1}) değerlerine karşı çizilen grafiği Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. $R_0 / (R_0 - R_i)$ ve $[R_0 / (R_0 - R_i)]^2$ değerlerinin (C_i^{-1}) değerlerine karşı grafiği

Çizelge 1'deki kinetik veriler kullanılarak Temkin izoterm eşitlikleri için (Eşitlik 7. ve 9.) Kink ve Terrace değerleri hesaplandı. $(R_0 - R_i) / R_0$ ve $[(R_0 - R_i) / R_0]^2$

değerlerinin $\ln(C_i)$ değerlerine karşı çizilen grafiği Şekil 3'de gösterilmektedir.



Şekil 3. $(R_0 - R_i) / R_0$ ve $[(R_0 - R_i) / R_0]^2$ değerlerinin $\ln(C_i)$ değerlerine karşı grafiği

Şekil 2 ve 3'deki grafiklerin eğim ve kesim noktalarından hareketle, Langmuir için Eşitlik 4. kullanılmış ve K ile Q_{diff} değerleri hesaplanmıştır. Temkin için ise Eşitlik 5. kullanılmış ve C_0 ile Q_{diff}^o değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmiştir.

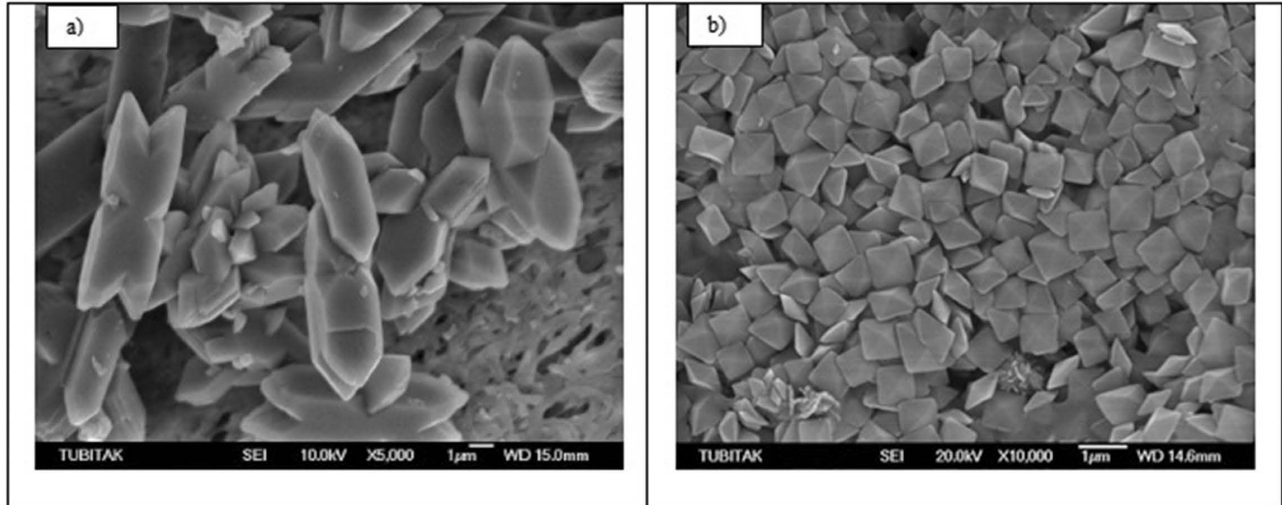
Kinetik verilerimizin kullanılan denklemler için ne derece uygun olduğu R^2 değerleriyle kanıtlanmıştır. Çizelge 2'de görüldüğü gibi Langmuir izoterminin Terrace modelinin R^2 değeri daha yüksek olduğundan bu izoterm modelinin kullanılması daha uygundur.

Çizelge 2. Karahindiba ekstraktı varlığında kalsiyum oksalat kristallerinin 37°C 'de büyümesine ait hesaplanan K , Q_{diff} ve Q_{diff}^o değerleri

| Adsorpsiyon Modeli | Langmuir İzotermi | | | Temkin İzotermi | | |
|--------------------|-------------------|------------|--------|-----------------|--------------|--------|
| | K | Q_{diff} | R^2 | C_0 | Q_{diff}^o | R^2 |
| Kink | 6.1767 | 4.6928 | 0.9775 | 47.1425 | 9.9309 | 0.9737 |
| Terrace | 1.7250 | 1.4052 | 0.9948 | 14.2662 | 6.8502 | 0.9643 |

Karahindiba ekstraktı ile gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen kristallerin morfolojileri ve boyutlarının incelenmesi amacıyla tarama elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak fotoğrafları çekilmiştir.

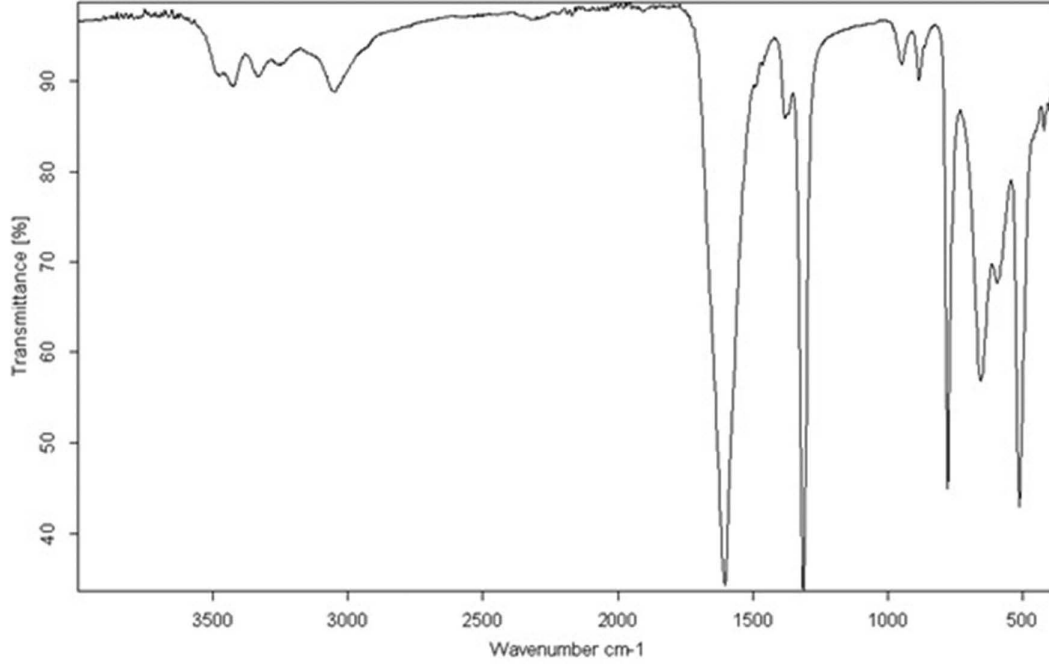
Ölçümler, SEM fotoğraflarından farklı bölgelerinden alınan 50 ile 150 arası kristal örneğinin ortalaması alınarak yapılmıştır.



Şekil 4. Katkısız (a) ve 1 ml karahindiba ekstraktı ile (b) elde edilen kalsiyum oksalat kristallerinin SEM görüntüsü

Katkı maddesi yokluğunda ve varlığında elde edilen kristallerin SEM görüntüsü Şekil 4'de verilmiştir. Katkı maddesi olmadan elde edilen kristallerin COM yapısında olduğu Karahindiba ekstraktı ile gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen kristallerin ise COD yapısında olduğu SEM ve FT-IR analizleriyle kanıtlanmıştır. Katkısız elde edilen kristallerin FT-IR görüntüsü

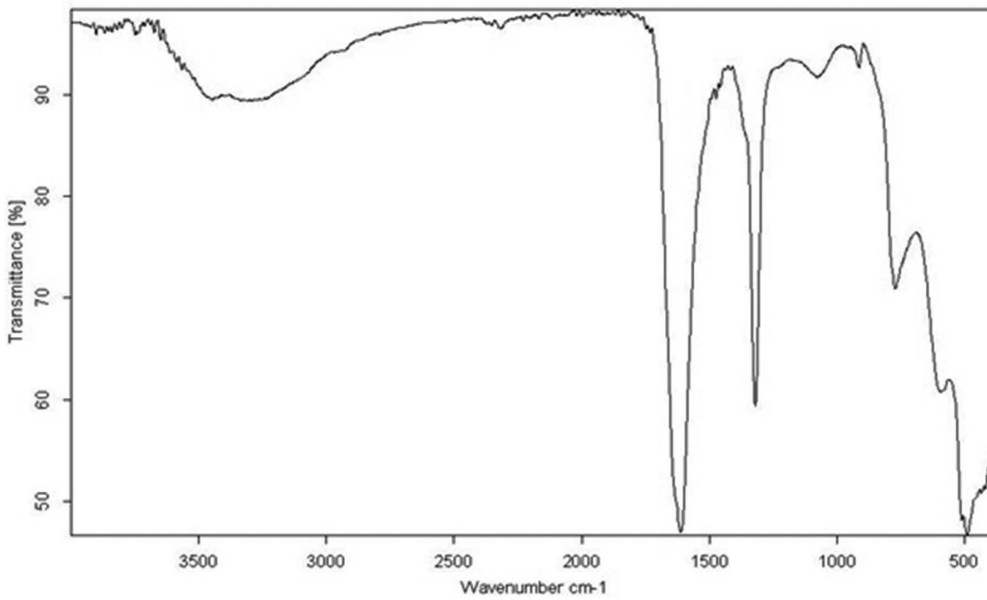
ise Şekil 5'de, 1 ml karahindiba varlığında elde edilen kristallerin FT-IR görüntüsü ise Şekil 6'da verilmiştir. $3000-3500\text{ cm}^{-1}$ bölgesinde COM'da su moleküllerinden kaynaklanan 5 zayıf pik bulunurken COD için yaklaşık 3477 cm^{-1} 'de belirgin tek bir pik bulunmaktadır. 949 cm^{-1} ve 885 cm^{-1} tipik COM pikleridir. 718 cm^{-1} ve 517 cm^{-1} civarındaki pikler O-C-O gruplarını göstermektedir.



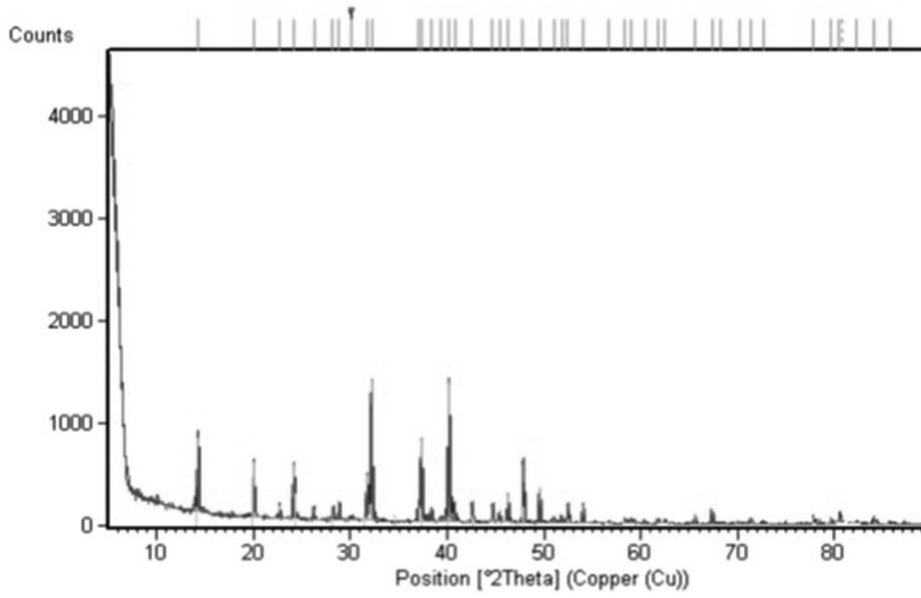
Şekil 5. Katkısız elde edilen COM kristallerinin FT-IR spektrumu

Sabit aşırı doymunluklarda morfoloji değişimlerini incelemek için SEM görüntülerinin yanı sıra 1 ml karahindiba ekstraktı kullanılarak yapılan deneylerden elde edilen numune X-ışını difraktometre analizi (XRD) ile de incelenmiştir. Analiz sonucu Şekil 7’de

görülmektedir. Analiz sonucunda incelenen karahindiba ekstraktı içeren numunenin piklerinin COD pikleri ile eşleştiği ve yapısının değiştiği XRD sonucu ile de ispatlanmış oldu.



Şekil 6. Karahindiba ekstraktı ile elde edilen COD kristallerinin FT-IR spektrumu



Şekil 7. Karahindiba ekstraktı ile elde edilen COD kristallerinin XRD spektrumu

SONUÇ

Bu çalışmada, kalsiyum oksalat monohidrat kristal büyümesinin engellenmesi amacıyla karahindiba ekstraktı ile laboratuvar ortamında çalışma yapılmış ve yapılan bu çalışmalardan olumlu sonuçlar alınmıştır. Sabit başlangıç aşırı doyumluğunda farklı miktarlarda doğal katkı maddesi kullanılarak gerçekleştirilen deneyler sonucunda karahindiba ekstraktı miktarının artmasıyla kristal oluşum hızının azaldığı ve hatta 5 ml ekstrakt miktarı ile kristalizasyonun tamamen durduğu görülmüştür. SEM ve FT-IR incelemesi sonucunda ise karahindiba ekstraktının çok az miktarının bile COM kristal oluşumunu engellediği ve daha az kararlı olan COD kristallerinin oluştuğu gözlemlenmiştir. Kullanılan katkı maddelerinin doğal olması biyomineralizasyon çalışmaları açısından oldukça önem taşımaktadır. Katkı maddelerinin kalsiyum oksalat kristalleri üzerindeki küçültücü etkisi ve COD yapısına dönüşümün gerçekleşmesi kullanılan karahindiba bitkisinin böbrek taşı hastalığının tedavisinde yararlı olabileceği görüşünü desteklemektedir.

KAYNAKLAR

Akyol E, Oner M, 2007. Inhibition of calcium oxalate monohydrate crystal growth using polyelectrolytes. *Journal of Crystal Growth*, 307: 137-144.

Akyol E, Oner M, 2014. Controlling of morphology and polymorph of calcium oxalate crystals by using polyelectrolytes. *Journal of Crystal Growth*, 401: 260-265.

Akyol E, Ongun K, Kirboga S, Oner M, 2016. A kinetic study for calcium oxalate crystallization in the presence of *Viburnum opulus* extract. *Biointerface Research In Applied Chemistry*, 6: 1059-1063.

Anonim, 2016. <http://www.karahindiba.com/2012/04/karahindiba/> (Erişim tarihi: 06 Mart, 2016).

Bernard-Michel B, Pons MN, Vivier H, Rohani S, 1999. The study of calcium oxalate precipitation using image analysis. *Chemical Engineering Journal*, 75: 93-103.

Cicek F, Ozer D, Ozer A, Özer A, 2007. Low cost removal of reactive dyes using wheat bran. *Journal of Hazardous Materials*, 146: 408-416.

Elkady MF, Ibrahim AM, Abd El-Latif MM, 2011. Assessment of the adsorption kinetics, equilibrium and thermodynamics for the potential removal of reactive red dye using eggshell biocomposite beads. *Desalination*, 278: 412-423.

Ivanov IG, 2014. Polyphenols Content and antioxidant activities of *Taraxacum officinale* F.H. Wigg (Dandelion) leaves. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 6: 889-893.

İleri R, Çakır G, 2006. Bakır iyonlarının (Cu²⁺) sıvı ortamdan biyosorpsiyonla gideriminin izoterm sabitlerinin Matlab programı ile belirlenmesi. *Ekoloji*, 59: 8-17.

Jung T, Kim WS, Choi CK, 2005. Crystal Structure and morphology control of calcium oxalate using biopolymeric additives in crystallization. *Journal of Crystal Growth*, 279: 154-162.

Kırboğa S, Oner M, 2010. The role of vinyl sulfonic acid homopolymer in calcium oxalate crystallization. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 78: 357-362.

Millan A, Sohnel O, Grases F, 1997. The influence of crystal morphology on the kinetics of growth of calcium oxalate monohydrate. *Journal of Crystal Growth*, 179: 231-239.

Miller JD, 1996. Crystallization kinetics of calcium oxalate in simulated urine. The University of Arizona. PhD Thesis, 246p.

- Munoz JA, Valiente M, 2005. Effects of trace metals on the inhibition of calcium oxalate crystallization. Urological Research, 33: 267-272.
- De Oliveira RB, Coelho EB, Rodrigues MR, Costa-Machado ARM, João De Sousa PB, Berretta AA, Bastos JK, 2013. Effect of the *copaifera langsdorffii* desf. leaf extract on the ethylene glycol-induced nephrolithiasis in rats. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2013:1-10.
- Opalko FJ, Adair JH, Khan SR, 1997. Heterogeneous nucleation of calcium-oxalate trihydrate in artificial urine by constant composition. Journal of Crystal Growth, 181:410-417.
- Sheehan ME, 1981. The kinetics of crystal growth of calcium oxalate. State University of New York at Buffalo. PhD Thesis, 200p.
- Yu J, Tang H, Cheng B, 2005. Influence of PSSS additive and temperature on morphology and phase structures of calcium oxalate. Journal of Colloid and Interface Science, 288: 407-411.

Üçlü Faz Ayrımı (ÜFA) ile Geleneksel Enzim Sıflaştırma Tekniğinin Karşılaştırılması; ÜFA ile Sıflaştırılan β -Galaktosidazın Termodinamik Özellikleri

Yonca DUMAN¹

ÖZET: Enzimlerin yaygın endüstriyel kullanımları mevcuttur. Ancak bu önemli biyokatalizörlerin sıflaştırma maliyetleri kullanım alanlarını kısıtlamaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar enzimlerin sıflaştırma basamaklarını düşürerek maliyet ve zaman tasarrufu yapmak yönündedir. Bu amaçla Üçlü faz yöntemi (ÜFA) ile enzim sıflaştırması önemli bir yöntemdir. Hedef enzim Üçlü faz yönteminde t-bütanol ve amonyum sülfat ile kullanılarak enzim çözeltisi tuzlu ara fazda çöktürülür. Metodun basitliğinin yanı sıra hızlı sonuç vermesi ve düşük maliyeti endüstriyel kullanımını cazip hale getirmektedir. Bu çalışmada enzimlerin geleneksel yöntemler ile ÜFA sıflaştırılma protokolleri karşılaştırılarak yöntemlerin birbiri üzerine üstünlükleri tartışıldı. Aynı zamanda ÜFA Yöntemi ile sıflaştırılan β -galaktosidaz enziminin termodinamik özellikleri ve $\Delta G^\#$, 62.21 kJ mol⁻¹; $\Delta^\#_{E-T}$ -13.56 kJ mol⁻¹; $\Delta^\#_{E-S}$, 0.25 kJ mol⁻¹; $\Delta H^\#$, 26.06 kJ mol⁻¹; $\Delta S^\#$, -0.12 kJ mol⁻¹K⁻¹ olarak hesaplandı.

Anahtar Kelimeler: β -Galaktosidaz, sıflaştırma, termodinamik özellikler, üçlü faz ayırma (ÜFA)



Comparison of Three Phase Partitioning (TPP) and Conventional Enzyme Purification; Thermodynamic Parameters of β -Galactosidase Purified by TPP

ABSTRACT: Enzymes have many industrial applications. Unfortunately purification cost restricts of using area of this important biocatalyst. Recent years studies on enzyme purification is about reducing of purification cost by reducing steps and time saving. Three phase partitioning (TPP) is important purification method. TPP uses t-butanol and ammonium sulfate to precipitate enzymes and proteins from aqueous solution. The simplicity of the method combined with its rapid result make this a popular choice in large scale protein purification. In this study thermodynamic parameters of β -Galactosidase as $\Delta G^\#$, 62.21 kJ mol⁻¹; $\Delta^\#_{E-T}$ -13.56 kJ mol⁻¹; $\Delta^\#_{E-S}$, 0.25 kJ mol⁻¹; $\Delta H^\#$, 26.06 kJ mol⁻¹; $\Delta S^\#$, -0.12 kJ mol⁻¹K⁻¹ which was purified by TPP.

Keywords: β -Galactosidase, purification, thermodynamic parameters, three phase partitioning (TPP)

¹ Kocaeli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya, Kocaeli, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Yonca DUMAN, yonca.avciduman@gmail.com

GİRİŞ

Enzimlerin Genel Özellikleri

Biyokimyasal katalizör olan enzimlerin reaksiyonları yüksek verimle gerçekleşir. Enzimlerin etki ettikleri maddeler tek ve belirlidir. Enzimlerle reaksiyon veren bu maddelere “substrat” denir (Tüzün, 1991). Enzimler, katalizledikleri reaksiyonların aktivasyon enerjisini düşürür ve dengeye daha çabuk ulaşmasını sağladıkları gibi cansız ortamlarda da görevini yaparlar. Enzimler, bu katalizör faaliyetini gerçekleştirdiği sırada bazı faktörlerin etkisi altında kalırlar. Bunlar; sıcaklık, pH, enzim konsantrasyonu ve substrat konsantrasyonu, substrat yüzeyi, ve inhibitör-aktivatörlerdir. (Uyanık, 2008).

β -Galaktosidaz (Laktaz) Enzimi

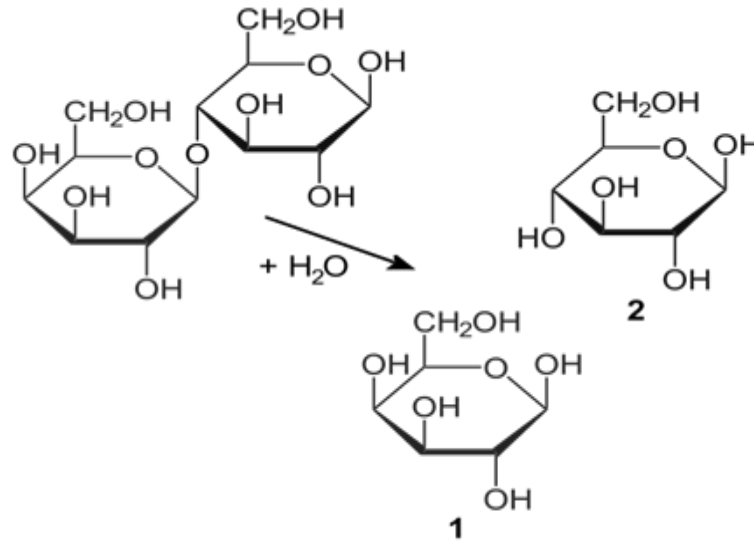
β -Galaktosidaz (E.C. 3.2.1.23), Şekil 1’de gösterildiği gibi laktozu, glikoza ve galaktoza

hidrolizleyen reaksiyonu katalizleyen enzimdir. Hidrolazlar sınıfına girer. Dört eşit aminoasit zincirinden oluşan homotetramer β -galaktosidaz enzimi mevcuttur.

Doğada yaygın olarak bulunan bu enzim mikrobiyal (Puri et al., 2010; Panesar et al., 2011, Vermaa et al., 2012) bitkisel (Kang et al., 1994; Lee et al., 2003) ve hayvansal (Okada and O’Brien, 1968; Altman et al., 1997) kaynaklardan izole edilebilmektedir.

β -Galaktosidaz enziminin yetersizliği veya tamamen eksikliğinde laktoz intoleransı meydana gelmektedir. Laktoz intoleransı, sütün baskın şekeri laktozun yeterli sindirilememesinden kaynaklanır.

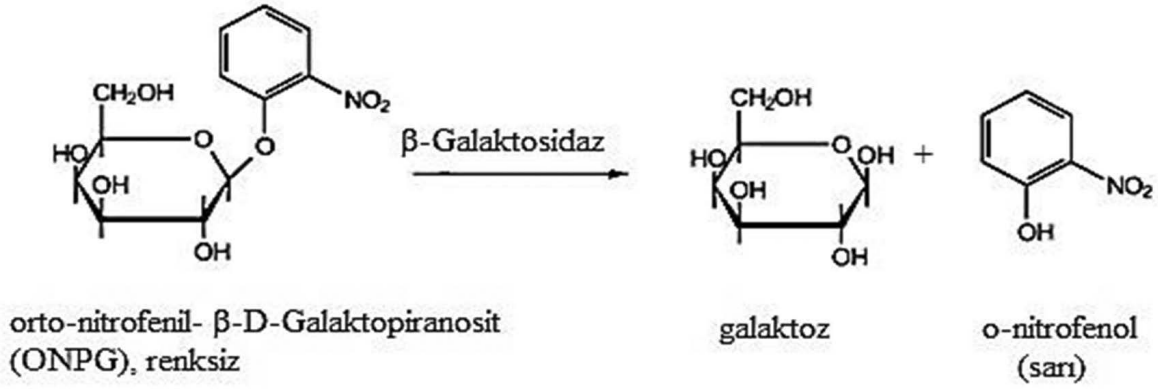
Dünyada laktoz intoleransının fazla olması sebebiyle endüstride düşük laktozlu veya laktozu hidrolizlenmiş süt ve süt ürünlerinin üretilmesi önem kazanmıştır.



Şekil 1. Laktoz molekülünün enzimatik hidrolizi

Ca^{+2} , β -galaktosidazın bilinen bir inhibitörüdür (Greenberg and Mahoney, 1982). Fakat sütteki kalsiyum iyonları kazeine bağlı olduğundan, β -galaktosidazı inhibe etmez (Garman et al., 1996). β -Galaktosidaz enzimi laktozun dışında ayrıca sentetik substratlar olan orto-nitrofenil- β -D-Galaktopiranosit (ONPG) ve para-Nitrofenil- α -L-arabinopiranosit (PNPG) hidrolizini de

katalizlemektedir. β -Galaktosidaz enzimi, ONPG'nin hidrolizini katalizlediğinde substrat, galaktoz ve orto-nitrofenol (ONP) bileşenlerine ayrılmaktadır (Şekil 2). Renksiz bir bileşik olan ONPG, bu reaksiyon sonucunda oluşan ve çözeltini rengini sarı yapan ONP ile enzim aktivite tayinlerinde kullanılmaktadır (Chandler et al., 1998).



Şekil 2. ONPG'in β -galaktosidaz ile hidrolizi

β -Galaktosidazın Endüstriyel Uygulamaları

β -Galaktosidaz enzimi gıda endüstrisinde laktozun hidrolizini gerçekleştiren en önemli enzimlerden biridir. Endüstriyel uygulamalardaki teknolojik ve çevresel avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (McBean and Miller, 1998; Jurado et al., 2002). 1. Laktoz intoleransının giderilmesiyle, laktozun enerji kaynağı olarak kullanılması, 2. Laktoz hidrolizi sırasında düşen pH'da gelişimi zor olan *Bifidobacterium* türlerine, galakto-oligosakkaritlerin substrat olarak etki göstermesi ve bağırsaktaki *Bifidobacterium* türlerinin gelişimine yardımcı olması (Macfarlane et al., 2008), 3. Süt ya da peynir altı suyundaki laktozun hidroliziyle, gıda içeriğinin teknolojik ve karakteristik özelliklerinin gelişimi: çözünürlüğü artırma, tatlandırma gücünün artışı, yoğurt gibi ürünlerin fermantasyonunu kolaylaştırma, 4. Peynir altı suyunun biyolojik parçalanabilirliğinin artışı. Düşük laktozlu süt üretiminde, pastörize edilmeden önce sütün içerisine eklenen sıvı enzim 24 saat boyunca bekletilir ve daha sonra laktoz hidrolizini durdurmak için süt pastörize edilir.

Enzim Saflaştırma Stratejisi

Bir proteinin özelliklerini ve aminoasit dizilimini tanımlayabilmek için önce o proteinin saf olarak elde edilmesi gereklidir. Hücrelerde binlerce farklı çeşit protein içeriği vardır ve bunlardan sadece birinin saflaştırılması o proteinin diğer proteinlerden farklı özelliklerinin olmasıyla gerçekleşebilir. Enzim saflaştırmanın temel stratejisi, en düşük maliyetle en yüksek saflık oranına ulaşmaktır. Saflaştırılacak enzim öncelikli olarak tespit edilmelidir. Analitik amaçlı

çalışmalarda az miktarda enzim ama mümkün olan en yüksek saflık oranı istenirken endüstriyel kullanım için ise bu durum tam tersidir. Bu strateji belirlenirken önemli hususlardan birisi de enzim kaynağının bulunabilirliğidir. Çünkü saflaştırma stratejisinde maliyet ve zaman oldukça önemlidir. Enzim saflaştırma süreci içerisinde dikkat edilmesi gereken bir husus da enzim aktivitesinin korunması ve mümkünse artmasıdır. Enzim aktivitesinin korunmasını sağlamak adına yapılan işlemler ve enzimin muhafazası her zaman +4°C'de yapılmalıdır (Bollag et al., 1994; Erarslan ve ark., 2008).

Enzim Safırtmada Temel Yöntemler

Enzimin kaynağından enzimin izole edilmesi

Kaynak türüne göre farklı yöntemler seçilebilir. Bakteriler için sonikasyon kullanılırken bitkiler için ezme yöntemi kullanılabilir. Hücre dışında bulunan enzimlerin izole edilmesi ek bir işlem gerektirmezken, hücre içinde bulunan enzimler için hücre duvarı ve zarının yıkımı sağlanmalıdır. Bu yıkımı sağlamak için kimyasal ya da fiziksel işlemler yapılabilir (Angal and Harris,1990).

Kimyasal işlemler: Uygun tampon çözeltiler içindeki hücre çözeltisi ile organik çözücüler, enzimler ve deterjanlarla muamele edilerek hücre duvarının yıkımı sağlanır.

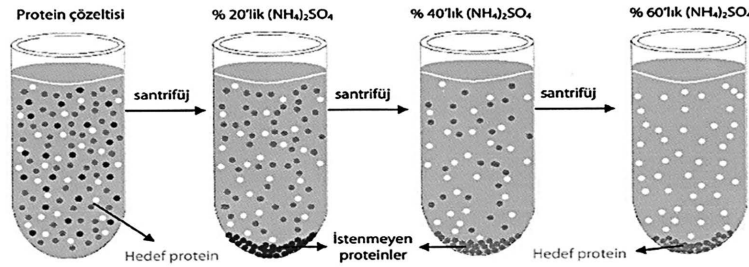
Fiziksel işlemler: Tampon çözeltisi içerisinde bulunan hücre çözeltilerine mekanik parçalama teknikleriyle yapılmasıdır. Ozmotik şok, ses dalgaları, homojenizasyon, cam bilyelerle parçalama teknikleriyle uygulanabilir (Angal and Harris,1990).

Santrifüleme

Değişik basamaklarda uygulanabilecek bir işlemdir. 1. basamaktan sonra hücre organellerinin ve büyük partiküllerin uzaklaştırılması için kullanılabilir. Bunun yanı sıra amonyum sülfatla çöktürme işleminden sonra da yapılır. Çok defa başvurulabilecek bir işlemdir. Denatürasyonu önlemek için bu işlem de $+4^{\circ}\text{C}$ 'de yapılmalıdır.

Amonyum sülfat çöktürmesi

Belirli doygunluk derecesine göre eklenen amonyum sülfat değişik molekül ağırlığındaki enzimlerin çökmesine neden olur. Şekil 3'te gösterildiği gibi çöktürme işlemlerindeki istediğimiz aralığı bulduğumuz zaman diğer proteinlerden kurtulmuş oluruz.

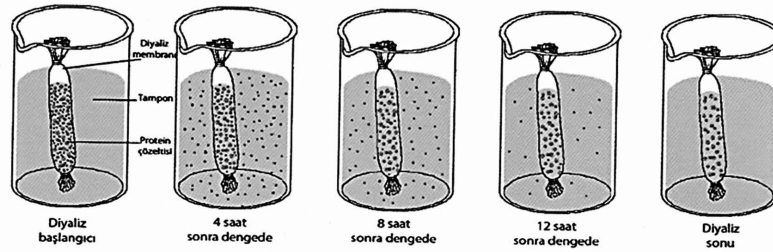


Şekil 3. Amonyum sülfat çöktürmesi (Ay ve ark., 2010)

Diyaliz

Tuz çöktürmesinden sonra enzimde bulunan tuzdan ve istenmeyen diğer küçük moleküllerden uzaklaşmak

için diyaliz işlemi yapılır. Şekil 4'te örnek diyaliz işlemi gösterilmiştir.



Şekil 4. Diyaliz uygulaması (Ay ve ark., 2010)

Protein çözeltisi, küçük molekülleri geçiren fakat büyük moleküllerin geçişini engelleyen yarı geçirgen bir membran olan diyaliz torbasına konur ve uygun tampon çözelti içerisine bırakılır (Erarslan ve ark., 2008).

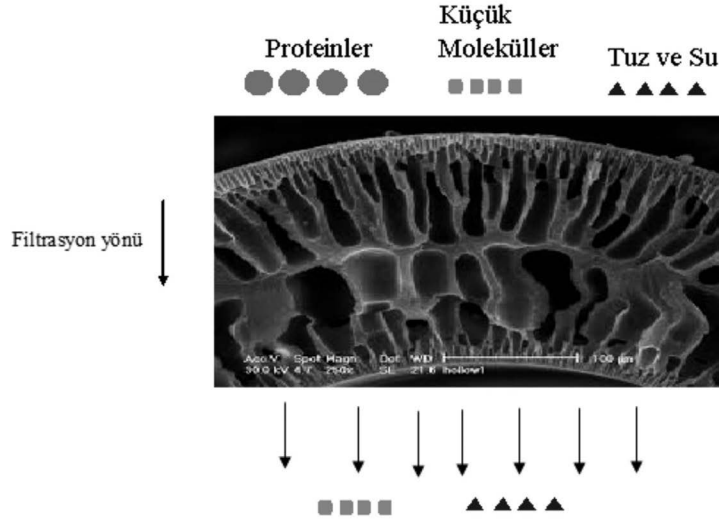
Membranlar

Membranlar kullanılan adımda küçük moleküller yarı geçirgen bir membrandan geçerken çözelti konsantre edilmekle birlikte, aynı zamanda düşük molekül ağırlığına sahip moleküllerin uzaklaştırılması için de kullanılır (Şekil 5). Bu yöntem ile yarı geçirgen membrana santrifüj ya da hidrostatik basınç uygulaması

ile seçilen membranın gözenek boyutuna bağlı olarak partiküllerin uzaklaştırılması esastır. Ultrafiltrasyon membranlarda gözenek boyutları NMWC; (Nominal Molecular Weight Cut-off) değerine göre belirlenir. Membranların gözenek büyüklükleri homojen değildir. Bu nedenle kullanılacak membranların NMWC değeri hedef proteinin molekül ağırlığından anlamlı derecede küçük olmalıdır. NMWC; membrandan geçişi mümkün olmayan küresel (globüler) protein molekülünün en düşük molekül kütlelerini verir. 1 kDa ile 100 kDa arasında NMWC değerine sahip ticari membranlar mevcuttur. Tuz ve su moleküllerinin uzaklaştırılmasının yanı sıra çalışılacak proteinin

molekül ağırlığına bağlı olarak seçilecek membran uygulaması sayesinde düşük moleköl ağırlıklı

proteinlerin uzaklaştırılarak sıfırlama işlemine katkı sağlanabilmektedir.



şekil 5. Ultrafiltrasyon alışma prensibi (Erarslan ve ark., 2008)

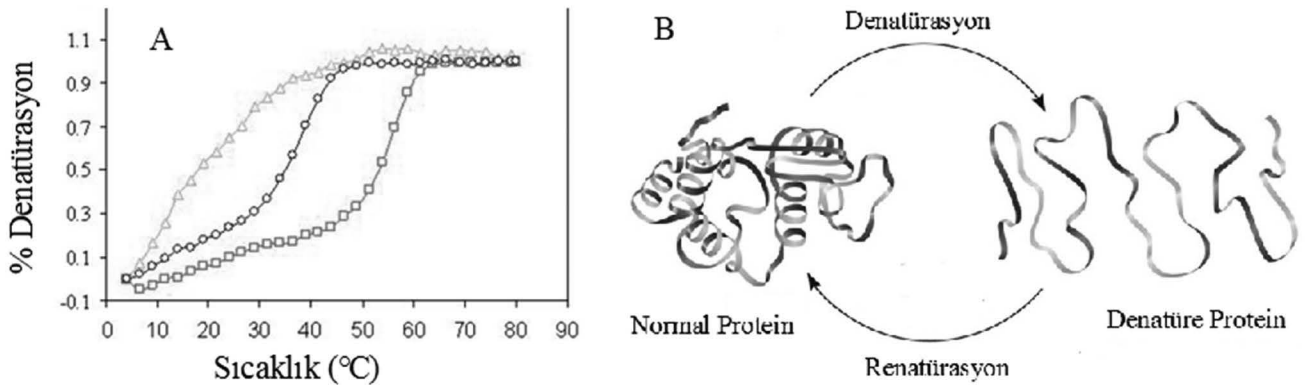
Isıtma

Proteinlerin ısıtma işlemi ile denatürasyonu, termodinamik kurallarına uygun olarak tek basamaklı hız sabitiyle tanımlanabilir. Bu durumda hız sabiti k_d 'nin sıcaklıkla ilişkisi;

$$\frac{d \ln k_d}{dT} = \frac{E_{a,d}}{RT^2} \quad (1)$$

formölüyle ifade edilir. $E_{a,d}$, proteinin temel denatürasyonunun aktivasyon enerjisini; k_d , proteinin temel denatürasyon hız sabitini; R, gaz sabitini ve T ise

sıcaklığı ifade etmektedir. Formölünden de anlaşıldığı gibi sıcaklık değişimi $E_{a,d}$ 'yi etkilemekte ve bu da protein denatürasyonuna sebep olmaktadır. Her proteinin farklı $E_{a,d}$ değeri olduğundan, protein denatürasyon-sıcaklık grafik eğrisi de farklı olacaktır. Aranılan proteinin özelliklerini göz önünde bulundurularak, yüksek sıcaklıklara dayanıklı olan proteinler olan termotolerant proteinler için yapılan 15 dakikalık ısıtma ile birlikte diğer istenmeyen proteinler denatüre edilmiş olacaktır. şekil 6 A sıcaklık ve denatürasyon arasındaki ilişkiyi göstermekte 6 B ise sıcaklığa bağlı denatürasyonu simgelemektedir.



şekil 6. Sıcaklık ile protein denatürasyon grafiği

Ardından yapılan buzlu soğutma ve santrifüj işlemi ile denatüre edilen proteinler çöktürülerek uzaklaştırılmaktadır (Olichon et al., 2010; Nostro and Ninham, 2012).

İzoelektrik noktasına göre çöktürme

Her proteinin net yükünün sıfır olduğu bir pH değeri vardır buna izoelektrik (pI) noktası denir. İzoelektrik noktasında net yükün sıfır olması yüklü yapıların olmadığı anlamına gelmemektedir, negatif ve pozitif yüklü yapılar yine protein yapısında bulunmaktadır. Bu pI değerinin altında protein pozitif yüklü iken, pI değerinin üzerindeki pH'larda negatif yüklüdür. Protein çözeltisinin izoelektrik noktasına yakın ya da eşit olarak ayarlanan pH ile yapılan çöktürme işlemidir. İzoelektrik noktasında o proteinin çözünürlüğü en düşük düzeydedir, proteinin yükler arası etkileşimi ve van der Waals etkileşimleriyle çöker. İzoelektrik çöktürme, genellikle hedef proteinden çok istenmeyen proteinleri çöktürmek için kullanılmaktadır. Bunun nedeni, izoelektrik noktasına yakın değerlerde olan proteinin elektrostatik kuvvetlerle proteinin üç boyutlu yapısının bozulmasıdır. Hedeflenen proteinin pI değerinden daha düşük pH ayarlanarak istenmeyen proteinlerin bir kısmını santrifüj işlemiyle çöktürerek uzaklaştırmış oluruz (Scopes, 1984).

Kromatografik Yöntemler

Saflaştırma yöntemleri arasında en yüksek saflaştırma oranı veren yöntem kromatografik yöntemdir. Kolon içerisindeki durgun faz ile hareketli örnek bileşeni arasında yapılan bir ayırma işlemidir. Jel ayırma kromatografisi, makromolekülleri boyutlarına göre ayırır. Çapraz bağlı dekstran dolgularıyla proteinleri ayırmada ve proteinlerin molekül ağırlıklarının tayininde oldukça kullanılan bir yöntemdir. İyon değiştirme kromatografisinde, kolon dolgu materyali 0.5 M yüklü gruplar bulundurmaktadır. Proteinlerin yükleri yan zincirlerinde bulunan yüklü grupların varlığında pH ile değişir. Bu sayede nötralleşen protein çözeltisinde, kolon materyali ile zıt yüklü olan proteinler kolona adsorblanırken, aynı yüklü proteinler kolonu çabuk terk eder. Absorbant DEAE (Dietilaminoetil) anyon değiştirici olarak, CM (karboksimetil) katyon değiştirici olarak yaygın olarak kullanılmaktadır.

Afinite kromatografisi: Kolon içerisindeki afinite adsorbantı protein dışındaki yapılarla bağ oluşturarak spesifik proteinlerin kolon içerisinde hareket ederek ayrılmasını sağlar. (Erarslan ve ark., 2008; Olichon et al., 2010).

Elektroforez

Elektroforez, proteinlerin görüntülenmesini sağlayan analitik bir yöntemdir. Proteinlerin saflık derecesi ölçümüne, izoelektrik noktalarının tayinine ve yaklaşık molekül ağırlığı tayinine olanak sağlar. Elektroforezde proteinler genellikle çapraz bağlı polimer olan poliakrilamidden yapılmış jeller ile yapılır. Akrlamidin, N,N metilen-bis akrilamid ile polimerizasyonu sonucunda oluşturulan jelde metilen, çapraz bağlanmayı sağlar. Jeller elektroforez kaplarına dökülerek oluşturulur. Elektriksel potansiyelden (E) aldığı güç ve poliakrilamid jelin elek görevi yapması ile proteinler yük/kütle oranına göre hareketini gerçekleştirir (Bollag et al., 1994).

Üç Fazlı Ayırma (ÜFA) Yöntemi

Geleneksel protein saflaştırma yöntemlerine kıyas ile; ÜFA, saflaştırmada uygulanan hızlı ve etkili bir yöntemdir. Yöntemin temeli, ham enzim çözeltisine yüksek konsantrasyonda amonyum sülfatın (0.8-2.4M) ve suda çözünürlüğü kısıtlı alifatik bir alkolün (genellikle t-bütanol) ilavesiyle yapılır. Metanol, etanol, 1-propanol, 2-propanol ve t-bütanol gibi alkoller suda çözünmelerine karşın kozmotrop tuzları çözmemektedir bu yüzden iki ayrı sıvı faz (alkol fazı üstte ve tuzlu sulu faz altta olmak üzere) oluşur. Biyolojik ve kimyasal proseslerde çözeltideki bazı iyon etkileri o iyonlara özgüdür. Bu özgün iyon etkileri Hofmeister olayı olarak adlandırılmıştır. Aşağıda Hofmeister serisi olarak tanımlanan anyon ve katyon sıralamaları verilmiştir. Sıralama proteini çöktürme kapasitelerine göre yapılmıştır (Nostro and Ninham, 2012).



Liyotropik (su çekme gücü) seride, klordan önceki anyonlar kozmotrop, klordan sonrakiler ise kaotrop olarak adlandırılır (Atav ve ark., 2009) Kozmotrop ifadesi "konumlayıcı" anlamıyla çözeltiyi dengeleme görevi yapar. Kaotrop ifadesi ise "konum bozucu" olarak proteinlerin yapısını düzleştirerek hidrofobik kısımları etkisiz hale getirir ve çözünürlüğünü artırır. Tuz içeren çözeltiler, içerdiği tuzun kozmotropik ya da kaotropik olmasına bağlı olarak; kozmotrop etki gösteren tuz, çözeltinin iyonik kudretini yükselteceğinden oluşan hidrofobik etkileşimlerle proteinlerin sudan uzaklaşarak, kümeleşmesini sağlayıp çökmesine (salting-out) neden olur. Eğer tuz kaotrop etkiye sahip ise, iyonik kudretin

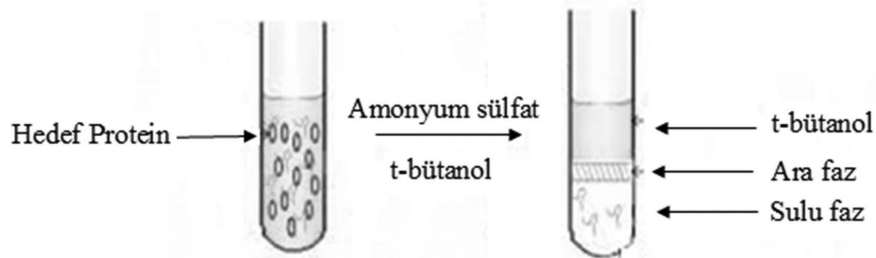
düşük olmasıyla birlikte proteinlerin hidrofobik yüzeyinin düzleşmesine ve hidrofilik etkileşime girerek çözünürlüğünü artırıcı (salting-in) etki göstermesine neden olur. Çöktürmenin (salting-out) mekanizması NaCl ve t-bütanol varlığında şu şekilde açıklanmıştır: düşük konsantrasyondaki t-bütanol moleküllerinin çevresine 20 su molekülü kafes gibi yerleşerek sıkıştırır. Bunun sonucunda t-bütanolde bulunan alkol grubu ile metil grubu arasındaki dimer yapının hidrofobik etkileşimler sonucunda gevşemesine neden olur. NaCl ilavesiyle, bütanolün alkol grupları anyona (Cl⁻) ilgi gösterir ve amfifil kümeleşme eğilimini artırır. Böylece faz ayrımı gerçekleşir.

ÜFA ile t-bütanol ilişkisi şu şekilde açıklanabilir: t-bütanol, ÜFA sırasında çöken proteinlere batmama özelliği kazandırır. Ara fazın tamponda tekrar çözünmesiyle spesifik ve toplam aktivite geri kazanılır ve bazen bunda artış olabilir. Sülfat iyonunun yüksek konsantrasyonu, kozmotrop davrandığı gibi t-bütanol de oda sıcaklığında ve daha yüksek sıcaklıklarda kozmotrop davranır. Fakat geleneksel yöntem olan tuzla çöktürme gibi kozmotropi de ÜFA'nin

mekanizmasının tamamını oluşturmaz. Elektrostatik kuvvetler, protein konformasyon sıkışıklığından oluşan kuvvet, protein hidrasyon kaymaları da önemli faktörlerdendir (Dennison and Lovrein, 1997).

ÜFA tekniğinin önemli bir avantajı büyük ve küçük ölçekli çalışmalara uygulanabilmesidir. Düşük hızda uygulanan santrifüj ile proteinler pelet (ara) faza geçer. Oluşan üst fazda genellikle organik solventlerde çözünebilen kontamine yapılar vardır. ÜFA'nin önemli olmasının bir başka sebebi, düşük molekül ağırlıklı yapıların; lipidlerin ve fenollü yapıların uzaklaştırılmasıdır.

Şekil 7'de ÜFA ile faz oluşumları gösterilmiştir. Orta faz genellikle birkaç dakikadan sonra oluşmaya başlar. Üst ve alt fazlardaki hidrasyon kaymaları, eklenen amonyum sülfat ve t-bütanol miktarlarına göre değişkenlik gösterebilmektedir. Genellikle başlangıç çözeltisinin mL başına 0.2-0.5 mL t-bütanol oranı yeterli olmaktadır.



Şekil 7. ÜFA'nin uygulanmasıyla oluşan fazların gösterimi (Dennison and Lovrein, 1997)

ÜFA, maliyet açısından değerlendirilecek olursa diğer yöntemlerle kıyaslandığında; harcanan amonyum sülfat miktarı, protein saflaştırmada ara işlemlerden biri olan tuzla çöktürme işlemine göre çok düşük olacağından ve geri kazanımının da mümkün olduğu düşünüldüğünde oldukça makul bir maliyet tablosu ortaya çıkmaktadır.

Uygulamanın bir önemli artışı da optimal pH ve sıcaklık gibi deneysel çalışmaları kolaylaştıran bir uygulama olmasıdır.

ÜFA uygulamasını optimize ederken denenen t-bütanol ve amonyum sülfat oranları için ara fazın haricinde alt ve üst fazlarda da analizler yapılır. Böylece hedeflenen protein, istenmeyen proteinler ve yapıların

hangi fazlara dağıldığını gözlemlemek mümkün olur (Dennison and Lovrein, 1997).

MATEYAL VE YÖNTEM

β -Galaktosidazın Ham Ekstratının Hazırlanması ve ÜFA ile Safaştırılması

β -Galaktosidaz enziminin kaynağından ham ekstratının hazırlanması ve ÜFA ile saflaştırılması daha önce tanımlandığı gibi yapılmıştır (Duman and Kaya, 2013).

Safaştırılmış β -galaktosidazın Termodinamik Parametrelerinin Belirlenmesi

Termodinamik parametrelerin hesaplanması;

$$\Delta G^{\#} = -RT \ln \left(\frac{k_{\text{cat}} \cdot h}{k_b \cdot T} \right) \quad (\text{kJ mol}^{-1}) \quad (2)$$

$\Delta G^{\#}$: ONPG hidrolizine ilişkin aktivasyon serbest enerjisi,

$$\Delta G_{E-T}^{\#} = -RT \ln \left(\frac{k_{\text{cat}}}{K_m} \right) \quad (\text{kJ mol}^{-1}) \quad (3)$$

$\Delta G_{E-T}^{\#}$: Tranzisyon (geçiş) hali bağlanma serbest enerjisi,

$$\Delta G_{E-S} = -RT \ln \left(\frac{1}{K_m} \right) \quad (\text{kJ mol}^{-1}) \quad (4)$$

ΔG_{E-S} : Substrat bağlanma enerjisi,

$$\Delta H^{\#} = E_a - RT \quad (\text{kJ mol}^{-1}) \quad (5)$$

$\Delta H^{\#}$: Entalpi değişimi,

$$\Delta S^{\#} = \left(\frac{\Delta H^{\#} - \Delta G^{\#}}{T} \right) \quad (\text{kJ mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \quad (6)$$

$\Delta S^{\#}$: Entropi değişimi,

formüllerini kullanarak yapıldı. Formüllerde yer alan,

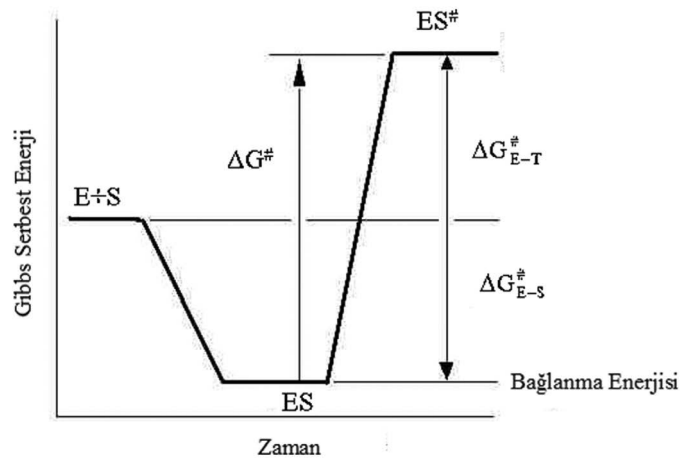
k_b , Boltzman sabitini (1.38×10^{-23}) ($\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$);

h , Plank sabitini (6.63×10^{-34}) ($\text{J} \cdot \text{s}$);

R , gaz sabitini ($8.314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$);

k_{cat} , turnover katsayısını ifade etmektedir (dk^{-1}) (Duman, 2008).

Nohut granüllerinden saflaştırılan β -galaktosidazla katalizlenen ONPG hidrolizi reaksiyonunun, termodinamik parametrelerini içeren serbest enerji düzeyi diyagramı Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. β -Galaktosidaz ile ONPG hidroliz reaksiyonunda serbest enerji düzeyi diyagramı (Duman, 2008)

BULGULAR VE TARTIŞMA

Enzim saflaştırma yöntemi olarak ÜFA'nın kullanılması yüksek aktivite kazancının yanında hızlı, ucuz ve tek basamakta yapılabilir olması bu sürecin potansiyelini endüstriyel ölçekteki enzim saflaştırma uygulamaları için yüksek tutmaktadır. Grubumuz tarafından ÜFA yöntemi ile β -galaktosidaz (Duman and Kaya, 2013a) enziminin yanı sıra invertaz (Duman and Kaya, 2014) ve katalaz (Duman and Kaya, 2013b) enzimi de başarılı bir şekilde saflaştırılmıştır. Literatürde β -galaktosidaz enziminin geleneksel kromatografi yöntemlerine göre saflaştırılması çalışması rapor edilmiştir (Kishore and Kayastha, 2012). Bu çalışmada hedef enzim 7 basamaklı süreçte %12'lik verim ile saflaştırılmıştır. Saflaştırılma sürecinde enzim asit ve tuz muamelesi ile çöktürülmüş ve ardından 4 farklı kromatografik adım ile saflaştırılmıştır. Literatürde rapor edilen β -galaktosidazın ÜFA ile saflaştırılması çalışmasında ise (Duman and Kaya, 2013b) hedef enzim tek basamakta %133 verim ile saflaştırılmış ve saflaştırılan enzimin detaylı kinetik analizleri gerçekleştirilmiştir. Kinetik analizler sonucunda elde edilen bulgular ile geleneksel yöntemler ile saflaştırılan enzimin (Duman and Kaya, 2013a) kinetik analiz sonuçları birbirine uyumlu çıkmıştır. Saflaştırma basamak sayısının az olması ve verimin anlamlı derecede artması endüstriyel amaçlı çalışmalarda enzimlerin ÜFA ile saflaştırmasını geleneksel yöntemler ile saflaştırmaya üstün kılmaktadır.

Saflaştırılmış β -galaktosidazın termodinamik parametrelerinin belirlenmesi

Kurutulmuş nohut granüllerinden β -galaktosidaz enziminin saflaştırılması ve saflaştırılan enzimin kinetik parametreleri daha önce rapor edilmiştir

(Duman and Kaya 2013b). Kurutulmuş nohut granüllerinden saflaştırılan β -galaktosidaz ile ONPG hidrolizi için bulunan termodinamik parametreler (ΔG^\ddagger , ΔH^\ddagger , ΔS^\ddagger , ΔG_{E-S}^\ddagger , ΔG_{E-T}^\ddagger), (2-5) numaralı eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmış ve Çizelge 1'de gösterilmiştir. Hoyoux ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada *Pseudoalteromonas haloplanktis* ve *Escherichia coli*'den saflaştırılan β -galaktosidazın ONPG substratı kullanarak yapılan termodinamik parametreleri *P. haloplanktis* için E_a 20.8 kJ mol⁻¹, ΔG^\ddagger 58.7 kJ mol⁻¹, ΔH^\ddagger 18.3 kJ mol⁻¹, ΔS^\ddagger -0.14 kJ mol⁻¹.K⁻¹; *E. coli* için E_a 26 kJ mol⁻¹, ΔG^\ddagger 60.5 kJ mol⁻¹, ΔH^\ddagger 23.6 kJ mol⁻¹, ΔS^\ddagger -0.13 kJ mol⁻¹.K⁻¹ olarak bulunmuştur (Hoyoux et al., 2001). Çizelge 1'de belirtilen sonuçlarla, her iki bakteriden elde edilen sonuçlar kıyaslandığında sonuçların benzerlik gösterdiği görülmektedir. Pal ve arkadaşları tarafından yapılan bir başka çalışmada, bademden geleneksel yöntemlerle saflaştırılan β -galaktosidazın ONPG substratı kullanarak bulunan termodinamik parametreleri; E_a 42.86 kJ mol⁻¹, ΔG^\ddagger 104.96 kJ mol⁻¹, ΔH^\ddagger 121.93 kJ mol⁻¹, ΔS^\ddagger 0.05 kJ mol⁻¹.K⁻¹ olarak bulunmuştur (Pal et al., 2013). Daha yüksek ΔG^\ddagger değeri stabilize ES[‡] kompleksinin ifade etmektedir ki; stabilize ES[‡] kompleksi durumunda hidrolitik reaksiyonun aktivasyon enerjisi artmaktadır (Duman, 2008). Aynı zamanda bu çalışmada hesaplanan daha düşük ΔH^\ddagger değeri ONPG'nin hidrolitik katalizi için gerekli olan enerjinin daha az olduğunu göstermektedir. Bu durum hesaplanan ΔS^\ddagger değeri ile de desteklenmektedir. Yüksek ΔS^\ddagger değerlerinin kataliz reaksiyonları üzerindeki etkisi negatif yöndedir (Pal et al., 2013). Daha düşük ΔS^\ddagger değerin nohut granüllerinden saflaştırılan β -galaktosidaz enziminin ONPG substratını katalizleme yeteneğinin daha fazla olduğunun termodinamik göstergesidir.

Çizelge 1. Nohuttan saflaştırılan β -galaktosidazla 37°C ve pH 2.8'de ONPG hidrolizi için elde edilen termodinamik parametreler

| Parametreler | Sonuç | Birim |
|---------------------------|--------|---------------------------------------|
| ΔG^\ddagger | 62.21 | kJ mol ⁻¹ |
| ΔH^\ddagger | 26.06 | kJ mol ⁻¹ |
| ΔS^\ddagger | -0.12 | kJ mol ⁻¹ .K ⁻¹ |
| ΔG_{E-S}^\ddagger | 0.25 | kJ mol ⁻¹ |
| ΔG_{E-T}^\ddagger | -13.56 | kJ mol ⁻¹ |

SONUÇ

Geleneksel kromatografik saflaştırma yöntemleri ve ÜFA ile enzim saflaştırma protokolleri incelendi. β -galaktosidaz enziminin geleneksel kromatografik yöntemler ile saflaştırma işlemi cihaz ve maliyet gerektiren pahalı bir yöntem olmasına karşın ÜFA ile saflaştırma işlemi ucuz, tek adımda ve kolaylıkla gerçekleştirilen metottur. ÜFA ile enzim saflaştırma işlemi yüksek verim ve aktivite kazancı ile sonlanmaktadır. Bu durum bu çalışmada termodinamik olarak da gözlenmiştir. Yöntemin β -galaktosidazın hidrolitik aktivitesini arttırdığı; katalizin termodinamik parametreleri hesaplanarak gözlenmiştir. Saflaştırma sürecinin, özellikle yüksek aktivite kazancının yanında hızlı, ucuz ve tek basamakta yapılabilir olması bu sürecin potansiyelini endüstriyel ölçekteki enzim saflaştırma uygulamaları için yüksek tutmaktadır.

TEŞEKKÜR

Çalışmaya 2012/57 numaralı proje ile maddi kaynak sağlayan Kocaeli Üniversitesine ve deneysel çalışmalara katkı sağlayan Erdem Kaya'ya teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- Altman S, Groseclose C, Ma JX, Hamamdžić D, Vrinda vanam NS., Middaugh LD., Parratto NP, Salle FR, 1997. Expression of beta-galactosidase in mouse brain: utilization of a novel nonreplicative Sindbis virus vector as a neuronal gene delivery system. *Gene Therapy*, 4: 815-822.
- Angal S, Harris E, 1990. *Protein Purification Applications*, Second Edition, IRL Pres at Oxford University Pres, UK. 317p.
- Atav R, Yurdakul A, Arabacı A, 2009. Tekstil boyacılığında kullanılan tuzların özellikleri ve kullanım amaçları. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3: 71-80.
- Ay T, Bingöl G, Binici MS, Diler SB, Cansaran A, Demirağ MK, Dere E, Doğan N, Doğan B, Ekici N, Gülnaz O, Kanlı A, Olguner E, Polat F, Sözbilen M, Şimşekli Y, Yıldırım C, 2010. *Biyolojide Özel Konular, Üçüncü Basım, Pegem Akademi, TÜRKİYE*, 376s.
- Bollag DM, Rozycki MD, Edelstein SJ, *Protein Methods*, 1994. Second Edition, Wiley-Liss, New York, 415p.
- Chandler V, Donovan S, Goodwin W, Sprague S, Stiefbold F, 1998. Enzyme kinetics. *Proceeding of the 19th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE)*, 19: 81-97.
- Dennison C, Lovrein R, 1997. Three phase partitioning: concentration and purification of proteins. *Protein Exp. Purif.*, 11: 149-161.
- Duman YA, 2008. *Bacillus clausii* alkalen proteazının su ile karışabilen organik çözücüler varlığında kinetik ve termodinamik özelliklerinin incelenmesi. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmış), Doktora Tezi, 308s.
- Duman YA, Kaya E, 2013a. Three-Phase Partitioning as a Rapid and Easy Method for the Purification and Recovery of Catalase from Sweet Potato Tubers (*Solanum tuberosum*). *Appl Biochem Biotechnol*, 170:1119–1126.
- Duman YA, Kaya E, 2014. Purification and recovery of invertase from potato tubers (*Solanum tuberosum*) by three phase partitioning and determination of kinetic properties of purified enzyme. *Türk Biyokimya Dergisi [Turkish Journal of Biochemistry–Turk J Biochem]* 39(4): 443–448.
- Duman YD, Kaya E, 2013b. Purification, recovery, and characterization of chick pea (*Cicer arietinum*) β -galactosidase in single step by three phase partitioning as a rapid and easy technique. *Protein Expression and Purification*, 91: 155-160.
- Erarslan A, Kazan D, Denizci AA, Öztürk DC, Karahan N, 2008. Tubitak Gen Mühendisliği ve Biyoteknoloji Araştırma Enstitüsü Enzim Saflaştırmada Temel Yöntemler VIII. Uygulamalı Eğitim Kursu Kitabı, 175s.
- Garman J, Coolbear T, Smart J, 1996. The effect of cations on the hydrolysis of lactose and the transferase reactions catalysed by β -galactosidase from six strains of lactic acid bacteria. *Appl. Microbiol. Biotechnol*, 46: 22-37.
- Greenberg NA., Mahoney RR, 1982. Production and characterization of β -galactosidase from *Streptococcus thermophilus*. *J. Food Sci*, 47: 1824-1828.
- Hoyoux A, Jennes I, Dubois P, Genicot S, Dubail F, François JM, Baise E, Feller G, Gerday C, 2001. Cold-Adapted β -Galactosidase from the Antarctic Psychrophile *Pseudoalteromonas haloplanktis*. *Appl. Environ. Microbiol*, 67: 1529-1535.
- Jurado E, Camacho F, Luzon G, Vicaria JM, 2002. A new kinetic model proposed for enzymatic hydrolysis of lactose by a β -galactosidase from *Kluyveromyces fragilis*. 31: 300-309.
- Kang I K, Suh SG, Gross KC, Byun JK, 1994. N – terminal amino acid sequence of persimmon fruit beta-Galactosidase. *Plant Physiol*, 105: 975-979.
- Kishore D, Kayastha AM, 2012. A β -galactosidase from chick pea (*Cicer Arietinum*) seeds: its purification, biochemical properties and industrial applications. *Food Chem*, 134: 1113-1122.
- Lee D H, Kang SG., Suh SG, Byun J K, 2003. Purification and characterization of a beta-galactosidase from peach (*Prunus persica*). *Molecules and Cells*, 15: 68-74.
- Macfarlane GT, Steed H, Macfarlane S, 2008. Bacterial metabolism and health-related effects of galacto-oligosaccharides and other prebiotics. *J. Appl. Microbiology*, 104: 305-344.
- McBean LD, Miller GD, 1998. Allaying fears and fallacies about lactose intolerance. *Journal of the American Dietetic Association*, 98: 671-676.
- Nostro PL, Ninham BW, 2012. Hofmeister phenomena: an update on ion specificity in biology. *Chem. Rev*, 112: 2286-2322.

- Okada S, O'Brien JS, 1968. Generalized gangliosidosis: Beta - galactosidase deficiency. *Science*, 160: 1002-1004.
- Olichon A, Schweizer D, Muyldermans S, Marco A, 2010. Heating as a rapid purification method for recovering correctly-folded thermotolerant VH and VHH domains. *BMC Biotechnol*, DOI: 10.1186/1472-6750-7-7.
- Pal A, Lobo M, Khanum F, 2013. Extraction, Purification and thermodynamic characterization of almond (*Amygdalus communis*) β -galactosidase for the preparation of delactosed milk. *Food Technol. Biotechnol*, 51: 53-61.
- Panesar R, Panesar PS, Singh RS, Kennedy JF, Puri M, 2011. Hydrolysis of milk lactose in a packed bed reactor system using immobilised yeast cells. *J. Chem. Technol. Biotechnol*. 86: 42-46.
- Puri M, Gupta S, Pahuja P, Kaur A, Kanwar J E, Kennedy J F, 2010. Cell Disruption Optimization and Covalent Immobilization of β -D-Galactosidase from *Kluyveromyces marxianus* YW-1 for Lactose Hydrolysis in Milk. *Appl. Biochem. Biotechnol*, 160: 98-108.
- Scopes RK, 1984. *Protein Purification*, Second Edition, Springer-Verlag, New York, 345s.
- Tüzün C, 1991. *Biyokimya*, Birinci Basım, Palme Yayınevi, Ankara, 486s.
- Uyanık A, 2008. Beta - galaktosidaz enziminin mikrobiyal hücrelerden izolasyonu ve karakterizasyonu. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmış), Yüksek Lisans Tezi, 72s.
- Vermaa ML, Barrowa C J., Kennedy J K, Puri M, 2012. Immobilization of β -D- galactosidase from *Kluyveromyces lactis* on functionalised silicon dioxide nanoparticles: characterization and lactose hydrolysis. *Int. J. Biol. Macromol*, 50: 432-437.

Characterizations of Curves According to Elasticity in Finsler Manifold

Alper Osman ÖĞRENMİŞ¹

ABSTRACT: Physically, inelastic curve flow is qualified by the nonexistence of any strain energy taken from the motion. We have found out the changing equations for an inelastic curve whose length is preserved over all time. In this study, we give some characterizations for curves in terms of elasticity.

Keywords: Finsler manifold, flow of a curve, frenet equations



Finsler Manifoldunda Esnekliğine Göre Eğrilerin Karakterizasyonları

ÖZET: Fiziksel olarak, elastik olmayan bir eğri akışı, hareket kaynaklı bir enerji geriliminin bulunmaması olarak karakterize edilir. Biz bir elastik olmayan düzlem eğrisinin, yani yay uzunluğu her zaman korunan bir eğri için değişim denklemlerini ortaya çıkardık. Bu çalışmada, elastiklik açısından eğrilerin bazı karakterizasyonları verildi.

Anahtar Kelimeler: Bir eğrinin akışı, finsler manifold, frenet denklemleri

¹ Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Bölümü, Elazığ, Türkiye
Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Alper Osman ÖĞRENMİŞ, aogrenmis@firat.edu.tr

INTRODUCTION

If protected arc length of a curve the flow of this curve is referred to as inelastic. Physically, inelastic of the flow of curve brings out motions here no tension energy is excited. In (Kwon and Park, 1999; Kwon et al., 2005) consider inelastic curve flows and improvable surface in \mathbb{R}^3 . Moreover in (Latifi and Ravazi, 2008; Gürbüz, 2009; Öğrenmiş et al., 2011; Yoon, 2011; Öztekin and Bozok, 2013; Yıldız and Okuyucu, 2014) inelastic flows of curves in different ambient space are studied.

Finsler geometry is known as some generalizations of Riemannian geometry. P. Finsler 1918 began to study this issue. Firstly, he studied curves and surfaces in his thesis. Finsler geometry as in differential geometry plays an important role in other branches of science such as physics, biology, computer science and engineering. (Bejancu and Farran, 2000; Solange and Portugal, 2001; Brandt, 2005; Yılmaz and Bektaş, 2011)

In this study, we examine inelastic flows of curves defined on the 3-dimensional Finsler manifolds F^3 . Conditions for a curve flow to be inelastic are phrased as a PDE with the inclusion of curvature and torsion of the curve.

MATERIAL AND METHOD

In this section of the paper there is written on the basic concepts and descriptions of 3-dimensional Finsler manifolds. Finsler manifold is a smooth manifold M together with a function F defined on the tangent bundle of M so that for all tangent vectors.

Let M be a m -dimensional differentiable manifold and TM the bundle of M . Indicate by Π the canonic projection of TM on M . Let M' be open submanifold of TM which is non-empty such that $\Pi(M')=M$ and $\theta(M) \cap M'$ is empty, where θ is section of TM where the section is zero.

Considering a differentiable function $F: M' \rightarrow (0, \infty)$ and take $F^* = F^2$. then $\{(U', \Phi')\}; x^i, y^i\}$ in M' satisfy the following conditions,

(i) As F is positive homogeneous of degree

one according to (y^1, \dots, y^m) , we have

$$F(x^1, \dots, x^m, ky^1, \dots, ky^m) = kF(x^1, \dots, x^m, y^1, \dots, y^m) \quad (1)$$

for whatever $(x, y) \in \Phi'(U')$ and any $k > 0$.

(ii) At point (x, y)

$$g_{ij}(X, Y) = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 F^*}{\partial y^i \partial y^j}(X, Y), i, j \in \{1, \dots, m\} \quad (2)$$

are the components of definite quadratic form on F^m where the component is positive. (Bejancu and Farran, 2000).

$F^m = (M, M', F)$ satisfying (i) and (ii) is called a Finsler manifold such that F is the finsler function of Finsler manifold.

$F^{m+1} = (M, M', F)$ be given as Finsler manifold and let $F' = (C, C', F')$ is a one-dimensional submanifold of F^{m+1} where C is a differentiable curve in M given by the equations in locally

$$x^i = x^i(s), i \in \{1, \dots, m+n\}, s \in (a, b), \quad (3)$$

s parameter is handle the on C such that the parameter is the arclength. (s, v) is indicated the coordinates on C' . Later we write

$$y^i(s, v) = v \frac{dx^i}{ds}, i \in \{0, \dots, m\}. \quad (4)$$

Besides $\{\frac{\partial}{\partial s}, \frac{\partial}{\partial v}\}$ is a natural field of frames on C where $\frac{\partial}{\partial v}$ is a unit Finsler vector field (Bejancu and Farran, 2000).

Let $F^3 = (M, M', F)$ be a 3D Finsler manifold and C a differentiable curve in M given locally by the parametric equations

$$x^i = x^i(s); (x^1(s), x^2(s), x^3(s)) \neq (0, 0, 0), \quad (5)$$

where s is the arclength parameter on C .

∇^* is the the Levi-Civita connection of F^3 .

Then we have

$$\begin{aligned} \nabla_{\frac{\partial}{\partial v}}^* \frac{\partial}{\partial v} &= \kappa n, \\ \nabla_{\frac{\partial}{\partial v}}^* n &= -\kappa \frac{\partial}{\partial v} + \tau b \\ \nabla_{\frac{\partial}{\partial v}}^* b &= \tau n. \end{aligned} \tag{6}$$

where n and b are respectively the principal normal and the binormal vector field on C . Here $\{\frac{\partial}{\partial v}, n, b\}$ be the Frenet frame of C in F^3 . κ and τ are respectively the curvature and the torsion of C (Bejancu and Farran, 2000).

Throughout this paper, we assume that $M : [0, l] \times [0, t_\infty] \rightarrow F^3$ is a family of smooth curves in F^3 , where the arclength l is parameter of the first curve.

The arclength of M is given by

$$s(u) = \int_0^u \left| \nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* M \right| du. \tag{7}$$

Putting $v = \left| \nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* M \right|$, the operator $\nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^*$ is defined by

$$\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* = \frac{1}{v} \nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^*, \tag{8}$$

while $sd = vdu$ is the arclength parameter. Any flow of M family written as

$$\begin{aligned} 2v \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* v &= \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \langle \nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* M, \nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* M \rangle \\ &= 2 \langle \nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* M, \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* (\nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* M) \rangle \\ &= 2 \langle \nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* M, \nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* (f \frac{\partial}{\partial v} + gn + hb) \rangle \\ &= 2v \langle \frac{\partial}{\partial v}, (\nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* f) \frac{\partial}{\partial v} + fv\kappa n + (\nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* g)n - vg\kappa \frac{\partial}{\partial v} + v\tau b + (\nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* h)b + hv\tau n \rangle \\ &= 2v(\nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* f - vgk). \end{aligned} \tag{12}$$

In this way, we derive

$$\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* M = f \frac{\partial}{\partial v} + gn + hb, \tag{9}$$

where f, g, h are smooth functions on M .

Because exposure to the expansion or compression, the arclength variation in Euclidean space is given by

$$\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* s(u, t) = \int_0^u \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* v = 0 \tag{10}$$

for all $u \in [0, l]$

Evolution of a curve $M(u, t)$ and its flow $\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* M$ in 3-dimensional Finsler manifold F^3 are said to be

inelastic if $\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \left| \nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* M \right| = 0$.

RESULTS AND DISCUSSION

Conditions for inelastic of the flow in 3-dimensional Finsler manifold F^3 are given by the Theorem 3.1.

Theorem 3.1. Let $\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* M = f \frac{\partial}{\partial v} + gn + hb$ be a differentiable flow of the curve M in F^3 . A flow of M in F^3 is inelastic if and only if $\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* f = g\kappa$

Proof. According to definition of M , we have

$$v^2 = \langle \nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* M, \nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* M \rangle, \tag{11}$$

where \langle , \rangle is inner product in F^3 . $\nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^*$ and

$\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^*$ commute since u and t are independent coordinates. So we get

$$\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* v = \nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* f - v g \kappa \quad (13)$$

Now assume that $\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* M$ is inelastic. From “Eq. 13.” we have

$$\begin{aligned} \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* s(u, t) &= \int_0^u (\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* t) du \\ &= \int_0^u (\nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* f - v g \kappa) du \\ &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

for all $u \in [0, l]$. This implies that $\nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* f = v g \kappa$,

or $\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* f = g \kappa$. If we think the reverse of the above calculation, the proof is completed.

Now we take curve as arclength parametrized. The coordinate u according to the curve arclength s . Now we can give the following Lemma.

Lemma 3.1. Let $\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* M = f \frac{\partial}{\partial v} + g n + h b$ be a

differentiable flow of the curve M in F^3 . Then, the differentiations of $\{\frac{\partial}{\partial v}, n, b\}$ with respect to t is

$$\begin{aligned} \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \frac{\partial}{\partial v} &= (f \kappa + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + h \tau) n + (g \tau + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h) b, \\ \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* n &= -(f \kappa + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + h \tau) \frac{\partial}{\partial v} + \psi b, \\ \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* b &= -(g \tau + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h) \frac{\partial}{\partial v} - \psi n, \end{aligned} \quad (15)$$

where $\psi = \langle \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* n, b \rangle$.

Proof. Using “Eq. 6.” and Theorem 3.1., we calculate

$$\begin{aligned} \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \frac{\partial}{\partial v} &= \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* (\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* M) = \nabla_{\frac{\partial}{\partial u}}^* (f \frac{\partial}{\partial v} + g n + h b) \\ &= (\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* f) \frac{\partial}{\partial v} + f \kappa n + (\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g) n - g \kappa \frac{\partial}{\partial v} + g \tau b + (\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h) b + h \tau n \\ &= (f \kappa + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + h \tau) n + (g \tau + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h) b \end{aligned} \quad (16)$$

Differentiating the Frenet frame with respect to t gives

$$\begin{aligned} 0 &= \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \langle \frac{\partial}{\partial v}, n \rangle = \langle \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \frac{\partial}{\partial v}, n \rangle + \langle \frac{\partial}{\partial v}, \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* n \rangle \\ &= (f \kappa + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + h \tau) + \langle \frac{\partial}{\partial v}, \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* n \rangle, \\ 0 &= \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \langle \frac{\partial}{\partial v}, b \rangle = \langle \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \frac{\partial}{\partial v}, b \rangle + \langle \frac{\partial}{\partial v}, \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* b \rangle \\ &= (g \tau + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h) + \langle \frac{\partial}{\partial v}, \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* b \rangle, \\ 0 &= \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \langle n, b \rangle = \langle \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* n, b \rangle + \langle n, \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* b \rangle \\ &= \psi + \langle n, \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* b \rangle. \end{aligned} \quad (17)$$

Thus, since $\langle \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* n, n \rangle = \langle \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* b, b \rangle = 0$, we obtain

$$\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* n = -(f\kappa + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + h\tau) \frac{\partial}{\partial v} + \psi b \quad (18)$$

and

$$\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* b = -(g\tau + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h) \frac{\partial}{\partial v} - \psi n, \quad (19)$$

which completes the proof.

Theorem 3.2. Let $\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* M = f \frac{\partial}{\partial v} + gn + hb$ be a

smooth flow of the curve M in F^3 . A flow of M in F^3 is inelastic if and only if the system of PDE holds:

$$\begin{aligned} \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \kappa &= \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* (f\kappa) + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* (h\tau) + g\tau^2 + \tau \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h \\ \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \tau &= -\kappa(g\tau + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h) + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \psi, \\ \kappa\psi &= \tau(f\kappa + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + h\tau) + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* (g\tau) + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h \end{aligned} \quad (20)$$

Proof. We know that $\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* (\frac{\partial}{\partial v}) = \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* (\frac{\partial}{\partial v})$. This expression is used, we get

$$\begin{aligned} \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* (\frac{\partial}{\partial v}) &= \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* [(f\kappa + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + h\tau)n + (g\tau + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h)b] \\ &= [\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* (f\kappa) + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* (h\tau)]n + (f\kappa + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + h\tau)(-k \frac{\partial}{\partial v} + \tau b) \\ &\quad + [\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* (g\tau) + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h]b + (g\tau + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h)(\tau n), \end{aligned} \quad (21)$$

while

$$\begin{aligned} \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* (\frac{\partial}{\partial v}) &= \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* (\kappa n) \\ &= n \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \kappa + \kappa \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* n \\ &= n \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \kappa + \kappa [-(f\kappa + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + h\tau) \frac{\partial}{\partial v} + \psi b]. \end{aligned} \quad (22)$$

Thus we see that

$$\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \kappa = \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* (f\kappa) + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* (h\tau) + g\tau^2 + \tau \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h \quad (23)$$

and

$$\kappa\psi = \tau(f\kappa + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + h\tau) + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* (g\tau) + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h \quad (24)$$

Since $\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* b = \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* b$, we have

$$\begin{aligned} \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* b &= \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \left[-(g\tau + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h) \frac{\partial}{\partial v} - \psi n \right] \\ &= -\left[\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* (g\tau) \right] \frac{\partial}{\partial v} - (g\tau + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h) \kappa n - (\nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \psi) n - \psi \left(-k \frac{\partial}{\partial v} + \tau b \right) \end{aligned} \quad (25)$$

while

$$\begin{aligned} \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* b &= \nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* (\tau n) \\ &= (\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \tau) n + \tau \left[-(f\kappa + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* g + h\tau) \frac{\partial}{\partial v} + \psi b \right] \end{aligned} \quad (26)$$

Thus we get

$$\nabla_{\frac{\partial}{\partial t}}^* \tau = -\kappa (g\tau + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* h) + \nabla_{\frac{\partial}{\partial s}}^* \psi, \quad (27)$$

which completes the proof.

CONCLUSION

Inelastic time evolutions of curves and surfaces have an important role in computer vision, robotics and physical science. The aim of this study is to derive and study the inelastic flows of curves some spaces. We propose to study various situation for an inelastic flow of curve are given as a PDE inclusion of curvature and torsion of the curve. In this manuscript, we define inelastic flow of curves in a Finsler Manifold, this study can be shed light on these areas.

REFERENCES

- Bejancu A, Farran HR, 2000. Geometry of Pseudo-Finsler Submanifolds. Kluwer Academic Pub., First Edition, New York, USA. 241p.
- Brandt EH, 2005. Finslerian quantum field theory. *Nonlinear Analysis*, 63: 119-130.
- Gürbüz N, 2009. Inextensible flows of spacelike, timelike and null Curves. *International Journal of Contemporary Mathematical Sciences*, 4(32): 1599-1604.
- Kwon DY, Park FC, 1999. Evolution of inelastic plane curves. *Applied Mathematics Letters*. 12: 115-119.
- Kwon DY, Park FC, Chi DP, 2005. Inextensible flows of curves and developable surfaces. *Applied Mathematics Letters*. 18: 1156-1162.
- Latifi D, Razavi A, 2008. Inextensible Flows of Curves in Minkowskian Space. *Advanced Studies in Theoretical Physics*. 2(16): 761-768.
- Öğrenmiş AO, Yeneroğlu M, Külahcı M, 2011. Inelastic Admissible Curves in the Pseudo - Galilean Space G_3^1 . *International Journal of Open Problems Compt. Math.* 4(3): 199-207.
- Öztekin H, Bozok HG, 2013. Inextensible flows of curves in 4-dimensional Galilean space G_4 . *Mathematical Sciences and Applications E-Notes*, 1(2): 28-34.
- Solange FR, Portugal R, 2001. FINSLER-a computer algebra package for Finsler geometries. *Nonlinear Analysis*, 47(9): 6121-6134.
- Yıldız G, Okuyucu OZ, 2014. Inextensible Flows of Curves in Lie Groups. *Caspian Journal of Mathematical Sciences*, 2(1): 23-32.
- Yılmaz MY, Bektaş M, 2011. Bertrand Curves on Finsler Manifolds. *International Journal of Physical and Mathematical Sciences*, 2: 5-10.
- Yoon DW, 2011. Inelastic flows of curves according to equiform in Galilean space. *Journal of the Chungcheong Mathematical Society*, 24(4): 665-673.

Erzurum İli İspir İlçesinde Ekoturizme Yönelik Bir Talep Araştırması ve Bölge Halkının Bu Konudaki Duyarlılığı

Elif AKPINAR KÜLEKÇİ¹

ÖZET: Turizme alternatif olarak gelişen ve yayla turizmi, doğa yürüyüşü, foto safari, kamp karavan turizmi, tarım turizmi, festival turizmi, tarihsel alan turizmi, olta balıkçılığı, mağara turizmi gibi başlıklar altında çeşitlenen doğa temelli bir turizm çeşidi olan ekoturizm, turizmin yükselen bir değeridir. Çalışma alanı olarak seçilen ve Çoruh Havzası içerisinde yer alan İspir dağ, orman, yayla, mezra göl gibi doğal varlıkları, ilginç jeolojik oluşumları ve kanyonları ile ilgi çekmektedir. Ayrıca flora ve fauna zenginliği; özellikle binlerce endemik bitki ve hayvan türleri, orman altı bitkisi, 600 ile 3900 m arasında değişen ekstrem yükseklik farklılıkları, derin vadi sistemleri, kayalık yamaçları, tabiat parkları, yaban hayatı koruma alanları yörenin önemli turizm çekicilikleridir. Bu kapsamda çalışmanın ana materyalini ilçedeki yerel halkla yapılan anket çalışması oluşturmaktadır. Ankete katılanlara, demografik özellikleri, yöredeki potansiyel ekoturizmin gelişimine karşı tutumları, yöredeki turizmin çeşitlerinin yapılabilirliği, ekoturizme yönelik ne tür aktivitelerin gerçekleştirilebileceği, halkın bakış açısı, katkı düzeyi ve bu katkıyı ne sıklıkla, ne şekilde ve hangi amaçlarla yapabileceği gibi sorular yöneltilmiştir. Yapılan bu çalışma ile İspir yöresinin mevcut ekoturizm potansiyelini belirlemek, ve yöredeki kırsal turizmin gelişimine katkıda bulunmak amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Duyarlılık, ekoturizm, Erzurum, İspir

A Demand Research of Eco-Tourism and Susceptibility of Locals: Case Study of Erzurum Province, İspir District

ABSTRACT: Eco-tourism is nature based, raising type of tourism which varies as upland tourism, nature trekking, photo-safari, camping and caravan tourism, festival tourism, history tourism, line fishing and cave tourism as an alternative of tourism. İspir is the selected region as the work field and it is located in Çoruh catchment basin of which attracts with mountains, forests, uplands, arable fields, lakes, unique geologic creations and canyons. Moreover, rich fauna and flora, in particularly, thousands of endemic plants and animal species, forest plants, extreme altitude difference between 600-3900 m, deep walleys, rock slopes, natural parks and protected wild areas are important touristic attractions of the region. Questionnaires are the main material of the scope and they will be conducted throughout the locals of the region. Respondents will meet the questions about the potential of the eco-tourism, attitude to development of eco tourism in the region, feasibility of eco tourism, possible activities in eco tourism and their contributions. Determination of current eco tourism potential and contribution to the development of rural tourism in İspir region were aimed in this study.

Keywords: Sensitivity, ecotourism, Erzurum, İspir

¹ Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı, Erzurum, Türkiye
Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Elif AKPINAR KÜLEKÇİ, elif25akpinar@hotmail.com

GİRİŞ

Turizm olgusu, bugün dünyada genellikle geniş kitlelerin katılımı ile ekonomik, sosyal ve siyasi açıdan büyük önem taşıyan bir sektör haline gelmiştir. Gerek küresel ekonomi açısından sunduğu fırsatlar, gerekse toplumlar üzerindeki sosyo kültürel etkileri nedeniyle turizm, önemli araştırmalara konu olmaktadır.

Turizm, dinlenme, boş zaman geçirme ve seyahat kavramlarıyla tanımlanmaktadır. WTO (Dünya Turizm Örgütü) “turizmi” insanların yaşadıkları çevrenin dışındaki bir yerde yirmi dört saatten az veya bir yıldan fazla kalmamak şartıyla eğlence, iş, sağlık, boş zaman ve spor gibi çeşitli amaçlarla gerçekleştirdiği faaliyetler” olarak tanımlamaktadır (Anonim 2011a).

1980 yılında AIAEST (Uluslararası Bilimsel Turizm Uzmanları Birliği) tarafından ise turizm: “insanların devamlı ikamet ettikleri, çalıştıkları veya rutin ihtiyaçlarını karşıladıkları yerlerin dışında seyahatleri ve buralardaki turizm işletmelerinin ürettiği mal ve hizmetleri talep ederek geçici süreli konaklamalardan doğan olaylar ve ilişkiler bütünü” olarak tanımlanmıştır (Şerefoğlu, 2009).

1963 tarihli Birleşmiş Milletlerin turizm tanımı ise şu şekildedir (Tolunguç, 1999): 24 saatten az olmamak, sürekli kalışa dönüşmemek ve gelir sağlayıcı herhangi bir uğraşta bulunmamak koşulu ile, bireyin yolculuk ve/veya konaklamalarından doğan olay ve ilişkilerin tümüdür.

Turizmle ilgili olarak yapılan tanımlardan görüldüğü üzere, turizmde en önemli noktalardan birisi, turizmin çeşitli insan ihtiyaçlarını karşılama fonksiyonudur. Turizme konu olan insan ihtiyaçları arasında eğlenme, dinlenme ve sosyalleşme gibi benzer ilgi alanlarına sahip insanlarla bir araya gelme, farklılaşma, kentsel hayatın bunaltıcı ortamından uzaklaşma gibi ihtiyaçlar sıralanabilir (Aktaş, 2002). Bu ihtiyaçların karşılanmasında, kitle turizmi ve alternatif turizm kapsamında sunulan olanakların önemi oldukça fazladır.

Son yıllarda turistlerin beklentileri ve turizm hareketleri, deniz-güneş-kum üçgeninin egemen olduğu alışılmış turizm merkezlerinden uzak,

doğal alanlara yönelmekte ve ekoturizm hızla yaygınlaşmaktadır. Nitekim araştırmalar, insanları seyahat ve ziyaret amacıyla motive eden en önemli faktörlerin orman, manzaranın kalitesi, konaklama ve gıda fiyatları olduğunu göstermektedir (Kubas ve ark., 2006). Dünyanın her yerinde yeni turistler doğal ortamlarda yaban hayatı ile iç içe olmak istemektedir. Günümüzde turistlerin giderek belirginleşen istekleri “doğa ile iç içe abartılı olmayan tesislerde iyi bir oda, iyi hizmet ve bütün bunların başında bozulmamış ve temiz bir çevrede aktif bir tatil” olarak özetlenmektedir (Akpınar, 2002). Ekoturizm, doğayı ve kültürel kaynakları anlayarak korumayı destekleyen, düşük ziyaretçi etkisi olan ve yerel halka sosyo-ekonomik fayda sağlayan, bozulmamış doğal alanlara çevresel açıdan sorumlu seyahat ve ziyaret olarak tanımlanabilmektedir (Kurdoğlu, 2001). Ekoturizm doğal ekosistemleri korumakta, yerel topluluklara ekonomik yarar sağlamakta, yerel halka doğa temelli tecrübe kazandırmakta ve yerel kültürlerin tanıtımını sağlamaktadır.

Ekoturizm turizmi yıl içine yaymak, doğal çevreye yapılan baskıyı azaltmak, tahribatı düzeltmeye değil, önlemeye yönelik planlamayı ve uzun vadeli ekonomik çıkarı gözetmektedir (Öztunalı ve Kayır, 1998). Günümüzde ekoturizm, yayla turizmi, kuş gözlemleme, foto safari, akarsu sporları, çiftlik turizmi, botanik turizmi (bitki inceleme), kültürel turizm, bisiklet turları, atlı doğa yürüyüşü, kamp karavan turizmi, mağara turizmi, dağ turizmi ve doğa yürüyüşü, sportif olta balıkçılığı gibi başlıklar altında toplanmaktadır.

Ekoturizm küçük gruplar halinde seyahat eden, doğaya karşı duyarlı turistlerin, ailelerinin işlettiği küçük tesislerde konaklamasıyla geleneksel mimari ve yerel kaynakların kullanımını hedef almaktadır. Çevre koruyucu alternatif bir yaklaşım olarak ekoturizm, turizm gelirlerinin ve pazarının özellikle dağlık ormanlık bölge ve vadilerdeki köylere yayılmasında önemli rol oynamaktadır. Ekoturizm kırsal bölgelerde gelirin tabana yayılmasını artırmakta ve bu bölgelere ekonomik katkı sağlamaktadır (Tokalau, 2005). Doğa temelli turizm olan ekoturizm, kitle turizminin aksine bireysel,

küçük gruplar, coğrafi olarak dağınık servis ve hizmetlerle bölgesel gelişmeye hizmet etmektedir. Aşırı işsizlik bulunan kırsal bölgelere ilave istihdam sağlamakta ve sonuçta bölgesel nüfusun korunmasında önemli rol oynamaktadır (Rinne and Saastamoinen, 2005).

Ekoturizm, amacına uygun gerçekleştirildiğinde hassas ekosistemlerin korunması ve bir bölgenin çevresiyle birlikte nüfusunun sosyo-ekonomik gelişimini sağlamaktadır. Çevreyi koruyan, yerel halkın refahını gözetken ve doğal alanlara karşı duyarlı “ekoturizm” turizmin diğer türlerinden daha hızlı büyüme ve katılanların harcamalarını yerel ekonomilere kazandırdığı bilinmektedir. Önemli ekoturizm potansiyeli olan dağlık ormanlık bölgelerde ve vadilerdeki köylerde yaşayan halkın yoksulluğu göz önüne alındığında ekoturizmin sosyal sınıflar arasındaki dengesizliği azaltabileceği vurgulanmıştır (Altıparmak, 2002).

Bu çalışma, İspir ilçesi ve yakın çevresinin mevcut potansiyeli ve yerel halkın beklenti ve eğilimleri çerçevesinde, ekoturizmin olabilirliğini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Bölgenin kalkınması ve yerel halkın geleneksel rolünün değişmeden, üretime yönelik çabaları ile ekonomik ve sosyal yönden gelişmesi açısından oldukça önemli olan bu araştırmanın, yöre turizminin planlanması ve yönetiminde de önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırmanın ana materyalini araştırma alanı olan İspir İlçesi, yakın çevresi ve yörede yaşayan yerel halk oluşturmaktadır. Ayrıca alana ilişkin fotoğraflar, konu ile ilgili literatürler ve yerel halkla yapılan anket formları da çalışmada kullanılan diğer materyallerdir.

Yöntem

Yapılan anket çalışması için örnekleme büyüklüğünün saptanmasında, basit tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılmıştır (İslamoğlu 2003,

Özdamar 2003, Büyüköztürk 2008, Yazıcıoğlu 2004.). Örnekleme büyüklüğünün saptanmasında kullanılan formül aşağıdaki gibidir:

$$n = Z^2 \cdot NPQ / ND^2 + Z^2 \cdot PQ$$

n = Örnek Büyüklüğü

Z = Güven katsayısı (1,96)

P = Ölçülmek istenen özelliğin kitle bulma ihtimali (% 95 = 0,95)

Q = 1-P (0,05)

D= Kabul edilen örnekleme hatası (% 5= 0,05)

N = Ana kütle büyüklüğü (İspir nüfusu: 15.603)

Yapılan anket çalışmasında, denek sayısı, araştırma alanı dikkate alınarak, %95 güven aralığında İspir ilçesi için 73 kişi olarak belirlenmiş olup örnek sayısı arttıkça popülasyona daha yakın değerler elde edilebileceği bilindiği için 100 kişiyle anket yapılmıştır. Anketin değerlendirilmesinde, puanlamalı sorularda tartılı aritmetik ortalama değerleri alınarak, en fazla tercih edilen değişkenlerin ortalama değerleri belirlenmiştir. X_i değerinin bir tartım faktörüne (W_i) bağlı olarak elde edilmesi şeklinde tanımlanan tartılı aritmetik ortalamaların alınmasında aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (Yıldız ve ark., 2006).

$$\bar{x}_T = \sum w_i x_i / \sum w_i$$

BULGULAR VE TARTIŞMA

İspir ve Yakın Çevresinin Sosyoekonomik, Doğal Ve Kültürel Özellikleri

Çalışma alanı olarak seçilen ispir ilçesi ve çevresi ekoturizm açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Çoruh havzası, dağ, orman, yayla, mezra, göl ve akarsu gibi doğal varlıkları, flora, fauna ve kanyonları bakımından önemli bir zenginliğe sahiptir ve bu zenginlik ekoturizm için oldukça ilgi çekicidir.

Kuzeydoğu Anadolu ve Doğu Karadeniz bölgelerinin kesiştiği alanda bulunan Çoruh vadisinin doğal yapısı itibarıyla turizm açısından güçlü bir potansiyel olduğu bilinmektedir. İnsan faaliyeti çok

yoğun olmadığı için doğal zenginliklerini büyük ölçüde koruyabilmiş Çoruh Vadisi, çok derin ve sarp yapısı ile gözlemcilerine eşsiz manzaralar sunmaktadır. Vadide Karadeniz, Akdeniz ve İç ve Doğu Anadolu Bölgelerine ait iklim özellikleri bir arada görülebilmektedir. Rakımca alçak kesimlerde yaprak dökken ormanlar ve kalıntı maki toplulukları bulunurken, yamaçlarda dağ bozkırları ve ibreli ormanlar varlık göstermektedir. Ormanlar, düzenli iklimi ve eşsiz su kaynakları, bitki ve hayvanlar için doğal yaşam alanı olmaları, benzersiz doğal ve yerel özellikleri ve cazibeleriyle ekoturizm için büyük önem taşımaktadır (Ok, 2006; Güneş ve Hens, 2007).

Bölgenin zengin florası içinde özellikle yabancıların ilgisini çekecek bol miktarda bitki bulunmaktadır. Bunlar arasında odunsu bitkilerden başta *Pinus sylvestris* (sarı çam) orman formasyonu olmak üzere, *Robinia pseudoacacia* (akasya), *Acer sp.* (Akçaağaç), *Berberis sp.* (kadın tuzluğu), *Carpinus sp.* (gürgen), *Eunymous sp.* (taflan), *Hippophae sp.* (yabani iğde), *Juniperus sp.* (ardıç) sayılabilir. Ayrıca, *Alisma plantago aquatica*, *Carum carvi*, *nastirtium officinale*, *Campanula Muscari* gibi sulak alan bitkileri yer almaktadır (Turgut, 2009). Bu Bölgede soğanlı, yumrulu, rizomlu bitkiler, tıbbi ve aromatik bitkiler ve gül türleri de yer almaktadır.

Dünyada en çok ilgi gören, *Cyclamen*, *Iris*, *Galanthus*, *Helichrysum*, *Gentiana*, *Gladiolus*, *Lilium*, *Primula* ve *Rosa* türleri yaygındır (Özhatay ve ark., 2003; Çakmakçı ve ark., 2008). Bölgede yapılan floristik çalışma sonucu 59 familyaya ait 185 cins, 241 tür ve 27 alttür ve 1 varyete tespit edilmiştir. Bu türlerden 35 adeti ise endemiktir (Güner, 2004).

Bölge yaban hayatı bakımından da oldukça zengin bir potansiyele sahiptir. Bölgede *Rupicapra rupicapra* (dağ keçisi), *Capra egagrus* (yaban keçisi) korunan türlerdir.

Vadi ve yakın çevresindeki habitatlar, bir kısmı yalnızca Doğu Karadeniz Bölgesine özgü olan bir çok kuş türünü barındırır. Kafkas Çıvgını (*Phylloscopus sindiatus*), Dağ Horozu (*Tetrao mlokesewiczii*) ve Urkeklik (*tetraogallus caspius*)

bahsi geçen önemli kuş türleri arasında sıralanır. IUCN (Uluslararası Doğa Koruma Birliği)'nin koruma statüsüne göre "EW" (doğada tükenmiş) kategorisinde yer almaktadır.

Aynı zamanda alan kuş göç yolları açısından da büyük önem taşır. Bulunduğu bölgeye oranla daha düşük bir rakıma sahip olan Çoruh Vadisi, Kafkasya Bölgesi ile Anadolu arasında süzülerek göç eden yırtıcı kuşlar ile diğer göçmen kuşlar için bir otoyol vazifesi görmektedir (Bekir ve ark., 2005).

Yaz aylarında vadi tabanına kıyasla, oldukça serin olan Kaçkarlar ve yaylaları, bitki örtüsü, yaban hayatı, göl, şelale, kanyon gibi doğal çekiciliklerle üstün peyzaj özelliklerine sahip, geleneksel yaşam ortamıyla, kamp şeklinde konaklamaya ve ekoturizme uygun özellikler göstermektedir. Bölgenin Aksu Vadisi ve Aksu Çayının kaynakları Kaçkar Dağlarında irili ufaklı toplam 38 buzul gölünden oluşmaktadır. Aksu Vadisinde bulunan Yedigöl Köyü, Dikenli Yaylası- Adalar hattı; Yedigöller, Çiftgöller, Mal Gölü, Deligöl ve Verçelik etekleri ekoturizm bakımından önemli alanlardır (Çakmakçı ve ark., 2008).

Vadinin her iki yakasında, doğu-batı doğrultusunda uzanan sıradağlar üzerindeki yüksek düzlükler, yaylalar ve zirve arasındaki buzul gölleri, göl çevresindeki düzlükler ve gerisindeki çayır ve orman dokusu, doğal güzellikleri, kırsal yaşam, tırmanış ve alpin flora sahası ve akarsu turizmüne uygun alanları ekoturizm için önemlidir.

Kaçkar Dağlarından, Çoruh'a doğru akan yan derelerin oluşturduğu vadilerde aşağıdan yukarıya doğru, farklı rakımlarda olmak üzere 1700-2800 m rakımlarda yaylalar bulunmaktadır. Bu bakımdan Aksu, Gociktur, Sırakonaklar, Hunut derelerinde aynı vadiye farklı rakımlarda yaylalar bulunurken, Çoruh'un güneyinde Devedağı Bölgesindeki yaylalar 1700-2300 m rakımlarda sıralanmış bulunmaktadır.

İspir ilçesi gerek güzellikleri, gerekse tarihi eserleriyle turizme çok elverişlidir. Bölgede pek çok, kale, kilise, cami, mescit, medrese gibi kalıntılar yer almaktadır. Bu kalıntıların başında, İspir

Kalesi, Fısırik Kalesi, Karahan Kalesi, Semehrek Kalesi, Sanduk Kalesi, Mohurgot Kalesi (karakale), Sırakonaklar (Hodiçor) Kilise Camii, Bahçeli Köyü Doğusunda Kilise kalıntısı, Yedigöze Şapeli, İspir Kale Mescidi, Çarşı (Tuğrul Şah) Camii, Kadıoğlu Medresesi, Ömer Paşa Türbesi, Koç Köyü Tarihi Taş Kemer Köprüsü, Akkaoyunlu Harabeleri yer alır (Anonim, 2011b)

Bölgede ayrıca Yedigöller, Elmalı Mağarası, dünyanın en hızlı akan nehirlerinden birisi olan Çoruh Nehrinin rafting sporuna elverişliliği, özellikle yaz turizmi için önemlidir. Balon ve yamaç paraşütçülüğü için gerekli engebeli yüksek dağlar, tepeler bulunmaktadır (Anonim, 2011c).

Araştırma Alanındaki Katılımcıların Ekoturizme Bakış Açılarının Belirlenmesi

Katılımcıların demografik özelliklerine ilişkin bilgiler Çizelge 1’de verilmiştir. Katılımcıların demografik özellikleri incelendiğinde, ankete katılanların %47’si bayan ve %53’ü erkektir. Katılımcıların eğitim düzeyleri dikkate alındığında, %10’unun okuryazar olmadığı, %24’ünün lise, %3’ünün ise üniversite seviyesinde eğitim düzeyine sahip olduğu belirlenmiştir. Geçim kaynaklarına göre yapılan değerlendirmede bölgede en önemli geçim kaynağının %29’luk bir oranla hayvancılık olduğu görülmektedir. Gelir durumlarına göre dağılımlarında ise, katılımcıların % 23’ü 500 TL ve altı, %10’u 1001-1500 TL arası, %13’ü ise 1501 TL ve üstü gelir seviyesine sahip olacak şekilde sıralanmışlardır.

Çizelge 1. Katılımcıların bireysel özellikleri

| Demografik Özellikler | Değişkenler | N (frekans) | Yüzde (%) |
|--|----------------------|-------------|-----------|
| Cinsiyetiniz | Bayan | 46 | 47 |
| | Erkek | 54 | 53 |
| Yaş Dağılımı | 20 ve altı | 8 | 7 |
| | 21-40 | 40 | 40 |
| | 41-50 | 30 | 30 |
| | 51 yaş ve üzeri | 22 | 23 |
| Eğitim Düzeylerine Göre Dağılım | Okur yazar değil | 10 | 10 |
| | İlkokul | 50 | 50 |
| | Ortaokul | 12 | 13 |
| | Lise | 24 | 24 |
| | Üniversite | 4 | 3 |
| *Geçim Kaynağına Göre Dağılım Dağılımı | Hayvancılık | 30 | 29 |
| | Tarımsal faaliyetler | 24 | 24 |
| | Ormancılık | 26 | 26 |
| | Ticaret | 12 | 12 |
| | Diğer | 8 | 9 |
| Aylık Gelir Dağılımı | 500 TL ve altı | 22 | 23 |
| | 501-1000 TL | 54 | 54 |
| | 1001-1500 TL | 10 | 10 |
| | 1501 TL ve üzeri | 14 | 13 |
| Toplam | | 100 | 100 |

*Katılımcılar ilgiliyi soruyu cevaplarırken birden fazla seçenek işaretlemişlerdir.

Katılımcılara “turizm hakkında bilginiz var mı” şeklinde yöneltilen soruya %37’si var, %3’ü yok, %60’ı ise kısmen var şeklinde cevaplar vermişlerdir.

Katılımcılara yöneltilen diğer bir soru, ilçelerinde hangi tür turizm aktivitelerini gerçekleştirebilecekleri olmuştur. Bu amaçla köyde gerçekleştirilebilecek

aktivitelerin beş tanesini önem sırasına göre sıralamaları istenmiştir. Katılımcıların tercih durumları Çizelge 2'deki gibidir. Çizelge incelendiğinde en yüksek ortalama puanın doğa fotoğrafçılığında olduğu

görülmektedir. Bunu sırasıyla, akarsu turizmi, rafting, bitki ve yaban hayatı gözlemeleme, mağara ve yayla turizmi takip etmektedir. Son sırada ise sırasıyla, kamp karavan turizmi ve atlı doğa yürüyüşü yer almaktadır.

Çizelge 2. Katılımcılara göre bölgede gerçekleştirilecek turizm aktivitelerinin dağılımı

| Değişkenler | Tercih Sırası | | | | | Ortalama Puan | Önem Sırası |
|-----------------------------------|---------------|----|----|----|----|---------------|-------------|
| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | | |
| Doğa fotoğrafçılığı (fotosafari) | 8 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3.52 | 1 |
| Rafting (akarsu turizmi) | 6 | 5 | 2 | 2 | 4 | 3.05 | 2 |
| Bitki ve yaban hayatı gözlemeleme | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 2.95 | 3 |
| Mağara turizmi | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 | 2.48 | 4 |
| Yayla turizmi | - | 4 | 4 | 2 | 4 | 1.71 | 5 |
| Tarihsel alan turizmi | 4 | 1 | 1 | - | - | 1.29 | 6 |
| Doğa yürüyüşü | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1.10 | 7 |
| Festival turizmi | - | 2 | 3 | 2 | 2 | 1.10 | 7 |
| Olta balıkçılığı | - | 1 | 2 | 4 | 3 | 1.00 | 8 |
| Av turizmi | 1 | 1 | - | 4 | 3 | 0.95 | 9 |
| Tarım (çiftlik) turizmi | - | 2 | 2 | - | 2 | 0.76 | 10 |
| Jeolojik oluşumları gözlemeleme | - | 1 | 2 | - | 2 | 0.57 | 11 |
| Kamp- karavan turizmi | - | - | 2 | 1 | 1 | 0.43 | 12 |
| Atlı doğa yürüyüşü | - | - | 1 | 1 | - | 0.24 | 13 |

Katılımcılara yöneltilen başka bir soru ise “İlçenizde turizmin gelişimine katkıda bulunmak ister misiniz?” şeklinde olmuştur. Bu soruya katılımcıların %93’i katkıda bulunmak istediğini ve %7’si kararsız olduğunu belirtmişlerdir. Katkıda bulunmak istemediğini belirten ise olmamıştır. Katkıda bulunmak isteyenlere “Ne tür katkılarda bulunmak istesiniz?” şeklinde bir soru yöneltilmiştir. Bu soruda şıklardan üçünü sıralamaları istenmiştir. Soruya verilen cevaplar

Çizelge 3’te verilmiştir. Buna göre yerel halk için 2.00 ortalama puanla yöresel ürünler yapıp satma ilk sırada yer almaktadır. Bunu sırasıyla yemek çeşitleri ve tarımsal ürünleri tanıtmaya (1.87), Pansiyonculuk (1.26) takip etmektedir.

En son sırada ise kültürel ve tarihi zenginliklerin tanıtılmasına rehberlik etme (0.87) yer almaktadır. Katılımcıların %17’si ise her işi yapabileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 3. Katılımcıların ilçelerinde turizmin gelişimi için yapabilecekleri katkılar

| Değişkenler | Tercih Sırası | | | Ortalama Puan | Önem Sırası |
|---|---------------|----|----|---------------|-------------|
| | 1. | 2. | 3. | | |
| Yöresel ürünler yapıp satma | 8 | 7 | 8 | 2.00 | 1 |
| Yemek çeşitleri ve tarımsal ürünleri tanıtmaya | 7 | 8 | 6 | 1.87 | 2 |
| Pansiyonculuk | 5 | 5 | 4 | 1.26 | 3 |
| Kültürel ve tarihi zenginliklerin tanıtılmasında rehberlik etme | 3 | 3 | 5 | 0.87 | 4 |
| Her işi yapma | %17 (5 kişi) | | | | |

Katılımcılara yörelerinin turizm özelliklerini yeterince bilip bilmedikleri şeklinde yöneltilen soruya, %57'si evet biliyorum, %13'ü hayır bilmiyorum ve %30'u ise kısmen biliyorum şeklinde cevaplar vermişlerdir.

Katılımcılara yöneltilen bir diğer soru ilçelerinde turizmin gelişiminden beklentilerinin ne olduğu yönünde olmuştur. Verilen cevaplar önem sırasına

göre sıralandığında ilk sırada 2.29 puanla yeni iş sahalarının açılması en önemli beklenti olmuştur. Katılımcıların diğer beklentisi ek gelir (1.79) elde etmektir. En son sırada ise 0.71'lik ortalama ilçe ve yakın çevresinin güzelleşmesi yer almaktadır. Katılımcıların %3'ü ise ilçelerinde turizmin gelişiminden herhangi bir beklentileri olmadığını belirtmişlerdir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Katılımcıların turizmin gelişiminden beklentileri

| Değişkenler | Tercih Sırası | | | Ortalama Puan | Önem Sırası |
|---------------------------------------|---------------|----|----|---------------|-------------|
| | 1. | 2. | 3. | | |
| Yeni iş sahalarını açılması | 16 | 4 | 8 | 2.29 | 1 |
| Ek gelir elde etmek | 7 | 13 | 3 | 1.79 | 2 |
| İlçenin ekoturizm yönünden gelişmesi | 4 | 8 | 9 | 1.32 | 3 |
| İlçe ve yakın çevresinin güzelleşmesi | 1 | 4 | 9 | 0.71 | 4 |
| Beklentim yok | %3 (1 kişi) | | | | |

Katılımcılara yabancı dil düzeyleri sorulmuştur, elde edilen sonuçlara göre %77'si bilmiyorum, %10'u karşımdakini anlayacak kadar biliyorum, %13'ü derdimi anlatacak kadar biliyorum şeklinde cevaplar vermişlerdir

Köyünüzde gerçekleştirilecek turizm çalışmalarının başarısı için hangi koşullar sizce daha önemlidir?

Şeklinde yöneltilen soruda 2.42'lik ortalama puanla çok iyi bir tanıtım ilk sırada yer almaktadır. Bunu sırasıyla, gerçekleştirilecek turizm aktiviteleri için eğitim desteği (1.46), yöre halkının turizmin hizmet sektöründe yer alması (1.38) ve gerçekleştirilecek farklı turizm türleri için maddi destek (1.17) takip etmektedir. Son sırada ise, birden fazla turizm türlerini kapsayan iyi bir planlama (1.00) yer almaktadır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Gerçekleştirilecek ekoturizm çalışmalarının başarısı için gerekli olan koşullar

| Değişkenler | Tercih Sırası | | | Ortalama Puan | Önem Sırası |
|---|---------------|----|----|---------------|-------------|
| | 1. | 2. | 3. | | |
| Çok iyi bir tanıtım | 15 | 4 | 5 | 2.42 | 1 |
| Gerçekleştirilecek turizm aktiviteleri için eğitim desteği | 7 | 4 | 6 | 1.46 | 2 |
| Yöre halkının turizmin hizmet sektöründe yer alması | 2 | 12 | 3 | 1.38 | 3 |
| Gerçekleştirilecek farklı ekoturizm türleri için maddi destek | 3 | 5 | 9 | 1.17 | 4 |
| Birden fazla turizm türlerini kapsayan iyi bir planlama | 2 | 5 | 8 | 1.00 | 5 |

Katılımcılara son olarak, ilçelerinde turizmin gelişimini olumsuz etkileyen en önemli faktörün ne olduğu sorulmuştur. Katılımcıların %43'ü eğitim imkanlarının yetersizliğini, %40'ı konaklama imkanlarının yetersizliğini, %10'u arazi ve iklim şartlarının elverişsiz olduğunu, %7'si maddi imkansızlıkları turizmin gelişini etkileyen en önemli faktör olarak tercih etmişlerdir.

SONUÇ

Çevreyi koruyan ve halkın refahını gözeten, doğal alanlara duyarlı bir turizm türü olan ekoturizm, kırsal alanlarda sürdürülebilir bir kalkınma aracı olarak büyük önem taşımaktadır. Yapılan ekoturizm çalışmalarının en önemli hedefleri, turizm endüstrisinin negatif etkisini en aza indirmek ve yerel halkın refahını gözeterek, çevresel tahribatların önüne geçmek olmalıdır.

Yapılan çalışmada katılımcıların %3'lük bölümünün turizm hakkında bilgisinin olmadığı ve %60'ünde kısmen bilgisinin olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar dikkate alındığında halkın turizm hakkında bilinçlendirilmesi ve bu konuda eğitim desteğinin gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Katılımcılara bölgede gerçekleştirilebilecek ekoturizm çeşitleri (fotosafari, doğa yürüyüşü, rafting, mağara, yayla turizmi gibi) hakkında genel bilgiler verilmiştir. Anlatılan bu bilgiler ışığında yerel halkın büyük çoğunluğunun bölgelerinde olabilecek turizm çeşitleri arasında tercih yapabilecek kadar farkındalıklarının söz konusu olduğu görülmüştür.

Ankete katılan kişiler ilçelerinde ekoturizme yönelik her türlü aktiviteye büyük oranda olumlu bakmışlar, ve köylerinde yapılacak turizm aktivitelerine yönelik çalışmalarda katkıda bulunmak istediklerini (%93) belirtmişlerdir. Yerel halkın bu konuda hevesli olması, bölgede gerçekleştirilebilecek turizm faaliyetlerinin başarısı için oldukça önemlidir.

Yerel halkın ekoturizmden önemli beklentileri söz konusudur. Gelir seviyesi düşük olan halkın turizmden en önemli beklentisi yeni iş sahalarını açılması ve ek gelir elde etmek olmuştur. İlçelerinin turizm yönünden gelişmesi ve güzelleşmesi de bir diğer beklentileri olmuştur.

Çalışmada ayrıca, yerel halkın özellikle en çok bildikleri işlerde daha fazla hevesli oldukları (yöresel

el sanatları, yemek çeşitleri gibi) ve genel anlamda turizme yönelik pek çok alanda özveriyle çalışma tutumu sergileyecekleri görülmüştür.

Katılımcılar gerçekleştirilecek ekoturizm aktivitelerinin başarısı için tanıtım (2.42) ve eğitimi (1.46) en önemli etken olarak seçmişlerdir. Bu koşulların da bölgeye kırsal kalkınma desteğinin sağlanmasıyla mümkün olacağı düşünülmektedir.

Çalışma alanı olan İspir ilçesi ve yakın çevresinde ekoturizmin gelişmesi ve bölgenin kalkınması için yapılabilecek çalışmalarda aşağıda belirlenen temel öğelere dikkat edilmesi önerilmektedir.

➤ Yedigöller Köyü, Çatakkaya Köyü, yayla ve gölleri, Hanzar ve Yıldıztepe bölgesi, Hunut Dağı ve gölleri, Devedağı, Büyükdere ve Kırklar Dağı gibi bölgelerde, milli park, tabiat parkları, yaban hayatı koruma alanları, gen koruma ormanları ve alanları belirlenebilir.

➤ İspir ilçesi ve yakın çevresinin doğal ve kültürel kaynak değerleri koruma altına alınmalıdır.

➤ Çoruh nehri, aksu deresi, Büyükdere, dünya standartlarında içme kalitesinde olan sulara sahiptir. Buralarda kurulacak HES (Hidro Elektrik Santralleri), lerin kurulması kararında, olumlu veya olumsuz çevresel etkilerin titizlikle belirlenmesi gerekmektedir.

➤ Bölgedeki, endemik türler korunma altına alınmalıdır.

➤ 5000 kişiyi barındırabilecek, uzunluğu tam olarak tespit edilmemiş Elmalı Çam Mağarası sarkıt, dikit ve su birikintileri ile görülmeye değerdir. Bu amaçla mağara yolu ve mağara içerisinde ziyaretçilerin güvenle dolaşabileceği gezi amaçlı yollar düzenlenmelidir.

➤ Bölgede konaklama ve dinlenme tesisleri oluşturulmalıdır.

➤ Bölgede yayla turizmine uygun alanlar tespit edilip, bu alanlarda turizm çalışmaları yürütülmelidir.

➤ Bölgedeki biyolojik çeşitliliği ve endemik bitki potansiyelinin korunması amacıyla "Bitki Müzesi" kurulabilir.

➤ Av turizmi geliştirilirken, yaban hayatı koruma altına alınmalıdır.

➤ Bölgede Deve dağı, Ahlatlar ve Yavuzlar mevkiinde Atlı doğa yürüyüşleri planlanabilir.

➤ Soğanlı, yumrulu, rizumlu bitkiler, tıbbi ve aromatik bitkiler, alpin bitkiler gibi bölgenin zengin

florası en iyi şekilde değerlendirilmeli, bu bitkilerin yetiştiriciliği, yaygınlaştırılması, korunması ve tanıtımı en iyi şekilde yapılarak turizme kazandırılmalıdır.

➤ Ekolojik ürün ve tarım turizmi kapsamında, organik ürün üretimi, yerel gıdalar ve yabancı meyveler değerlendirilmelidir.

➤ Çoruh'a yakın derelerde sportif olta balıkçılığı geliştirilmelidir.

➤ Çim ve kar kayağı yapılabirliği araştırılmalı ve yaz aylarında çim, kış aylarında kayak yapılabilecek yayla veya bölgeler belirlenmelidir.

➤ Yörenin genetik ve su kaynaklarını korunması ve doğal güzelliklerinin tanıtımına yönelik projeler hayata geçirilmelidir.

➤ Tarihi eserlerin korunması, restorasyonu ve tanıtımı yapılmalı özellikle kalıntı halindeki tarihi ve mimari miraslarımızın yenileme işleminin biran önce tamamlanmalıdır.

➤ Bölgenin turizme yönelik taşıma kapasitesi (alanın sahip olduğu biyolojik ve ekolojik değerlerin bozulmadan kalması ve devamlılığı) belirlenmeli bu anlamda olumsuz etkileri en aza indirgeyecek iyi bir planlama yapılmalıdır.

Kısacası, bölge yaylaları, ormanları, suları, temiz atmosferi ve ekoturizme uygun alanları ile keşfedilmeyi beklemektedir.

KAYNAKLAR

- Akpınar S, 2002. Türkiye'nin turizm merkezlerinde ekoturizm yaklaşımları. Turizm Bakanlığı Yatırımlar Genel Müdürlüğü Planlama Dairesi Yayınları. 49s.
- Aktaş A, 2002. Turizm İşletmeciliği ve Yönetimi, Azim Matbaa, Antalya. 27s.
- Atıparmak M, 2002. Turizmin çeşitlendirilmesi, sürdürülebilir turizm ve planlama. II. Truzm Şurası Bildiriler Kitabı, 275s.
- Anonim 2011a. Tourism and Community-Based Development <http://training.villageearth.org> (Erişim Tarihi 15.03.2011).
- Anonim 2011b. İspir İlçesinin Tarihçesi. <http://www.ispir.gov.tr> (Erişim Tarihi 15.03.2011).
- Anonim, 2011c. Doğu Anadolu Turizm Geliştirme Projesi (Datur) 2010 Yılı İlerleme Raporu <http://www.datur.com.tr> (Erişim tarihi 15.03.2011).
- Bekir S, Bozdoğan M, Karadeniz D, Yavuz N, 2005. Çoruh Vadisi, Kuş Göç Yolları Araştırma Raporu. Doğu Anadolu Kalkınma Programı, Doğu Anadolu Turizmi Geliştirme Projesi (Datur), 54s.

- Büyüköztürk, S., 2008. Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Ankara: Pegem Yayınları.
- Çakmakçı R, Erdoğan Y, Ayyıldız F, 2008. Yukarı Çoruh havzasının eko ve botanik turizm potansiyeli. İspir- Pazaryolu Tarih Kültür ve Ekonomi Sempozyumu, 26-28 Haziran 2008, İspir.
- Güner A, Öztekin M, Tezcan F, 2004. İspir- Yusufeli UNDP Turizm Potansiyeli Raporu, 27s.
- Günes G, Hens L, 2007. Ecotourism in old-growth forests in Turkey: The Kure Mountains experience. Mountain Research and Development. 27 (3): 281-283.
- İslamoğlu H, 2003. Bilimsel araştırma yöntemleri. İstanbul: Beta Basım.
- Kozak N, Kozak MA, Kozak M, 2001. Genel Turizm İlkeler - Kavramlar. Detay Yayıncılık. 216s.
- Kubas A, Altas D, Sapcı B, 2006. Analysis of the motivation factors that affect the divers diving place preferences by the ordinal logistic regression. International Journal of Agriculture and Biology. 8 (1): 76-79.
- Kurdoğlu O, 2001. Koruma Alanları ve Ekoturizmin Karadeniz Bölgesi Açısından İrdelenmesi. Türkiye Ormancılar Derneği Yayını. Orman ve Av, Sayı 4, 4s.
- Ok K, 2006. Multiple Criteria activity selection for ecotourism planning in İgneada. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 30 (2): 153-164.
- Özdamar, K., 2003. Modern Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Eskişehir: Kaan Kitabeni
- Özhatay N, Byfield AN, Atay S, 2003. Important Plant Areas of Turkey. WWF Turkey Press, 54p.
- Öztunalı Kayır G, 1998. Batı Akdeniz kıyıları taşıma kapasitesi ve ekoturizm. Türkiye kıyıları, 1998. Türkiye'nin kıyı ve deniz alanları II. Ulusal Konferans Bildirileri Kitabı, 24-27 Haziran 1998, 317s.
- Rinne P, Seastaominen O, 2005. Local economic role of nature-based tourism in Kuhmo municipality, eastern Finland. Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism. 5 (2): 89-101.
- Şerefoğlu C, 2009. Kalkınmada kırsal turizmin rolü. 2007-2013 yılları arasında ülkemizde uygulanacak olan IPARD kırsal kalkınma programındaki yeri, önemi ve beklenen gelişmeler. Uzmanlık Tezi, 176s.
- Tokalau F, 2005. The economic benefits of an ecotourism project in a regional economy: a case study of Namuamua Inland tour, Namosi, Fiji Islands. Nature-based tourism in peripheral areas. Development or Disaster, 173-187.
- Tolungüç A, 1999. Turizm Olgusu ve Türk Turizmi. Media Cat, Ankara. 37s.
- Turgut H, 2009. Erzurum'daki bazı sulak alan bitkilerinin tespiti ve bu bitkilerin peyzaj mimarlığında kullanım olanakları. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Doktora Tezi, 206s.
- Yazıcıoğlu Y., 2004. SPSS Uygulamalı Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Yıldız N, Akbulut Ö, Bircan H, 2006. İstatistiğe Giriş. Beşinci Baskı, Aktif Yayınevi. 44s.

Effects of Different Conditions on The Vase Life of *Orchis palustris*

Serkan ÖZER¹, Hasan YILMAZ,¹ Mehmet Akif IRMAK¹, Murat ZENGİN²

ABSTRACT: *Orchis palustris* grows naturally in Erzurum and has drawn attention as new cut-flower. This study was carried out to determine the vase life of *Orchis palustris* under different conditions including the use of chemical preservatives; (8-HQ, AgNO₃, sodium benzoate, sugar, AlSO₄ and kinetin). The results indicated that the B solution prolonged the life of the Orchids by 23 days, which is 8.4 days longer than the control. It was also found that *Orchis palustris* which stays alive for up to 14.6 days even in tap, can be a cut as flower and vase plant with life length of its flowers and exclusive size of its flowers.

Keywords: Cut flower, Erzurum, *Orchis palustris*, solution, vase life

Orchis palustris'in Vazo Ömrü ve Diğer Bazı Özellikleri Üzerine Değişik Kimyasal Karışımlarının Etkisi

ÖZET: *Orchis palustris* Erzurum ilinde doğal olarak yetişmekte ve çiçeklerin güzellikleri ile yeni bir kesme çiçek türü olarak dikkatleri çekmektedir. Çalışma *Orchis palustris*'in biri Control (musluk suyu) olmak üzere dört ayrı solüsyonda (8-HQ, AgNO₃, sodyum benzoat, şeker, AlSO₄ ve kinetin) vazo ömürlerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma sonucunda *Orchis palustris*'in B solüsyonunda 23.0 gün vazo ömrü ile Control solüsyonuna göre 8.4 gün (57.5%) artış sağladığı gözlenmiştir. Ayrıca Control solüsyonu olan musluk suyunda bile 14.6 gün yaşayan *Orchis palustris*'in gerek çiçek ömrü gerekse de etkileyici çiçek boyu ve güzellikleri ile iyi bir kesme ve vazo çiçeği olabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Erzurum, kesme çiçek, *Orchis palustris*, solüsyon, vazo ömrü

¹ Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı, Erzurum, Türkiye

² Pamukkale Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Denizli, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Serkan ÖZER, sozer2000@hotmail.com

INTRODUCTION

Flowers reveal the distinctive beauty of nature. Naturally growing flowers have been cultivated for many years for their various characteristics including medicinal and aesthetic. People living in urban environments tend to use different varieties of flowers either in or out of their houses. Cut-flowers are chosen as the indicative symbol of love for special events. The floral industry has seen an increase in demand in recent years. Cut flowers account for 80 % of the commercial flower market in the world (Groot, 1998). Due to its diverse eco-geographic characteristics, Turkey contains over 9000 different plant species, 3000 of which are endemic (Kiziroğlu ve ark., 1992). In spite of this richness, the country is not a key producer in the flower trade. According to the AIPH (2008), Turkey was ranked 24th in the world in 2007 for ornamental plant production (Anonymous 2009)

Orchid production in Turkey is below the level of demand in the world. However, orchids are popular tropical cut-flowers and are now marketed globally (Hew, 1994). Orchids rank fourth among cut flowers in EU countries with an export rate of 151 744 stems and 85 172 million Euros. Orchid production has not seen an increase in Turkey despite increases in imports in recent years. In 2008, it was the second most imported flower following the rose (Anonymous, 2009). In the floral industry, aesthetic conditions and vase life are among the top criteria required by wholesale growers. Several

studies have shown the effects of different chemicals on flower length and shelf life. (Yılmaz, 1991; Ketsa et al., 2001; Sahamantak and Pathania, 2003; Sing et al., 2004; Al-Humaid; 2004, Darras, 2005; Macnish et al., 2008; Machaka-Houri et al., 2012; Gomiz el al., 2013).

The objective of this study was to determine the length of vase life and use possibilities of *Orchis palustris* as cut-flowers, which is a native plant in the northern area of the city of Erzurum, appreciated for its beauty and flower length. In addition, prolonging the vase life of *Orchis palustris* using chemical solutions by investigated.

MATERIAL AND METHODS

In this study, *Orchis palustris* was the primary material. The plants were grown naturally in prairie and wet lands located 20 km north of the city of Erzurum in the Northern Anatolia region of Turkey. (Eken et al., 2005). Cultivated in their native setting, root the length measurement is between 40 and 80 cm, petals are 18 to 20 cm and flower stems are 3.0 to 3.5 cm. To obtain homogeneous samples, fully mature plants with similar features were sampled (length: 50-60 cm, petal: 18-20 cm, flower stems: 3-3,5 cm) (Figure 1). The plants were 90 % in bloom at the flowering stage. Stems were cut at ground level in their natural habitat then were transported to the laboratory in water and protected from light during transportation.



Figure 1. Preparation of samples for vase experiment.

Preparation of solutions: Solutions were prepared considering the principles of Ketsa and Boonrote (1990), Yılmaz (1991) and Ketsa et al. (1995). Four different solutions (A), 100 mg L⁻¹ 8-HQ, 50 mg L⁻¹ AgNO₃, 60 mg L⁻¹ sodium benzoate, 40 g L⁻¹ sugar, 25 mg L⁻¹ AlSO₄ and 5 mg L⁻¹ kinetin; (B), 150 mg L⁻¹ 8-HQ, 100 mg L⁻¹ AgNO₃, 80 mg L⁻¹ sodium benzoate, 50 g L⁻¹ sugar, 20 mg L⁻¹ AlSO₄ and 10 mg L⁻¹ kinetin; (C), 300 mg L⁻¹ 8-HQ, 75 mg L⁻¹ AgNO₃, 100 mg L⁻¹ sodium benzoate, 60 g L⁻¹ sugar, 15 mg L⁻¹ AlSO₄ and 5 mg L⁻¹ kinetin; and in the fourth solution (Control) tap water were used. Mixtures of A, B and C were diluted in 1 L – vase full of tap water. *Orchis palustris* samples were cut with a stem length of 25 to 30 cm and flower length of

19 to 21 cm before being taken to laboratory. A total five flowers were put into 1 – L vases. The Wilson Colour Chart catalogue was used for the definition of flower colours. Colour of the flower samples was detected to be Amethyst Violet 35 (Wilson, 1938).

Preparation of laboratory conditions: Vases were kept under shade conditions to protect flowers from direct sun light (Figure 2). Special care was taken to prevent humidity and temperature changes. During the study, the laboratory was ventilated for two hours every other day. Changes in the pH of the solutions were measured at the beginning, middle and end of the study period. The length of flowers and flower stems, stem thickness and solution levels were measured.



Figure 2. *Orchis palustris* plants in the laboratory.

Variations in the amount of solution: Diluted substance rates in the vases showed variations depending on humidity and temperature. 1 – L baseline levels of solutions were marked on the vase. Loss of solution levels was determined by measuring these levels every other day at the same time. All levels were adjusted to 1 L by adding extra solution (Meeteren and Gelder, 1999).

pH variations of the solutions: pH level variations is one of the factors affecting the shelf life

length of cut flowers (Put and Meijden, 1988). Variations in pH of each of the solutions was determined by measuring pH levels when solutions were first prepared (at the baseline; 1st day), in the middle of the and at the end of the (11th day and 21st to 23rd days respectively) possible length of vase life.

Variations in stem thickness: Thickness of the flower stems measured before exposure to solution showed variations depending on the time when flowers were placed into vases. (Lee and Lee, 1989).

This variable was also measured regularly during the study period.

Variations in flower length: Length of flowers is an important factor in determining cut flower quality. Flower length was measured at the beginning of the study. After the first measurement, variations in flower length were measured regularly in two-day intervals in order to monitor the flowers which did not blossom in the rate of 10 %.

Flower variations: Reduction in flower radius was measured regularly in order to follow contractions due to fading. Samples were labelled as dead when the number of dead florets exceeded half of the span of their radius which was determined to be the end of vase or shelf life. The number of dead flowers was regularly measured until the end of vase life.

Statistical analysis: The experimental design was randomized with three replications. Data were subjected to variance analysis using SPSS statistical

software. Differences in solution content applications were tested using the LSD test.

RESULTS AND DISCUSSION

Stem thickness and flower length of A,B and C varied and the control solutions, and pH also showed great variations. The average temperature and relative humidity were measured at 18.5 °C and 68 % during the study, respectively. Solution losses measured every other day increased with time. The maximum loss of solution occurred on the 13th day, with the exception of the control. Towards the end of the study period, this increase ceased and losses decreased with a reduction in the number of flowers in the vases. Flowers treated with solution C, exhibited the lowest solution loss on the 3rd day of the study period with 20.6 ml while the maximum solution loss occurred on 13th day with 29.6 ml compared to the other solutions (Figure 3).

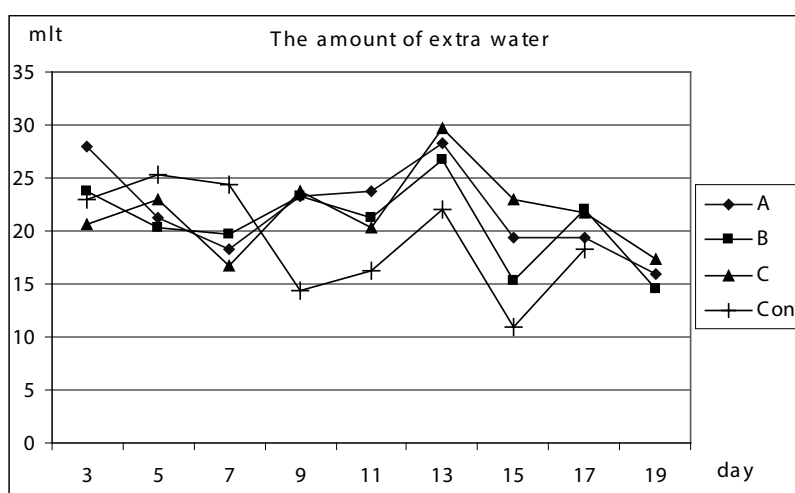


Figure 3. Solution losses of vases.

pH values of solutions were measured before putting flowers into vases. pH value of solution A was 4.72, the lowest among the solutions, and the highest pH was tap water with a value of 7.27. In the middle of study period, on the 13th day, the pH of all of the solutions showed a decreasing trend while at the end of the period, the pH of all of the solutions continued to decrease with the lowest pH of 3.80 in solution B.

The control vase showed a different trend in pH values from the other solutions by having a slight decrease at first, then stabilizing and increasing at the end exceeding the baseline value of 7.76 (Figure 4). Results of the statistical analysis showed that there is a negative relationship between the life length of flowers and pH in all solutions. Acidity increased life length of the flowers.

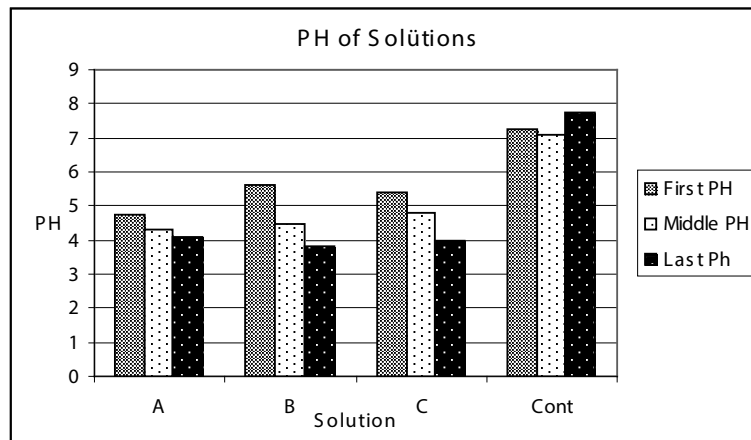


Figure 4. pH changes in solutions

Another variable evaluated in the study was stem thickness, which showed a decreasing trend towards the end of the study period for all treatments. For instance, the stem thickness of flowers in solution B was 0.83 cm when they were put into a vase, which was the highest mean value among the samples, with a value of 0.76 cm at the end of the study.

Flower length is an important factor for cut flowers. The highest mean flower length at the beginning was measured at 21.1 cm in solution B while the control had the lowest value at 19.4 cm. The highest increase in flower length was 2.5 cm in solution C while the lowest increase was 0.7 cm in the control in the end of study (Figure 5).

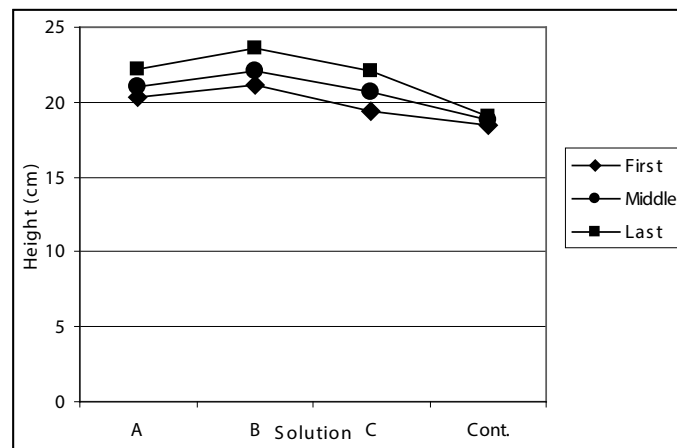


Figure 5. Changes in flower length in time

The radius of flowers was measured before they were put into vases and measurements were taken throughout the study period. Mean radius values were 3.1 cm, 3.2 cm, 3.2 cm and 3.2 cm in A, B, C solutions and the control, respectively whereas these values were 2.26 cm, 2.30 cm, 2.50 cm and 2.73 cm in solutions A, B, C and the control when flowers began to die.

In the measurements conducted as flowers began to die, the maximum reduction in flower radius was found

to be 0.9 cm in solution B while the minimum was seen in control with 0.7 cm. When considering the length of vase life, the shortest vase life was seen in the control with 14.6 days while the longest was in solution B with 23.0 days, which was followed by solution A and C with 21.06 and 21.0 days. Solution B increased life length by 8.4 days (57.5%) as compared to the control while solutions A and C caused an increase of 6.46 (44.2%) and 6.40 (43.8%) days, respectively (Figure 6).

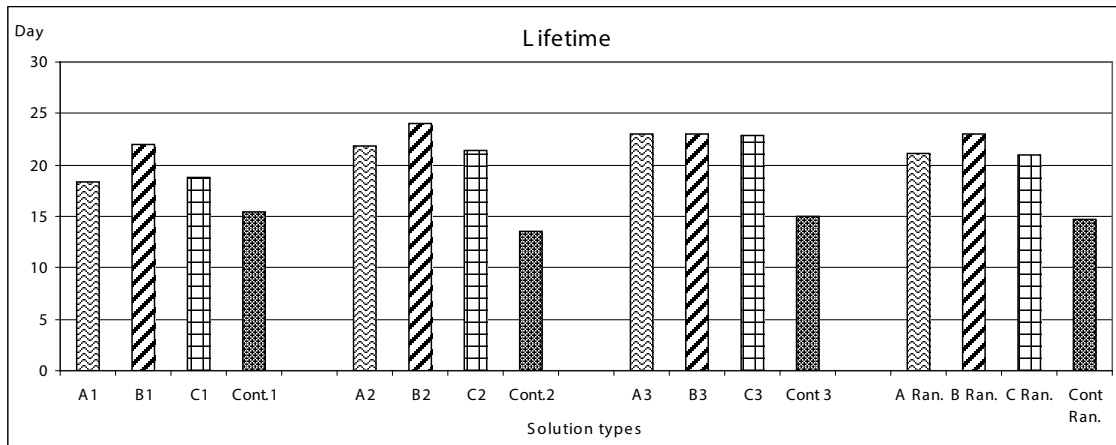


Figure 6. Relationship between solution types and vase life

There were significant differences among the three solutions and the control ($P < 0.01$). The relationship between life length and pH was significant at the beginning of study, while very significant in the middle

of the and at the end of the study. The difference in flower radii between the beginning and the end of study period was very significant (Table 2).

Table 1. Relationships among parameters of *Orchis palustris* ($p < 0.01^{**}$)

| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. |
|-------------------------|----|------|--------|-------|--------|---------|---------|-------|-------|--------|
| 1.flowerlife | | 0.52 | 0.59* | -0.05 | -0.68* | -0.79** | -0.80** | 0.02 | 0.007 | -0.32 |
| 2.flowerdiameterfirst | | | 0.88** | -0.13 | -0.22 | -0.34 | -0.35 | -0.02 | -0.29 | -0.53 |
| 3.flowerdiameterrmiddle | | | | 0.29 | -0.06 | -0.23 | -0.20 | 0.25 | -0.11 | -0.28 |
| 4.flowerdiameter end | | | | | 0.39 | 0.30 | 0.41 | 0.64* | 0.27 | 0.41 |
| 5.pHfirst | | | | | | 0.95** | 0.95** | 0.31 | 0.15 | 0.49 |
| 6.pHmiddle | | | | | | | 0.97** | 0.23 | 0.20 | 0.61* |
| 7.pHend | | | | | | | | 0.28 | 0.12 | 0.53 |
| 8.stemthicknessfirst | | | | | | | | | 0.62 | 0.28 |
| 9.stemthicknessmiddle | | | | | | | | | | 0.71** |
| 10.stemthicknessend | | | | | | | | | | |

Flora of Turkey is rich in plant diversity. Most studies were carried out to determine and use the flowers growing in Turkey (Yücel and Altınöz 2001; Zencirkıran 2005; Kılıç et al., 2006; Özer et al., 2009; Düşen and Sümbül 2007; Koyuncu et al., 2011; Bektaş et al., 2013). Therefore extending the vase life of these wild flowers in Turkey are becoming increasingly

important for cut flower production. Various factors are well known to effect the vase life length of cut flowers. Physical factors such as humidity and temperature were the same for all solution types in the vases; these factors remained constant. Variations in the vase life length caused by solutions A, B, C and the control were evaluated. Solutions used by

Yılmaz (1991) were also applied in the present study and results are consistent with those of Ketsa (1995), Ichimura et al. (1999), Onozaki et al. (2001), Paul and Chantrachit (2001), Capdeville (2005) and Macnish et al. (2008), all of which found that various solutions increased life length of *Orchis palustris* compared to that of tap water (control).

The study revealed a significant relationship between flower length and pH and solution loss. The life length of flowers in solutions with a lower pH was longer. The solution which exhibited the longest vase life length was solution B with a pH value of 3.80, which was lower than that of A and C. The pH of the control solution was determined to be 7.27 at the beginning, which showed a decrease until the 13th day when flowers began to die and the pH increased to 7.76. It is clear that the pH of solution B, which provided the longest vase life, was the lowest while the control with the shortest vase life had the highest pH. This shows a clear negative relationship between pH and vase life length.

A relationship was found between the flower stems and life length of flower. Solution B provided the longest life for flowers with a radius of 0.9 cm, whereas control solution provided the lowest reduction with 0.7 cm and shortest life length.

A close relationship was also obtained between vase life length and solution losses. On the 15th day of the study, total loss in solution B was the lowest compared to solutions A and C, with 150 ml. At the beginning of fading period, which was 21st day, loss in solution B was the lowest with 198.9 ml, which was followed by solution C and A with 203.6 ml and 212 ml. This result shows that as the loss in solution reduces, life length increases which is not consistent with the findings of the study by Paul and Goo (1985) on *Anthurium*.

Solutions in general significantly increased the life length of flowers compared to tap water ($P < 0.01$). This increase was seen in solution B (150 mg/L 8-HQ, 100 mg/L AgNO₃, 80 mg/L sodium benzoate, 50 g/L sugar, 20 mg/L AlSO₄ and 10 mg/L kinetin) at the highest with 23.0 days (57.5%). When considered the solutions in the study, only kinetin is higher in solution B than A and C. By considering this result,

amount of solution B, which is between A and C, can be accepted to be more suitable. In addition, use of kinetin more in this solution than A and C can be said to have favourable effects on the length of flower. This study showed that in addition to its attractive features, *Orchis palustris* is a good quality vase flower which can be vivid for 14.6 days even in tap water.

Vase flowers sold in the region are brought from outside the region. It was found in the study that *Orchis palustris* is a good quality vase flower with its flower characteristics and vase life. Therefore, it can be used as a new cut-flower for these favourable features; to meet cut flower need of its native region; and to be exported to other neighbouring regions and countries.

REFERENCES

- Anonymous, 2009. Kesme Çiçek Sektör Raporu. T.C. Başbakanlık Devlet Dış Ticaret Müsteşarlığı, İhracat Genel Müdürlüğü, p. 24. Ankara.
- Al-Humaid, 2004. Silver Thisulfate Prolongs Vase Life and Improves Quality of Cut *Gladiolus* and *Rose* Flowers. Journal of Food, Agriculture and Environment, p. 296-300, Buraidah, Suidi Arabia.
- Bektaş E, Cüce M., Atalay S, 2013. In vitro germination, protocorm formation, and plantlet development of *Orchis coriophora* (*Orchidaceae*), a naturally growing orchid species in Turkey. Turk J Bot 37: 336-342.
- Capdeville De G, Maffia LA, Finger FL., Batista UG, 2005. Pre-harvest calcium sulfate applications affect vase life and severity of gray mold in cut *roses*. Scientia Horticulturae, 103/3: 329-338.
- Darras AI, Terry LA, Joyce DC, 2005. Methyl jasmonate vapour treatment suppresses speckling caused by *Botrytis cinerea* on cut *Freesia hybrida* L. Flowers. Postharvest Biology and Technology 38: 175-182.
- Düşen OD, Sümbül H, 2007. A Morphological Investigation of *Colchicum* L. (*Liliaceae*) Species in the Mediterranean Region in Turkey. Turk J Bot 31:373-419.
- Eken C, Erciqli S, Eşitken A, Demirci E, Yuen GY, 2005. First report of crown and stem rot of orchid (*Orchid palustris*) caused by *Sclerotinia minor*. Plant Disease, 89/8: 913.
- Groot NSP, 1998. "Floriculture Worldwide Trade and Consumption Patterns", World Conference on Horticulture Research, 75-99, Roma.
- Gomiz NE, Torretta JP, Aliscioni SS, 2013. Comparative anatomy of elaiophores and oil secretion in the genus *Gomesa* (*Orchidaceae*). Turk J Bot 37: 859-871.
- Hew CS, 1994. Orchid cut-flower production in ASEAN countries, In: Arditti, J. (Ed.), Orchid Biology: Reviews and Prospectives, Vol. VI. Wiley, New York, 363-401.

- Kazuo-Ichimura K, Kojima K, Goto R, 1999. Effects of temperature, 8-hydroxyquinoline sulphate and sucrose on the vase life of cut *rose* flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 15/1: 33-40.
- Ketsa S, Boonrote A, 1990. Holding solutions for maximizing bud opening and vase-life of *Dendrobium 'Youppadeewan'* flowers. *J. Hortic. Sci.* 65: 41-47.
- Ketsa S, Piyasaengthong Y, Prathuangwong S, 1995. Mode of action of AgNO₃ in maximizing vase life of *Dendrobium 'Pompadour'* flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 5/1-2: 109-117.
- Ketsa S, Uthairatanakij A., Prayurawong A, 2001. Senescence of diploid and tetraploid cut inflorescences of *Dendrobium 'Caesar'*. *Scientia Horticulturae*, 91/1-2:133-141.
- Kılıç S, İnce A., Özçelik H, 2006. Türkiye'nin Ekonomik Değer Taşıyan Geofitlerinden *Corydalis solida subsp. Solida* ve *Corydalis onorhiza* (Fumariaceae)'nin Anatomik Özellikleri. *Ekoloji (FEPR)*, 15/60: 46-54.
- Kızıroğlu İ, Ekim, T., Özgül C, 1992. Türkiye'nin Biyolojik Zenginlikleri ve Tehdit Altındaki Canlı Türleri. *Tabiat ve İnsan*, 2: 5-13.
- Koyuncu O, Yaylacı ÖK, Öztürk D, Potoğlu Erkarı İ, Savaroğlu F, Osoydan K., Ardiç M, 2011. Distribution, Elements of Destruction and Evaluation of Risk Categories of *Orchids* In Osmanieli (Bilecik/Turkey) and Its Environs. *BioDiCon* 4/1: 122-133.
- Machaka-Houri N, Al-Zein MS, Westbury DS, Talhouk SN, 2012. Reproductive success of the rare endemic *Orchis galilaea* (*Orchidaceae*) in Lebanon. *Turk J Bot* 36: 677-682.
- Macnish A J, Leonard RT, Nell T A, 2005. Treatment with chlorine dioxide extends the vase life of selected cut flowers, *Postharvest Biology and Technology* 50: 197-207.
- Meeteren UV, Gelder HV, 1999. Effect of time since harvest and handling conditions on rehydration ability of cut *chrysanthemum* flowers. *Postharvest Biology and Technology* 16: 169-177.
- Onozaki T, Ikeda H., Yamaguchi T, 2001. 5-Genetic improvement of vase life of carnation flowers by crossing and selection. *Scientia Horticulturae*, 87/1-2: 107-120.
- Özer S., Yılmaz H, Kaya Y, 2009. Determination of The Diversity of Grassy and Woody Plant Species In Sarıkamış/Turkey District and Evaluation of Their Usability In Planning and Design Attempts. *BioDiCon* 2/3:75-81.
- Paull RE, Chantrachit T, 2001. 4-Benzyladenine and the vase life of tropical ornamentals. *Postharvest Biology and Technology*. 21/3: 303-310.
- Paull RE, Goo, 1985. Ethylene and water stress in the senescence of cut *anthurium* flowers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110: 84-88.
- Sahamantak M, Pathania NS, 2003. Effect of Pulsing Treatments on Post Harvest Characters of *Gladiolus*. *Horticultural Abstract*. 73/3: (2748).
- Selvi S, Erdoğan E, Daşkın R, 2008. *Hyacinthella lineata* (Liliaceae) Üzerinde Morfolojik, Anatomik ve Ekolojik Araştırmalar. *Ekoloji (FEPR)*, 17/68: 24-32.
- Singh AK, Chetan S, 2004. Effect of Spacing and Zinc on Growth and Flowering in *Gladiolus* Cultivated *Sylvia*. *Progressive Horticulture*, 36/1: 94-98,
- Wilson RF, 1938 "The Wilson Colour Chart", Vol:I-II, syf: 89-90-127-128.
- Yılmaz H, 1991. Bazı Kesme Çiçeklerde (*Rosa hybrida* var. *Baccara*, *Dianthus caryophyllus* var. *Pink Sim*, *Gerbera jamesonii* var. *Fleur* ve *Gypsophila elegans* L.) Madde Uygulamaları ile vazoda Dayanma Sürelerinin Uzatılması. Atatürk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s. 60, Erzurum
- Yücel E, Altınöz N, 2001. *Salvia wiedemanni*'nin Ekolojik Özellikleri. *Ekoloji (FEPR)*, 10/38: 9-17.
- Zencirkıran M, 2005. Effects of Sucrose and Silver Thiosulphate Pulsing on Stem-Base Cracking and Vase-Life in *Leucojum aestivum* Flowers. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80/3: 332-334.

İzmir Körfezi Midye (*Mytilus galloprovincialis* ve *Mytilaster minimus*) Yataklarında Saptanan Yabancı Bivalv Türleri

Alper DOĞAN¹

ÖZET: Bu çalışmada, İzmir Körfezi'nde medio-littoral zonda seçilen 4 istasyonda, midye yataklarında dağılım gösteren yabancı Bivalvia türlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. 2014 yılı Kasım ayında alınan örneklerin değerlendirilmesi sonucunda 11 bivalv türü ve bu türlere ait toplam 8200 birey saptanmıştır. Tespit edilen bivalvlerden *Anadara transversa*, *Arcuatula senhousia*, *Brachidontes pharaonis* ve *Pinctada radiata* yabancı türler olup, araştırmada bu türlerin toplam 122 bireyine rastlanmıştır. Örneklerde juvenil bireyler ile temsil edilen *A. transversa*, toplamda 65 birey ile en baskın yabancı tür olarak belirlenirken, *B. pharaonis* ise toplam 12.94 gr ile en yüksek biyomas değerine sahip yabancı tür olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bivalvia, İzmir Körfezi, midye yatağı, yabancı tür

Alien Bivalve Species Found on the Mussel (*Mytilus galloprovincialis* and *Mytilaster minimus*) Beds in Izmir Bay

ABSTRACT: The present study is aimed to determine alien bivalve species on the mussel beds (*Mytilus galloprovincialis* and *Mytilaster minimus*) inhabiting the medio-littoral zone of four stations located in Izmir Bay (Aegean Sea). Samplings were performed in November 2014 and as a result, a total of 8200 specimens belonging to 11 bivalvian species were encountered. Of the species determined, *Anadara transversa*, *Arcuatula senhousia*, *Brachidontes pharaonis* and *Pinctada radiata* were alien ones represented with 122 individuals. Among the alien bivalves, *A. transversa* that comprised juvenile specimens was the most dominant species with a sum of 65 individuals and *B. pharaonis* had the highest biomass value (12.94 gr in total) in the area.

Key words: Alien species, Bivalvia, Izmir Bay, mussel bed



¹ Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler, İzmir, Türkiye
Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Alper DOĞAN Mail Adresi: alper.dogan@ege.edu.tr

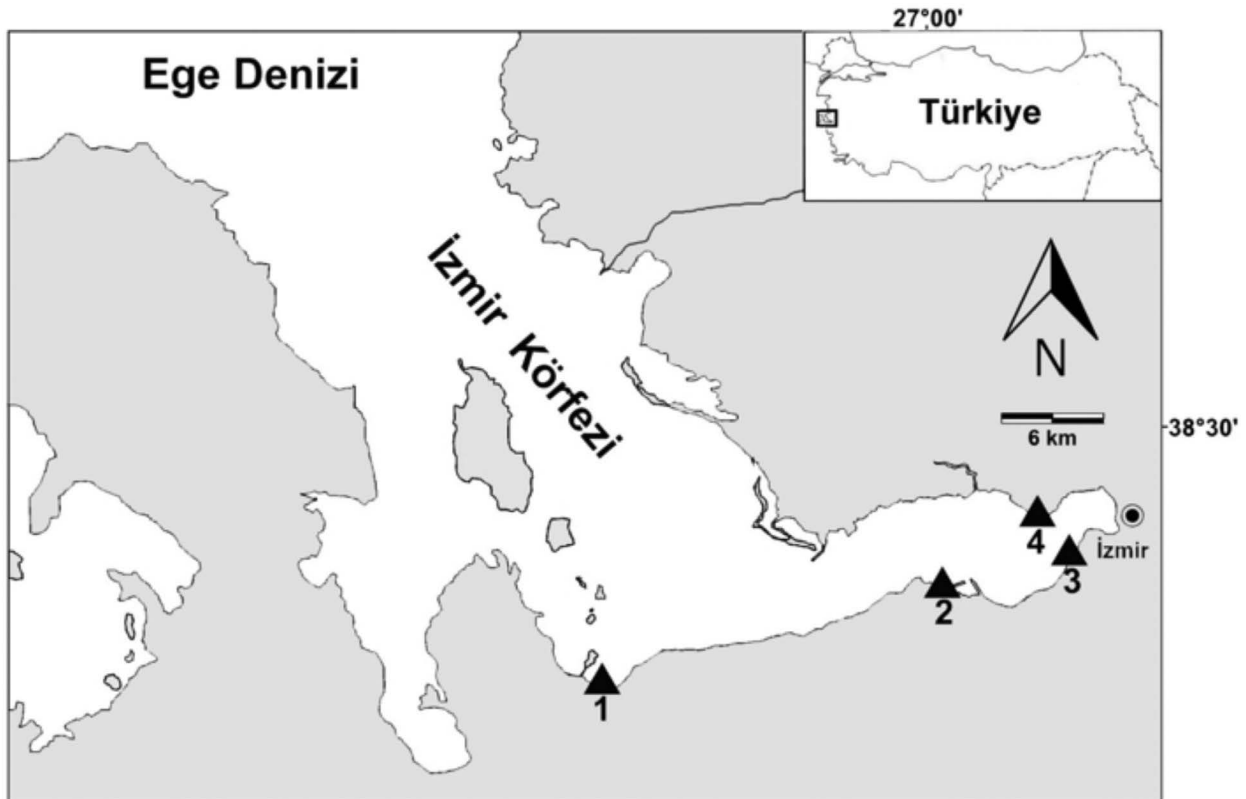
GİRİŞ

İzmir Körfezi, Ege Denizi'nin Anadolu kıyılarına yaklaşık olarak 60 km girmesi ile meydana gelen bir körfez olup, topoğrafik olarak iç, orta ve dış körfez olmak üzere üç kısımda incelenir (Kocataş, 1980). Karaburun Yarımadası ile Gediz Deltası arasında Kuzey-Batı, Güney-Doğu doğrultusunda uzanan daha geniş ve daha derin kısım dış körfez olarak adlandırılırken, dış körfez'in Güneydoğusunda bulunan Çilazmak Lagünü ile Kalabak hattı arasında kalan bölge orta körfez ve İzmir'in en yoğun yerleşiminin olduğu, körfezin Yenikale Geçidi'ne kadar olan bölümü ise iç körfez olarak bilinmektedir.

İzmir Körfezi 1960'lı yıllardan başlayarak, estetik ve sağlık açısından tüm Akdeniz'in en önemli kirlilik yoğunlaşmalarının yaşandığı odaklardan biri haline gelmiştir. İzmir ve civarında yaşayan 3 milyondan fazla insan ve oldukça fazla sayıda fabrika vb. işletmelere ait atıklar bu kirliliğin nedeni olarak gösterilmektedir (Doğan et al., 2005). Bu kirlilik yükleri, yıllarca herhangi bir temizleme işlemi geçirmeksizin bu alıcı ortama ulaşmıştır. Körfezin iç kesimlerinde kirlilik aşırı boyutlara ulaşmış ve körfezin ekolojik dengesinde onarılması güç bozulmalar gözlenmeye

başlanmıştır. Bu nedenlerden dolayı 1983 yılında Büyük Kanal Projesi çerçevesinde arıtma tesisi kurma çalışmaları başlatılmış, bu tesisinin büyük bir kısmının 2000 yılında devreye girmesi ile orta ve iç körfezde fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikler söz konusu olmaya başlamıştır (Kontaş et al., 2004; Çınar et al., 2006). İzmir iç körfezde yer alan İzmir Limanı'ndan kaynaklanan yoğun gemi trafiğinin de körfez ekosistemi üzerinde olumsuz etkileri vardır. Körfezdeki yoğun denizel taşımacılık aktiviteleri, oluşturdukları kirliliğin yanında, yabancı türlerin taşınmaları konusunda da önemli etkiye sahiptirler (Çınar et al., 2006; 2008).

İzmir Körfezi'nde daha önce gerçekleştirilen çalışmalarda (Demir, 1977; Öztürk and Poutiers, 2005; Çınar et al., 2006; 2008; 2012; Doğan et al., 2014) özellikle yumuşak substratumlardan tespit edilen yabancı bivalv türlerine değinilmiş olup günümüze kadar, yabancı bivalv türlerinin sert substratumlarda yer alan midye fasieslerindeki kalitatif ve kantitatif durumlarına ilişkin bir çalışma gerçekleştirilmemiştir. İzmir Körfezi medio-littoral zon midye fasieslerinde dağılım gösteren ve özellikle körfezde istilacı olma potansiyeline sahip yabancı bivalv türlerinin mevcut durumlarının tespiti bu çalışmanın konusunu teşkil etmektedir.



Şekil 1. İzmir Körfezi'nde yer alan örnekleme istasyonları

MATERYAL VE YÖNTEM

Örnekleme, biri iç ve üçü de dış körfezde olmak üzere belirlenen toplam 4 istasyonda 24-27 Kasım 2014 tarihleri arasında (Şekil 1, Çizelge 1), medilittoral zondaki midye fasieslerinde, 400 cm² alana sahip kuadrat ve spatula yardımı ile 3 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen örnekler %4'lük formalin çözeltisi ile fikse edilmiş ve laboratuvarında 0.5 mm'lik elekten geçirildikten sonra bivalv türlerinin ayırım, tayin, sayım ve tartım işlemleri gerçekleştirilerek, istasyonlarda birim alanda belirlenen tür ve birey sayıları ile biyo kütle değerleri, ayrıca, türlerin istasyonlarda birim alandaki birey sayıları ve biyokütle değerleri hesaplanmıştır. İstasyonlarda deniz suyuna ait sıcaklık ve tuzluluk parametreleri YSI marka (model 30) SCT metre ile ve

çözünmüş oksijen parametresi ise YSI marka (model 55) oksijen metre ile in-situ olarak ölçülmüştür.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Fiziko-kimyasal Bulgular

İstasyonlarda ölçülen deniz suyuna ait temel fiziko-kimyasal parametreler önemli değişiklikler göstermemiştir. (Çizelge 1). Tuzluluk değerleri 35.2‰ ile 35.8‰ arasında tespit edilmiştir. En düşük sıcaklık değeri (14.1 °C) istasyon 2'de, en yüksek sıcaklık değeri (16.9 °C) ise istasyon 4'te saptanmıştır. En yüksek (9.5 mg.l⁻¹) ve en düşük (8.3 mg.l⁻¹) çözünmüş oksijen değerleri sırası ile istasyon 4 ve istasyon 1'de ölçülmüştür.

Çizelge 1. Örnekleme istasyonlarına ait veriler.

| İstasyonlar | Koordinatlar | Tarih | Tuzluluk (‰) | Sıcaklık (°C) | O ₂ (mg.l ⁻¹) |
|-------------|----------------------------|------------|--------------|---------------|--------------------------------------|
| 1 | 38°21'29"N 26°47'22" E | 27.11.2014 | 35.7 | 14.6 | 8.3 |
| 2 | 38°02'43" N 27°02'40" E | 27.11.2014 | 35.6 | 14.1 | 9.2 |
| 3 | 38°25'39" N 27°07'56" E | 27.11.2014 | 35.8 | 15.5 | 8.6 |
| 4 | 38°26'56" N 27°06'33" E | 24.11.2014 | 35.2 | 16.9 | 9.5 |

Faunistik Bulgular

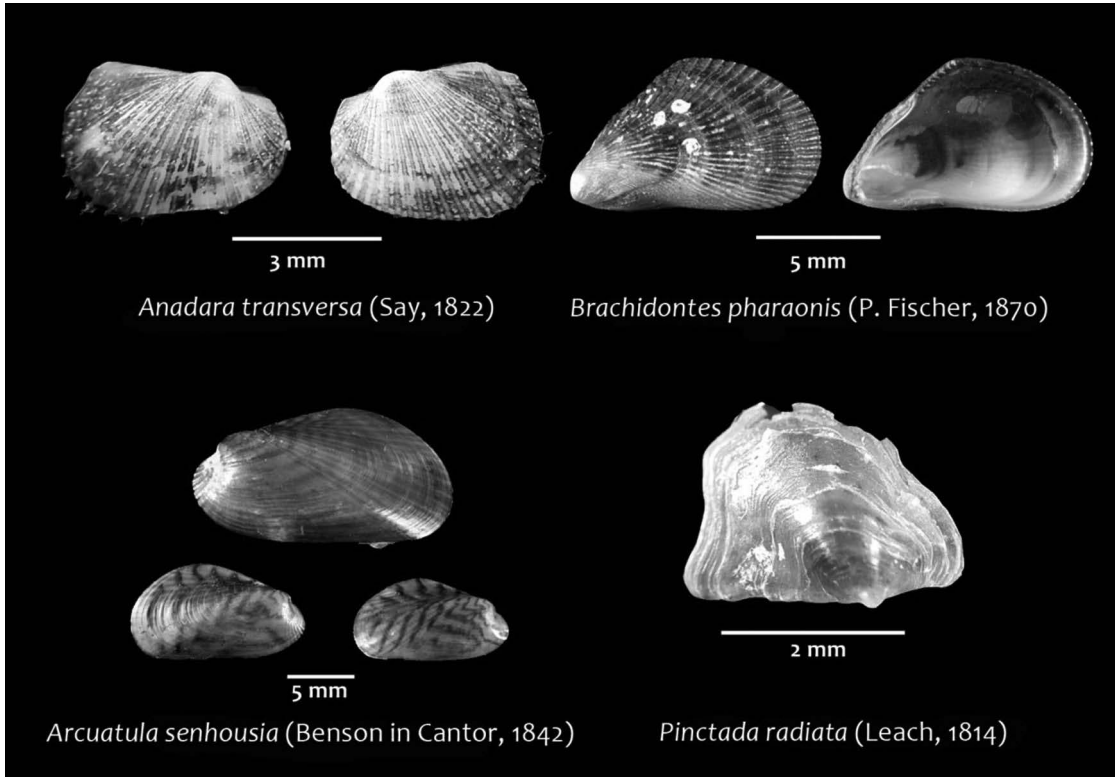
Elde edilen örneklerin kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirilmesi sonucunda, 6 familya kapsamında 11 bivalv türü ve bu türlere ait toplam 8200 birey saptanmıştır (Çizelge 2). Bu türlerden

Anadara transversa (Say, 1822), *Arcuatula senhousia* (Benson in Cantor, 1842), *Brachidontes pharaonis* (P. Fischer, 1870) ve *Pinctada radiata* (Leach, 1814) yabancı türlerdir (Şekil 2). *Brachidontes pharaonis* bu çalışmada İzmir Körfezi'nden ilk kez tespit edilmiştir.

Çizelge 2. İstasyonlarda tespit edilen türler ve birey sayıları (*: yabancı tür, R: tekrar numarası).

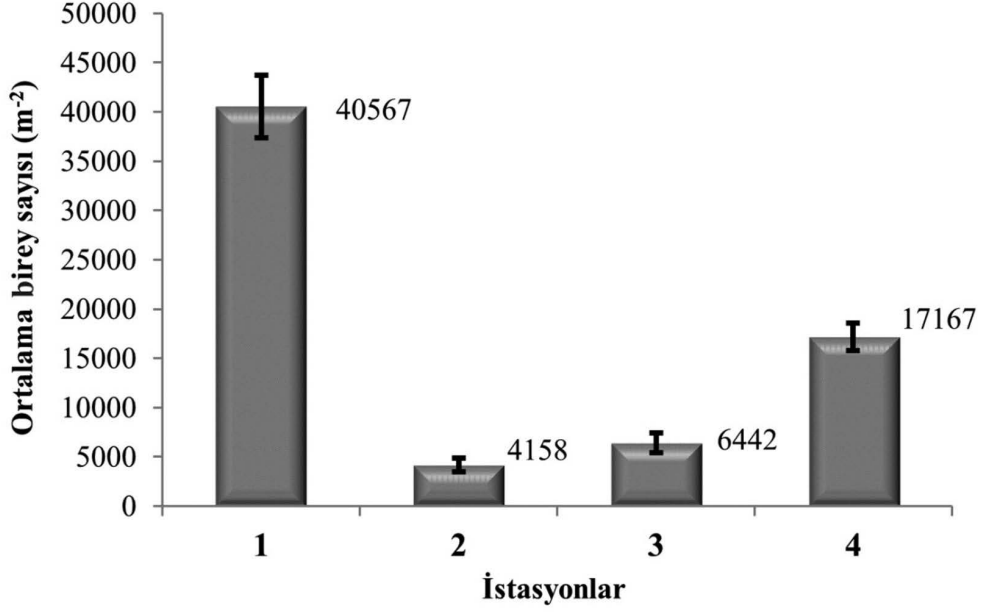
| Familyalar/Türler | 1-R1 | 1-R2 | 1-R3 | 2-R1 | 2-R2 | 2-R3 | 3-R1 | 3-R2 | 3-R3 | 4-R1 | 4-R2 | 4-R3 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Arcidae | | | | | | | | | | | | |
| * <i>Anadara transversa</i> (Say, 1822) | | | | | | | 5 | 8 | 13 | 7 | 11 | 21 |
| Mytilidae | | | | | | | | | | | | |
| * <i>Arcuatula senhousia</i> (Benson in Cantor, 1842) | | | | | | | 6 | 4 | 3 | 1 | 1 | 2 |
| ** <i>Brachidontes pharaonis</i> (P. Fischer, 1870) | 8 | 3 | 19 | 2 | 1 | | 3 | 1 | 2 | | | |
| <i>Gregariella petagnae</i> (Scacchi, 1832) | 46 | 46 | 25 | | | | 1 | | | 1 | 1 | 1 |
| <i>Mytilaster minimus</i> (Poli, 1795) | 1576 | 1742 | 1188 | 132 | 79 | 59 | 21 | 8 | 11 | | | |
| <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819 | 29 | 22 | 129 | 82 | 39 | 102 | 241 | 141 | 232 | 641 | 776 | 586 |
| Pteriidae | | | | | | | | | | | | |
| * <i>Pinctada radiata</i> (Leach, 1814) | 1 | | | | | | | | | | | |
| Anomiidae | | | | | | | | | | | | |
| <i>Anomia ephippium</i> Linnaeus, 1758 | 3 | 1 | | | | 3 | | 1 | 4 | 1 | 2 | 2 |
| Ostreidae | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ostrea edulis</i> Linnaeus, 1758 | 6 | 1 | 19 | | | | 2 | 7 | 4 | 1 | 3 | 2 |
| Veneridae | | | | | | | | | | | | |
| <i>Petricola lithophaga</i> (Retzius, 1788) | | | | | | | | 1 | | | | |
| <i>Ruditapes decussatus</i> (Linnaeus, 1758) | | | 4 | | | | 15 | 6 | 33 | | | |

*: yabancı tür; **:körfez için yeni kayıt olan yabancı tür.

**Şekil 2.** İzmir Körfezi medio-littoral zon midye yataklarında tespit edilen yabancı Bivalvia türleri

İstasyonlar birey sayıları bakımından karşılaştırıldıklarında, dış körfezden seçilen 1 nolu istasyonun, metrekarede tespit edilen 40 567 birey ile

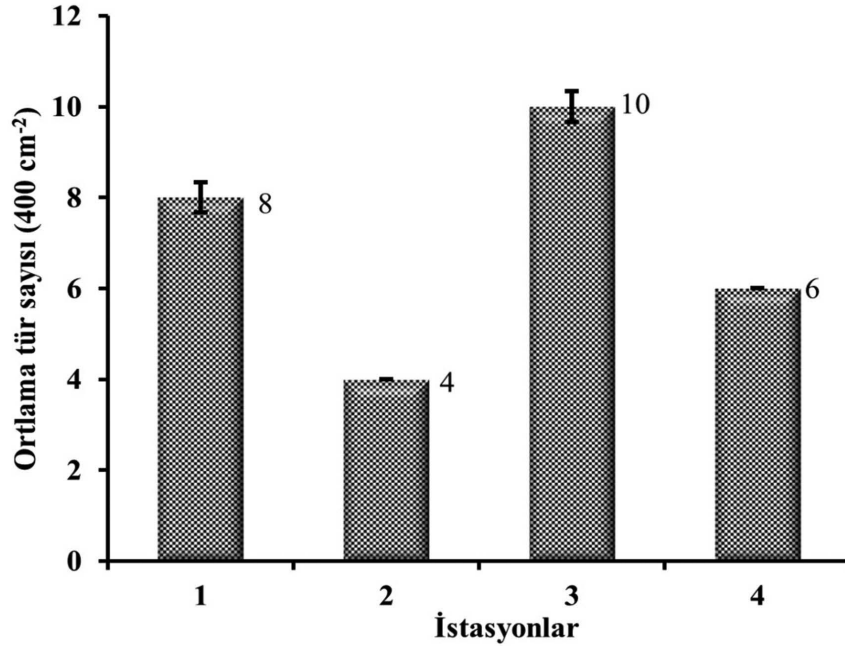
ilk sırada yer aldığı, bu istasyonu 17 167 ile 4, 6 442 ile 3 ve 4 158 ile 2 nolu iç körfez istasyonlarının takip ettiği görülür (Şekil 3).



Şekil 3. İstasyonlarda tespit edilen birey sayılarının ortalama ve standart sapma değerleri

İç körfezde yer alan 3 nolu istasyon 10 tür ile en fazla tür zenginliğine sahip istasyon olarak belirlenmiştir (Şekil 4). Bu istasyonu 8 tür ile dış körfezde yer alan ve körfez kirliliği etkilerinin en az

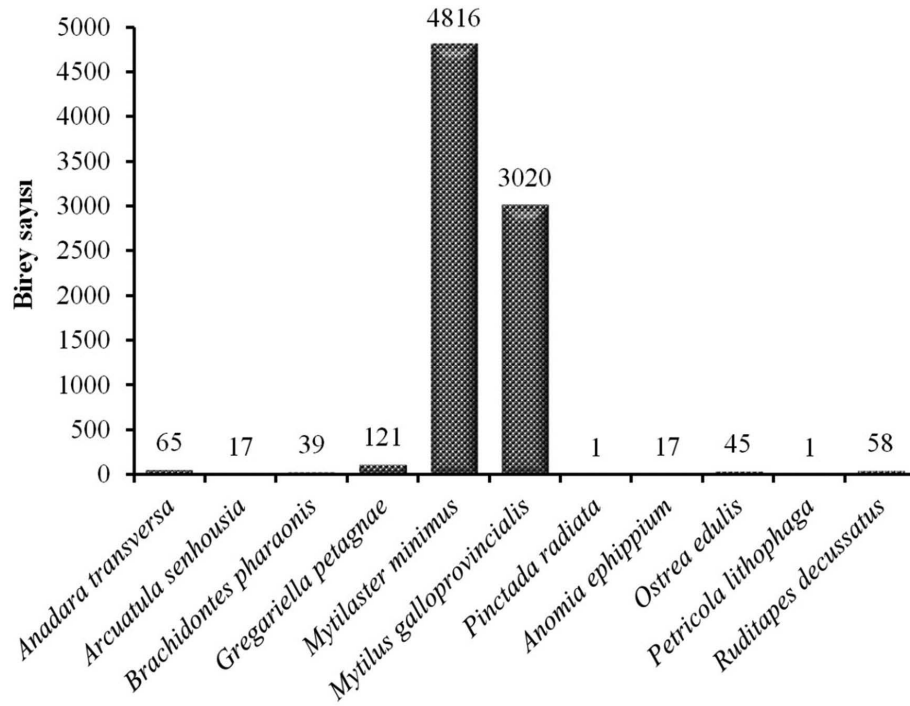
hissedildiği 1 nolu istasyon ve 6 tür ile iç körfezde yer alan 4 nolu istasyon takip ederken, 4 türün saptandığı 2 nolu istasyon tür sayısı bakımından son sırada yer almıştır (Şekil 4).



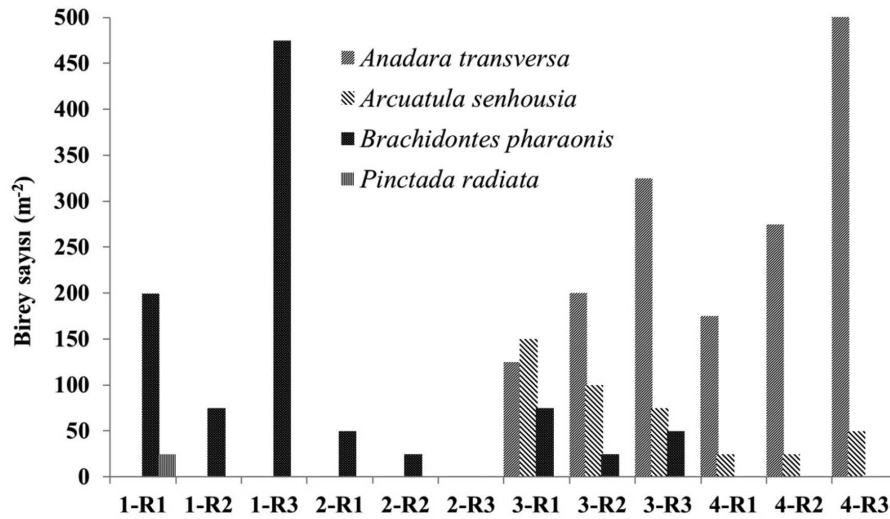
Şekil 4. İstasyonlarda tespit edilen tür sayılarının ortalama ve standart sapma değerleri

Çalışmada, *Mytilaster minimus* en fazla birey sayısı ile (4816 birey), *Pinctada radiata* ve *Petricola lithophaga* ise en az birey sayısı ile (1 birey) temsil edilen türler olmuştur. Çalışma kapsamında saptanan yabancı türler içerisinde en fazla birey sayısı ile temsil edilen tür 65 birey ile *A. transversa* olmuştur. Çalışmada *P. radiata*'nın ise sadece bir adet bireyine rastlanmıştır (Şekil 5).

Elde edilen yabancı bivalv türlerinin metrekaredeki birey sayıları, her bir örnek ayrı ayrı dikkate alındığında, 4 nolu istasyonun 3. örneğinde metrekarede 525 adet birey ile *A. transversa*'nın ilk sırada yer aldığı, bu türü 1 nolu istasyonun 3. örneğinde metrekarede 475 birey ile *B. pharaonis*'in takip ettiği görülür (Şekil 6).



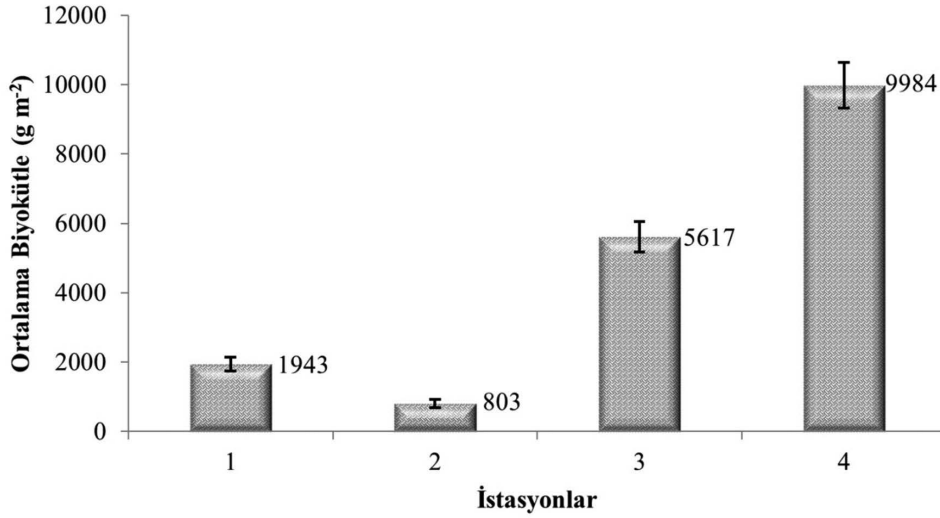
Şekil 5. Araştırmada tespit edilen türlere ait birey sayıları



Şekil 6. Kuadrat örneklerinde belirlenen yabancı türlere ait birey sayılarının metrekaredeki karşılıkları

İstasyonlar, tespit edilen biyokütle değerleri bakımından karşılaştırıldıklarında, 4 nolu istasyonun metrekarede ortalama 9984 g ile en yüksek değere

sahip olduğu, bu istasyonu 5617 g ile 3 ve 1943 g ile 1 nolu istasyonun takip ettiği görülür (Şekil 7).



Şekil 7. İstasyonlarda tespit edilen biyokütlelerin ortalama ve standart sapma değerleri

Türler, her bir örnekteki biyokütleri dikkate alınarak incelendiğinde *M. galloprovincialis*'in en yüksek biyokütle değerleri ile temsil edildiği görülür (Çizelge 3). Bu tür, 4 nolu istasyonun ilk örneğinde saptanan 11292.5 gr.m⁻² lik değer ile en yüksek biyokütle değerine sahip olmuştur. Araştırmada saptanan yabancı türler içerisinde ise *B. pharaonis*, 1 nolu istasyonun 3. örneğinde saptanan 120.5 gr.m⁻² lik biyokütle değeri ile ilk sırada yer almıştır (Çizelge 3).

Araştırmada tespit edilen yabancı türlerden *A. transversa*, İzmir Körfezi'nden ilk defa Demir (1977), *P. radiata* ise Doğan (2005) tarafından rapor edilmiş olup *A. transversa* körfezin özellikle iç ve orta körfez arasında kalan bölümünde, *P. radiata* ise dış körfezde Urla civarında dikkat çekici populasyonlar oluşturmuş durumdadır (yayınlanmamış veri).

Yüksek üreme kapasitesi ve hızlı büyüme özelliğine sahip fırsatçı bir tür olan *Arcuatula senhousia*, metrekarede 10 000'den fazla bireyin yer aldığı populasyonlar oluşturabilme özelliği ile bulunduğu yerdeki sedimentin yapısını değiştirebilecek kapasiteye sahip bir türdür (Morton, 1973; Mistri, 2003; Munari, 2008). Zenetos et al. (2012)'a göre *A. senhousia*, Akdeniz'e ulaşan en başarılı istilacı türlerden biridir.

İzmir Körfezi'nden ilk defa bu çalışma kapsamında rapor edilen Kızıldeniz kökenli bir istilacı tür olan *B. pharaonis* de, Akdeniz'de, sert substratumlarda yatak oluşturarak habitatın yapısını değiştirebilecek özellikte bir tür olup, metrekarede 25 000'in üzerinde birey sayısı ile temsil edilebilen yoğun populasyonlar oluşturabilmektedir (Rilov et al., 2004; Sará et al., 2006). Mevcut çalışmada yerli midye türlerine göre çok daha az birey sayısı ile temsil edilse de, körfezde son zamanlarda görülmeye başlanan bu türün yerli midye tür populasyonları üzerinde risk oluşturabilme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada midye fasiesinde belirlenen *A. transversa* ve *R. decussatus* gibi türler doğal olarak yumuşak substratumlarda dağılım göstermektedirler. Sert substratum örneklemesinin yapıldığı bu çalışmada, söz konusu türlerin sadece juvenilleri tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, İzmir Körfezi'nde gerçekleştirilen bu çalışma ile, körfez ekosisteminde sert substratumlarda fasies oluşturma özelliğine sahip yerli midye türlerinin (*M. galloprovincialis* ve *M. minimus*) populasyon durumları ile bu fasieslerde bulunan yabancı türlerin özellikle de buldukları

ortamlarda fasies oluşturabilecek kapasiteye sahip iki yabancı mytilid bivalv türü *A. senhousia* ve *B. pharaonis*'in güncel durumları ortaya konmuştur. Buldukları substratumun yapısını değiştirebilecek derecede etkili olabilen, ekosistem mühendisleri olarak tabir edilen türler arasında yer alan ve yerel

midye yatakları üzerinde tehdit unsuru oluşturma potansiyeli bulunan bu iki istilacı yabancı midye türünün, körfez ekosisteminde bundan sonra meydana getirebilecekleri muhtemel etkilerin belirlenebilmesi için, İzmir Körfezi'nde bu gibi çalışmaların uygun aralıklarla yinelenmesi gerektiği düşünülmektedir.

Çizelge 3. Her bir örnekte, türlere ait biyokütle değerleri (gr.m⁻²; R: tekrar numarası).

| Türler | 1-R1 | 1-R2 | 1-R3 | 2-R1 | 2-R2 | 2-R3 |
|----------------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|--------|
| Arcidae | | | | | | |
| * <i>Anadara transversa</i> | | | | | | |
| Mytilidae | | | | | | |
| * <i>Arcuatula senhousia</i> | | | | | | |
| ** <i>Brachidontes pharaonis</i> | 65.5 | 68.5 | 120.5 | 33.75 | 34.75 | |
| <i>Gregariella petagnae</i> | 22.65 | 30.25 | 24.25 | | | |
| <i>Mytilaster minimus</i> | 524.5 | 1040.0 | 1195.75 | 238.75 | 303.75 | 100.75 |
| <i>Mytilus galloprovincialis</i> | 882.0 | 753.25 | 847.25 | 469.25 | 295.25 | 927.5 |
| Pteriidae | | | | | | |
| * <i>Pinctada radiata</i> | 0.03 | | | | | |
| Anomiidae | | | | | | |
| <i>Anomia ephippium</i> | 2.77 | 1.63 | | | | 6.35 |
| Ostreidae | | | | | | |
| <i>Ostrea edulis</i> | 143.5 | 0.818 | 107.0 | | | |
| Veneridae | | | | | | |
| <i>Petricola lithophaga</i> | | | | | | |
| <i>Ruditapes decussatus</i> | | | 0.1 | | | |
| Türler | 3-R1 | 3-R2 | 3-R3 | 4-R1 | 4-R2 | 4-R3 |
| Arcidae | | | | | | |
| * <i>Anadara transversa</i> | 0.798 | 3.45 | 3.95 | 2.73 | 5.63 | 10.35 |
| Mytilidae | | | | | | |
| * <i>Arcuatula senhousia</i> | 0.823 | 5.84 | 0.59 | 0.478 | 0.905 | 2.3 |
| ** <i>Brachidontes pharaonis</i> | 0.318 | 0.003 | 0.39 | | | |
| <i>Gregariella petagnae</i> | 0.115 | | | 0.128 | 0.12 | 0.133 |
| <i>Mytilaster minimus</i> | 0.138 | 7.17 | 22.93 | | | |
| <i>Mytilus galloprovincialis</i> | 5342.75 | 4999.0 | 6405.25 | 11292.5 | 9302.75 | 9305.0 |
| Pteriidae | | | | | | |
| * <i>Pinctada radiata</i> | | | | | | |
| Anomiidae | | | | | | |
| <i>Anomia ephippium</i> | | 1.69 | 11.07 | 0.345 | 2.66 | 3.29 |
| Ostreidae | | | | | | |
| <i>Ostrea edulis</i> | 0.098 | 24.73 | 11.95 | 4.66 | 9.52 | 8.54 |
| Veneridae | | | | | | |
| <i>Petricola lithophaga</i> | | 0.023 | | | | |
| <i>Ruditapes decussatus</i> | 1.45 | 0.075 | 5.29 | | | |

*: yabancı tür; **:körfez için yeni kayıt olan yabancı tür..

TEŞEKKÜR

Araştırmada örneklerin alınması ve ayıklanması aşamasında yardımcı olan Su Ürünleri Mühendisi Ege Ogün İşgüder'e teşekkürü borç bilirim.

KAYNAKLAR

- Çınar ME, Katağan T, Öztürk B, Egemen Ö, Ergen Z, Kocataş A, Önen M, Kırkım F, Bakır K, Kurt G, Dağlı E, Kaymakçı A, Açık Ş, Doğan A, Özcan T, 2006. Temporal changes of soft bottom zoobenthic communities in and around Alsancak Harbor (Izmir Bay, Aegean Sea), with special attention to the autoecology of exotic species. *Marine Ecology*, 27: 229-246.
- Çınar ME, Katağan T, Koçak F, Öztürk B, Ergen Z, Kocataş A, Önen M, Kırkım F, Bakır K, Kurt G, Dağlı E, Açık Ş, Doğan A, Özcan T, 2008. Faunal assemblages of the mussel *Mytilus galloprovincialis* in and around Alsancak Harbour (Izmir Bay, eastern Mediterranean) with special emphasis on alien species. *Journal of Marine Systems*, 71: 1-17.
- Çınar ME, Katağan T, Öztürk B, Bakır K, Dağlı E, Açık S, Doğan A, Bitlis B, 2012. Spatiotemporal distributions of zoobenthos in soft substratum of Izmir (Aegean Sea, eastern Mediterranean), with special emphasis on alien species and ecological quality status. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92: 1457-1477.
- Demir M, 1977. On the presence of *Arca (Scapharca) amygdalum Philippi, 1847* (Mollusca: Bivalvia) in the harbour of Izmir, Turkey. *Journal of the Faculty of Science, Istanbul University*, 42: 197-202.
- Doğan A, 2005. Türkiye'nin Ege Denizi Kıyılarında Dağılım Gösteren Bivalvia (Mollusca) Türlerinin Biyo-ekolojik Özellikleri. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 339 s.
- Doğan A, Çınar ME, Önen M, Ergen Z, Katağan T, 2005. Seasonal analysis of softbottom zoobenthic communities in polluted and unpolluted areas of Izmir Bay (Aegean Sea). *Senckenbergiana Maritima*, 35: 133-145.
- Doğan A, Öztürk B, Bitlis-Bakır B, Önen M, 2014. Additions to the Knowledge of the Molluscs of the Aegean Sea with Three Species: *Crepidula fornicata* (Linnaeus, 1758), *Anadara polii* (Mayer, 1868) and *Arcuatula senhousia* (Benson in Cantor, 1842) *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14: 255-260.
- Kocataş A, 1980. Evolution cyclique du benthos dans les zones de pollution du Golfe d'Izmir (Turquie). *Journées Etude Pollution, Rapport de la Commission Internationale Exploration de la Mer Méditerranée*. 643-648.
- Kontaş A, Küçüksezgin F, Altay O, Uluturhan E, 2004. Monitoring of eutrophication and nutrient limitation in Izmir Bay (Turkey) before and after wastewater treatment plant. *Environmental International*, 29: 1057-1062.
- Mistri M, 2003. The non-indigenous mussel *Musculista senhousia* in an Adriatic lagoon: effects on benthic community over a ten year period. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 83:1277-1278. doi:10.1017/S0025315403008658.
- Morton B, 1973. Some aspects of the biology, population dynamics and functional morphology of *Musculista senhousia* Benson (Bivalvia: Mytilacea). *Pacific Science*, 28: 19-33.
- Munari C, 2008. Effects of the exotic invader *Musculista senhousia* on benthic communities of two Mediterranean lagoons. *Hydrobiologia*, 611: 29-43. doi: 10.1007/s10750-008-9459-0.
- Öztürk B, Poutiers J M, 2005. *Fulvia fragilis* (Bivalvia: Cardiidae): A lessepsian mollusc species from Izmir Bay (Aegean Sea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85 :351-356.
- Rilov G, Benayahu Y, Gasith A, 2004. Prolonged lag in population outbreak of an invasive mussel: a shifting habitat model. *Biological Invasions* 6: 347-364
- Sarà G, Romano C, Mazzola A, 2006. A new Lessepsian species in the western Mediterranean (*Brachidontes pharaonis* Bivalvia: Mytilidae): density, resource allocation and biomass. *JMBA2 Biodiversity Records* 1: e8.
- Zenetos A, Gofas S, Morri C, Rosso A, Violanti D, Garcia Raso JE, Çınar ME, Almogi-Labin A, Ates AS, Azzurro E, Ballesteros E, Biachi CN, Bilecenoglu M, Gambi MC, Giangrande A, Gravili C, Hyams-Kaphzan O, Karachle PK, Katsanevakis S, Lipej L, Mastrotoato F, Mineur F, Pancucci Papadopoulou MA, Ramos Espla A, Salas C, San Martin G, Sfriso A, Streftaris N, Verlaque M, 2012. Alien species in the Mediterranean Sea by 2012. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part 2. Introduction trends and pathways. *Mediterranean Marine Science*, 13: 328-352.

Tritikale (*X Triticosecale* Wittmack) Çeşitlerinde Özellikler Arası İlişkiler ve Path Analizi

Erol ORAL¹, Mehmet ÜLKER²

ÖZET: Bu araştırma bazı tritikale çeşitlerinin tane verimi ile bazı verim özellikleri arasındaki ilişkileri, korelasyon ve path analizi ile tespit edilmesi amaçlanmıştır. Araştırma 2009-10 ve 2010-2011 yıllarında Van ekolojik koşullarında tesadüf bloklarında bölünen bölünmüş denemeye göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Materyal olarak 3 çeşit (Karma-2000, Mikham-2002 ve Presto) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; tane verimi ile biyolojik verim (0.919**), metrekaresindeki başak sayısı (0.429**), 1000 tane ağırlığı (0.129**), başak uzunluğu (0.401**) ve bitki boyu (0.614**) arasında olumlu ve önemli, başaklanma gün sayısı (-0.356**) arasında ise olumsuz ve önemli ilişkiler saptanmıştır. Yapılan path analizinde; biyolojik verim (p=0.7493, % 77.46), metrekaresindeki başak sayısı (p=0.1901, % 35.79) ve 1000 tane ağırlığının (p=0.0718, % 26.23) tane verimine en yüksek doğrudan ve olumlu etki yaptığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tritikale, çeşit, korelasyon, path analizi, tane verimi

Path Analysis and Relations Between Features in Triticale (*X Triticosecale* Wittmack) Varieties

ABSTRACT: This study relations between grain yield and some of the yield characters were determined by means of correlation and path analysis methods in triticale (*X Triticosecale* Wittmack). The research was conducted between 2009-10 and 2010-11 vegetation periods in Van Ecological condition. The study was designed according to randomized complete block with three replications and three cultivars (Karma-2000, Mikham-2002 ve Presto triticale variety). According to the results; on grain yield biological yield (0.919**), number of spikes per square meter (0.429**), 1000-grain weight (0.129**), spike length (0.401**) and plant height (0.614**) were significant and positive, while the number of days heading (-0.356**) had significant and negative and relationship. The path analysis indicated that biological yield (p=0.7493, 77.46 %), number of spikes per square meter (p=0.1901, 35.79 %) and thousand grain weight (p=0.0718, 26.23 %), had the highest and positive direct effect on grain yield it was determined.

Keywords: Triticale, ecotype, correlation, path analysis, grain yield.

¹ Mardin Artuklu Üniv., Kızıltepe MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim, Mardin, Türkiye

² 100. Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Van, Türkiye
Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Erol ORAL, eroloral@artuklu.edu.tr

GİRİŞ

Tritikale (*X Triticosecale* Wittmack) genetik yapısı itibari ile buğday ve çavdarın melezi olan bir serin iklim tahılıdır. Çavdar gibi yüksek adaptasyon kabiliyetine sahiptir. Ancak verim ve verim potansiyeli bakımından buğdaya benzerlik göstermektedir. Bu amaçla yapılan ıslah çalışmaları sonucu geliştirilen yeni çeşitler ile verimsiz ve kıraç alanların değerlendirilmesinin yanında artan dünya nüfusu için alternatif bir besin kaynağı olarak düşünülmüştür. Özellikle buğdaya elverişli olmayan asit topraklarda, yüksek yaylalarda, kumlu, az yağışlı yerlerde yada hastalıkların buğdaya ağır zarar verdiği yörelerde tritikale çeşitleri önerilmektedir (Kün, 1996). Tritikale buğdaya göre yüksek tane ve yeşil ot verimi ile hızlı büyüme ve gelişme özelliğinin yanında yüksek oranda lizin içeriğine sahip olup, insan ve hayvan beslemesinde önemli bir yer tutmaktadır (Kün, 1996). Bu özellikler bakımından marjinal alanların değerlendirilmesinde, öncelikli bitkinin tritikale olabileceği ve yeni çeşitlerin geliştirilmesi ile ekim alanı ve üretiminde önemli artışların sağlanacağı öngörülmektedir.

Ülkemizde 36 129 ha ekilişi, 112 000 ton üretimi vardır (Anonim, 2013). Van ilinde ise henüz tritikale tarımı yapılmamaktadır. İlde 159 753 ha alan tarıma elverişsiz durumdadır. Ayrıca tarıma elverişli olmasına karşın kullanılmayan arazi varlığı 55 043 ha dır (Anonim, 2005). Bu alanların üretime kazandırılması ancak marjinal alanlara uyum sağlayabilecek yüksek verimli bitki türlerinin seçimi ile mümkün olabilecektir. Tritikale, buğdaydan yüksek kalite ve verim özelliğini, çavdardan ise hastalık ve zararlılara dayanıklılık özelliklerini almıştır. Ayrıca tarıma uygun olmayan, toprak derinliği az, kışları çok soğuk olan bölgelerde buğday ve arpadan daha yüksek verim alınmaktadır. Bu nedenle marjinal alanların kullanılması söz konusu olduğunda tritikale bitkisi ön plana çıkmaktadır (Kün 1996). Tarımsal üretimde verimi artırmak için; genetik potansiyeli yüksek, verimli ve kaliteli çeşitlerin sertifikalı tohumlukları kullanılmalıdır. Ayrıca yetiştirme tekniklerine azami oranda uyulması gerekmektedir. Yetiştirme teknikleri ise; tohum yatağı hazırlığından başlayarak, ekim, gübreleme, sulama, bakım ve hasat-harman işlerini kapsamaktadır. Bu amaçla bitkide tüm gelişme dönemi boyunca ihtiyacı olan azotlu gübrenin verilme zamanı, cinsi, dozu ve uygulama zamanı verimi etkileyen önemli faktörler arasındadır. Bu çalışma ile Van ve çevresi için uygun

çeşit, ekim sıklığı ve azot dozunun tespit edilmesinin yanında, bilindiği gibi birim alan tane verimine diğer özelliklerin doğrudan ve dolaylı etkilerinin bilinmesi özellikle Tritikale bitkilerde bitki ıslahı açısından da önemlilik arz etmektedir. Özellikle değişkenler arasındaki doğrudan ve dolaylı ilişkileri birlikte açıklayabilmek için path analizinden yararlanılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama alanında yürütülmüştür. Denemede bitkisel materyal olarak, Mikham-2002 (Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü), Karma-2000 ve Presto (Eskişehir Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü) tritikale çeşitleri materyal olarak kullanılmıştır.

Araştırma toplamda (4 gübre dozu x 3 çeşit x 4 sıklık x 3 tekerrür) 144 parsel olacak şekilde planlanmış ve yürütülmüştür. Ekimler el markörü kullanılarak açılan 6 sıra 20 cm aralık bırakılarak yapılmıştır. Bloklar arası 5 m, alt parseller arası 1 m ve altın altı parseller arası ise 50 cm boşluk bırakılmıştır. Ekimle beraber bitkinin ihtiyacı olan azotun yarısı 10 kg da DAP (18-46-0) ve 5 kg da⁻¹ P₂O₅ gübresi olarak uygulanmıştır. Azotun geriye kalan kısmı ise 2.7, 5.4, 7.1 ve 10.8 kg saf N da olacak şekilde tartılmış ve ilk baharda % 33'lük Amonyum Nitrat (NH₄)(NO₃) olarak sapa kalkma döneminden önce parsellere uygulanmıştır. Deneme süresince ihtiyaç duyulan zamanlarda yabancı otlar mekanik mücadele yapılmıştır. Hasat ve ölçümler ise sıraya ekimlerde yanlardan birer sıra başlardan ise 50 cm kenar tesiri olarak atıldıktan sonra kalan alan üzerinde (0.8 m x 5 m = 4.0 m²) yapılmıştır (Ceylan ve Sepetoğlu, 1979). Araştırma sonunda parseller elle hasat yapılarak başak harman makinesiyle harman edilmiştir. Bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre kurulan araştırmada istatistiksel analizler, TARİST bilgisayar programında yapılmış, karakterler arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde tekli korelasyon katsayıları ve bu karakterlerin verime olan doğrudan ve dolaylı etkilerinin tespitinde ise path analiz yöntemi kullanılmış ve sonuçlar Düzgüneş ve ark., (1983)'den yararlanılarak yorumlanmıştır.

İlimize ait iklim verileri Van Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Araştırma dönemine ait iklim verileri (Anonim, 2011)*

| Aylar | Yağış (mm) | | | Ort. Sıc. (C°) | | | Nispi nem (%) | | |
|---------|------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|---------------|---------------|------|------|
| | 2009-(10) | 2010-(11) (UYO) | 2009-(10) | 2010-(11) (UYO) | 2009-(10) | 2010-11 (UYO) | | | |
| Ekim | 15.9 | 45.8 | 44.4 | 10.5 | 12.6 | 10.9 | 46.8 | 61.7 | 59.0 |
| Kasım | 91.1 | 1.2 | 48.2 | 4.4 | 4.3 | 4.3 | 61.1 | 63.0 | 66.0 |
| Aralık | 34.8 | 8.7 | 37.1 | 1.8 | 2.0 | -0.5 | 63.5 | 53.8 | 67.0 |
| Ocak | 51.6 | 14.1 | 34.2 | 0.1 | -1.6 | -3.3 | 63.4 | 65.9 | 68.0 |
| Şubat | 71.1 | 26.6 | 32.3 | 1.3 | -0.8 | -2.5 | 65.5 | 67.8 | 68.0 |
| Mart | 38.3 | 30.7 | 45.9 | 5.7 | 2.4 | 1.6 | 58.9 | 61.5 | 68.0 |
| Nisan | 46.3 | 33.7 | 55.0 | 8.3 | 8.6 | 8.1 | 62.2 | 50.4 | 61.0 |
| Mayıs | 69.8 | 62.8 | 45.6 | 13.2 | 13.0 | 13.1 | 61.1 | 49.5 | 56.0 |
| Haziran | 41.0 | 28.1 | 17.7 | 19.7 | 19.2 | 18.4 | 43.6 | 45.9 | 50.0 |
| Temmuz | 10.8 | 11.0 | 5.5 | 23.9 | 23.1 | 22.4 | 34.2 | 39.6 | 45.0 |
| Toplam | 399.7 | 351.6 | 365.9 | | | | | | |
| Ort. | | | | 8.9 | 8.3 | 7.2 | 56.0 | 55.9 | 60.6 |

*Van Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, UYO: Uzun Yıllar Ortalaması

Çizelge 1’de de görüldüğü gibi denemenin yürütüldüğü yıllardaki toplam yağış uzun yıllar ortalamasından daha yüksek değerlere sahiptir. 2009 yılı Nisan-Haziran dönemi yağış miktarı 157.1 mm, 2010 yılında ise 124.6 mm olarak kaydedilmiştir. Ortalama sıcaklık değerleri 2009 yılında 8.9 °C, 2010 yılında 8.3 °C ve uzun yıllar ortalaması ise 7.2 °C olmuştur. Ortalama nispi nem değerleri ise ilk yıl daha yüksektir.

Araştırmanın yürütüldüğü araziden alınan toprak örneklerine ait analizler Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü laboratuvarında yapılmıştır (Çizelge 2). Toprak analiz sonuçlarına göre, deneme alanı toprağı; kireçli, tuzsuz, hafif alkali reaksiyonlu, organik madde içeriğı düşük, azot bakımından yetersiz ve fosfor içeriğı bakımından orta düzeyde olduğu görülmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Deneme alanı topraklarına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

| Derinlik (cm) | Tekstür Sınıfı | PH | Kireç (%) | Y.Fosfor (ppm) | Top. N (%) | Org. Mad. (%) | Top.Tuz (%) |
|---------------|-------------------|-----|-----------|----------------|------------|---------------|-------------|
| 0-20 | Kumlu killi tınlı | 8.0 | 8.7 | 6.2 | 0.1 | 1.4 | 0.1 |
| 20-40 | Kumlu killi tınlı | 8.1 | 9.2 | 5.4 | 0.1 | 1.2 | 0.1 |

BULGULAR VE TARTIŞMA

Korelasyon

Van ekolojik şartlarında tritikale çeşitlerinde

yapılan çalışmada, incelen özelliklere ilişkin korelasyon katsayıları hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. İncelenen Özelliklerde gözlenen Korelasyon

| Bit. Öz. | MBS | BTA | BU | BGS | BTS | BB | Hİ | ES | TV | BV | P |
|----------|-----|----------|-----------|---------|----------|----------|----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| MBS | 1 | -0.192** | -0.014 öd | 0.204** | -0.525** | 0.444** | -0.140** | 0.192** | 0.429** | 0.436** | -0.114* |
| BTA | | 1 | 0.360** | 0.369** | 0.420** | 0.142** | 0.218** | 0.403** | 0.129** | -0.249** | -0.087 öd |
| BU | | | 1 | 0.115* | 0.327** | 0.556** | 0.293** | 0.452** | 0.401** | 0.319** | -0.248** |
| BGS | | | | 1 | 0.057 öd | 0.142** | 0.301** | 0.731** | -0.356** | -0.484** | -0.274** |
| BTS | | | | | 1 | -0.05 öd | 0.296** | 0.224** | -0.121* | -0.186** | -0.103* |
| BB | | | | | | 1 | 0.204** | 0.556** | 0.614** | 0.550** | -0.230** |
| Hİ | | | | | | | 1 | 0.464** | -0.023 öd | -0.171** | -0.082 öd |
| ES | | | | | | | | 1 | 0.057 öd | -0.082 öd | -0.318** |
| TV | | | | | | | | | 1 | 0.919** | -0.050 öd |
| BV | | | | | | | | | | 1 | -0.017 öd |
| PO | | | | | | | | | | | 1 |

** 0.01 önemli, * 0.05 önemli, öd: Önemli değil.

MBS: Metrekarede Başak Sayısı, BTA: 1000 Tane Ağırlığı, BU: Başak Uzunluğu, BGS: Başaklanma Gün Süresi, BTS: Başakta Tane Sayısı, BB: Bitki Boyu, Hİ: Hasat İndeksi, ES: Erme Süresi, TV: Tane Verimi, BV: Biyolojik Verim, PO: Protein Oranı

2009-10 ve 2010-11 yılları arasında yürütülen bu çalışmadan elde edilen ortalama m² deki başak sayısı ile başaklanma gün sayısı (r= 0.204**), bitki boyu (r= 0.444**), erme süresi (r=0.192**), tane verimi (r=0.429**) ve biyolojik verim (r=0.436**) arasında olumlu ve önemli ilişki tespit edilmiştir. Yağmur ve Kaydan (2008) ile sonuçlarımız benzerdir. Bin tane ağırlığı (r= - 0.192**), başakta tane sayısı (r= - 0.525**), hasat indeksi (r= - 0.140**) ve protein oranı (r = - 0.114*) arasında ise çok önemli ancak olumsuz ilişki bulunmuştur. Metrekarede başak sayısı ile başak uzunluğu arasında olumsuz ve önemsiz ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 4).

Denemenin her iki yılında elde edilen ortalama bin tane ağırlığı ile başak uzunluğu (r= 0.360**), başaklanma gün sayısı (r= 0.369**), başakta tane sayısı (r= 0.420**), bitki boyu (r= 0.142**), hasat indeksi

(r= 0.218**), erme süresi (r= 0.403**), tane verimi (r= 0.129**) çok önemli olumlu ilişkiler bulunurken, biyolojik verim (r= -0.249**) arasında çok önemli ancak olumsuz ilişki tespit edilmiştir. Protein oranı (r = -0.087) ile arasında önemsiz ve olumsuz ilişki görülmüş.

Araştırma yıllarına ait başaklanma gün sayısı ile bitki boyu (r= 0.142**), hasat indeksi (r= 0.301**), erme süresi (r= 0.731**) arasında çok önemli olumlu ilişkiler bulunurken, tane verimi (r= -0.356**), toplam parsel verimi (r= -0.484**) ve protein oranları (r= -0.274**) arasında çok önemli ancak olumsuz ilişki bulunmuştur. Başakta tane sayısı arasında ise olumlu ve önemsiz bulunmuştur.

Denemede ortalama erme süresi ile protein oranı (r= - 0.318**) arasında çok önemli olumsuz bir ilişki görülmüştür. Erme süresi ile tane verimi (r= 0.057)

arasında olumlu ve önemsiz, biyolojik verim ($r = -0.082$) ise olumsuz ve önemsizdir.

Parsel tane verimi ile biyolojik verim arasında ($r = 0.919^{**}$) arasında çok önemli olumlu, protein oranı ($r = -0.050$) ise olumsuz ve önemsiz bir ilişki tespit edilmiştir. Biyolojik verim ve protein oranı ($r = -0.017$) arasında ise önemsiz ve olumsuz etki görülmüştür.

Tomer ve Prasad (1988), Ülger ve ark., (1989), Adak et al. (1999), Sönmez ve ark., (1999) ve Yanbeyi ve Sezer (2006), Monouchehr (2006)'in arpa, tritikale ve buğday da yapmış oldukları korelasyon çalışmalarında, bizim çalışmamıza benzer tane verimi ile bazı verim karakterleri ve verim özelliklerinin kendi aralarındaki ikili ilişkiler arasında önemli ve olumlu, bazı özelliklerin kendi aralarındaki ikili ilişkileri ise olumsuz ve önemsiz olduğunu tespit etmişlerdir (Kara ve Akman, 2007).

Dokuyucu ve Akkaya (1999), yürüttükleri araştırmada tane verimi ile hasat indeksi ve bin tane ağırlığı arasında olumlu ve önemli ilişki bulunmuştur. Shamsuddin (1987)'in ekmeklik buğdayda başaktaki tane sayısı ve 1000 tane ağırlığının tane verimine doğrudan etkilerinin birinci dereceden önemli olduğunu tespit ettikleri bulgularıyla, Adak et al. (1999), arpa bitkisinde tane verimine başak boyu önemli ve doğrudan etkilediğini belirledikleri sonuçlarıyla ve Shoufu et al. (1997), Dencic et al. (2000) ve Yağdı (2009)'nın tane verimine en yüksek doğrudan etkiyi başakta tane ağırlığının yaptığı saptamalarıyla paralellik göstermiştir. Araştırmada ele alınan özelliklerdeki bu değişikliklerin kantitatif karakterler olması nedeniyle ortaya çıktığı düşünülmüştür. Nitekim Yağdı (2009) buğdayda yaptıkları çalışmalarda benzer şekilde tane verimi üzerine 1000 tane ağırlığının olumlu ve önemli etkisinin özellikle seleksiyonlarda başarı ile kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Tahıllarda verim ve kalitenin kullanılan çeşide, bölgenin ekolojik yapısına ve uygulanan kültürel işlemlere göre değiştiğini bir çok araştırmacı bildirmişlerdir (Kendal ve ark., 2012). Birim alan tane veriminde etkili unsurların yıllar göre etki dereceleri iklime bağlı olarak değişmektedir (Kırtok ve Çölkesen, 1985).

Path Analizi

Araştırmada tritikale çeşitlerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmanın iki yıllık

sonuçlarına göre, birim alan tane verimi ile bazı verim özelliklerinin doğrudan ve dolaylı etkileri belirlenmiş olup, sonuçlar Çizelge 4' de özetlenmiştir.

Path analizi sonucunda metrekarede bitki sayısının tane verimi üzerine doğrudan etkisi olumlu ($p = 0.1901$) ve etki payı yüksek (%35.9) bulunmuştur. Metrekarede bitki sayısı üzerinden tane verimine en yüksek dolaylı etkiyi biyolojik verim ($p = 0.2472$, % 46.56), yaparken, bitki boyu ($p = 0.0266$, %5.1), protein oranı ($p = 0.007$, %0.13) ve başaklanma gün sayısının ($p = 0.003$, %0.06) ise dolaylı etkisi olumlu ancak etki payları düşük bulunmuştur. Metrekarede bitki sayısının tane verimi üzerine diğer karakterlerin dolaylı etkisi ise olumsuz yönde olmuştur (Çizelge 4).

1000 tane ağırlığının tane verimine doğrudan etkisi ($p = 0.0718$, % 26.23) olumlu ve yüksek bulunmuştur. 1000 tane ağırlığı üzerinde tane veriminin dolaylı etkileri incelendiğinde biyolojik verim ($p = -0.1171$, %42.80) olumsuz ve etki payının yüksek oranda olduğu görülmüştür. Başaklanma gün sayısı, bitki boyu ve protein oranının ise dolaylı etkileri olumsuz ve düşük oranda gerçekleşmiştir. 1000 dane ağırlığının tane verimine dolaylı etkisi bakımından başak uzunluğu, başakta tane sayısı, hasat indeksi ve erme süresinin etkisi olumlu ve etki payı düşük olmuştur (Çizelge 4).

Başakta tane sayısının tane verimine doğrudan etkisi olumlu yönde ve etki payı düşük ($p = 0.0121$, %3.39) gerçekleşmiştir. Başakta tane sayısı üzerinden tane verimine olumsuz en yüksek dolaylı etkiyi biyolojik verim ($p = -0.1391$, %38.92) yaparken, diğer karakterlerin (hasat indeksi, erme süresi ve protein oranı) dolaylı etkileri olumlu ancak etki payı düşük yönde tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Hasat indeksinin tane verimine doğrudan etkisi olumlu yönde ve etki payı düşük ($p = 0.0027$, %2.63) gerçekleşmiştir. Hasat indeksi üzerinden tane verimine olumsuz en yüksek dolaylı etkiyi biyolojik verim ($p = -0.0593$, %57.98) yaparken, erme süresi ve protein oranının etki payı düşük yönde tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4' de görüldüğü gibi Path analizi sonucunda erme süresinin , tane verimi üzerine doğrudan etkisi olumsuz ($p = -0.0152$) etki payı yüksek (%21.14) bulunmuştur. Erme süresi üzerinden tane verimine olumlu en yüksek dolaylı etkiyi biyolojik verim ($p = -0.4798$, %66.74) göstermiştir.

Biyolojik verimin tane verimine doğrudan etkisi olumlu yönde ve etki payı yüksek ($p=0.7493$, %77.46) tespit edilmiştir. Protein oranı ise olumsuz ve etki payı düşük gerçekleşmiştir (Çizelge 4).

Çalışmamızda tane verimi üzerine en yüksek doğrudan etkiyi metrekarede bitki sayısı, 1000 tane ağırlığı ve biyolojik verim yaparken, olumsuz en yüksek etki payı ise erme süresinde görülmüştür.

Bu konuda diğer araştırmacıların yaptığı çalışmalarda 1000 tane ağırlığının da tane verimine doğrudan etkisinin olumlu olduğu, ancak 2. ve 3. dereceden etkili olduğunu bildirmişlerdir (Bhat, 1972). Tahıllarda tane verimine tek başak verimi ve bin tane ağırlığının doğrudan etkisinin yüksek olduğunu, bu seleksiyonda bu özelliklerin ana öğe olarak ele alınması gerektiğini belirtmektedir. Benzer şekilde Monouchehr (2006), arpada tane verimi üzerine en yüksek doğrudan etkiyi başaktaki tane sayısının yaptığını ve 1000 tane ağırlığı ile metrekarede başak sayısının etkisinin ise pozitif yönde olduğunu bildirmiştir.

Baser et al. (2005) buğdayda bitki boyunun tane verimi üzerine doğrudan etkisi diğer özelliklere göre daha düşük olduğunu, fakat bu özelliğin tane verimi ile ikili ilişkisinin önemli olduğunu tespit etmişlerdir. Acevade (1987), tahıllarda tane verimi ile bitki boyu arasında olumlu ve önemli ikili ilişki olduğunu bildirmiştir. Ekmeklik buğday ve tir buğdayında yapılan path analizi çalışmalarında tane verimi üzerine en yüksek doğrudan etkiyi metrekarede başak sayısı ve başaktaki tane sayısının yaptığını, tane ağırlığının etkisinin ise düşük düzeyde olduğu araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Fonseca ve Patterson, 1968; Sönmez ve ark., 1999). Puri et al. (1982) ve Kırtok ve Çölkesen (1985). Arpada başaktaki tane sayısı ve tane ağırlığının tane verimine etkisinin diğer verim öğelerinden daha yüksek olduğunu bildirmektedirler. Blue et al., (1992)'nin yapmış oldukları çalışmalarda arpada verim öğelerinin tane verimine doğrudan etki düzeylerinin yıllara göre değişebildiğini bildirmektedirler. Bu farklılıklar araştırma yerlerinin ekolojik özelliklerinden, uygulanan yöntemler ve kullanılan çeşitlerden kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 4. Tritikale'de tane verimi üzerine değişik karakterlerin doğrudan ve dolaylı etkilerine ilişkin path katsayıları ve katkı payları

| Özellikler | Doğrudan etkiler | | | | Dolaylı etkiler | | | | | | |
|------------|------------------|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Tane Verimi | MBS | BTA | BU | BGS | BTS | BB | Hİ | ES | BV | PO |
| MBS | 0.1901 | | -0.0206 | -0.0198 | 0.0003 | -0.0071 | 0.0266 | -0.0002 | -0.0184 | 0.2472 | 0.0007 |
| | 35.79 | | 3.89 | 3.72 | 0.06 | 1.33 | 5.01 | 0.05 | 3.46 | 46.56 | 0.13 |
| BTA | 0.0718 | -0.0547 | | 0.0191 | -0.0002 | 0.005 | -0.0007 | 0.0 | 0.005 | -0.1171 | -0.0001 |
| | 26.23 | 19.97 | | 6.99 | 0.06 | 1.82 | 0.25 | 0.02 | 1.84 | 42.80 | 0.02 |
| BU | 0.0459 | -0.0819 | 0.0299 | | -0.0017 | 0.0052 | 0.0128 | -0.0001 | 0.1068 | 0.1608 | -0.0011 |
| | 10.28 | 18.36 | 6.71 | | 0.38 | 1.16 | 2.88 | 0.01 | 23.93 | 36.04 | 0.25 |
| BGS | 0.0023 | 0.0281 | -0.0047 | -0.0332 | | -0.0024 | -0.0228 | 0.0002 | -0.1507 | -0.4564 | 0.0009 |
| | 0.33 | 4.01 | 0.67 | 4.73 | | 0.34 | 3.25 | 0.02 | 21.48 | 65.05 | 0.14 |
| BTS | 0.0121 | -0.1113 | 0.0295 | 0.0196 | -0.0005 | | -0.0203 | 0.0002 | 0.0248 | -0.1391 | 0 |
| | 3.39 | 31.15 | 8.27 | 5.47% | 0.13 | | 5.67 | 0.06 | 6.94 | 38.92 | 0.01 |
| BB | 0.0686 | 0.0737 | -0.0007 | 0.0086 | -0.0008 | -0.0036 | | -0.0003 | 0.0534 | 0.3508 | -0.0004 |
| | 12.23 | 13.14 | 0.13 | 1.53 | 0.14 | 0.64 | | 0.06 | 9.52 | 62.54 | 0.08 |
| Hİ | 0.0027 | -0.0169 | -0.0012 | -0.0011 | 0.0001 | 0.001 | -0.0085 | | 0.0106 | -0.0593 | -0.0009 |
| | 2.63 | 16.57 | 1.16 | 1.07 | 0.14 | 0.95 | 8.31 | | 10.32 | 57.98 | 0.87 |
| ES | 0.152 | 0.023 | -0.0024 | -0.0322 | 0.0023 | -0.002 | -0.0241 | 0.0002 | | -0.4798 | 0.001 |
| | 21.14 | 3.20 | 0.33 | 4.48 | 0.32 | 0.27 | 3.35 | 0.03 | | 66.74 | 0.14 |
| BV | 0.7493 | 0.0627 | -0.0112 | 0.0098 | -0.0014 | -0.0022 | 0.0321 | -0.0002 | 0.0973 | | -0.0009 |
| | 77.46 | 6.48 | 1.16 | 1.02 | 0.15 | 0.23 | 3.32 | 0.02 | 10.06 | | 0.09 |
| PO | 0.0069 | 0.0182 | -0.0007 | -0.0075 | 0.0003 | -0.0001 | -0.0044 | -0.0003 | -0.0219 | -0.0966 | |
| | 4.42 | 11.6 | 0.42 | 4.76 | 0.20 | 0.03 | 2.81 | 0.22 | 13.97 | 61.57 | |

Tabloda birinci satırdaki rakamlar path katsayısını, ikinci satırdaki rakamlar ise path katsayılarının % katkı paylarını ifade etmektedir

SONUÇ

Van ekolojik koşullarında yapılan bu araştırmada, "Path" katsayısı analizi verim ve verim unsurlarının değişik fenolojik dönemler arasındaki karmaşık ve dinamik ilişkileri daha iyi görmemize yardımcı olmuştur. Araştırmada korelasyon katsayısı esas alınarak yapılan değerlendirme ve yorumlarda ortaya çıkabilecek hata ve yanılma payı "path" katsayısı analizi ile giderilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; tane verimi ile biyolojik verim, metrekaredeki başak sayısı, 1000 tane ağırlığı, başak uzunluğu ve bitki boyu arasında olumlu ve önemli, başaklanma gün sayısı arasında ise olumsuz ve önemli ilişkiler saptanmıştır. Yapılan path analizine göre; tane verimine en yüksek doğrudan olumlu etkiyi biyolojik verim, metrekaredeki başak sayısı, 1000 tane ağırlığı yaparken, erme süresi etkisinin ise olumsuz ve yüksek olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre yüksek tane verimi için metrekarede başak sayısının fazla olmasına fırsat veren çeşit-hatlara, ve yetiştiricilik yöntemlerine ağırlık verilmelidir. 1000 tane ağırlığının, erme süresi ile doğrudan önemli ve olumsuz bir ilişkiye sahip olması, tane dolum döneminin bu iki karakter üzerinden tane veriminin önemli bir belirleyicisi durumunda olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, yöredeki kışlık tritikale yetiştiriciliğinde 1000 tane ağırlığı, metrekaredeki başak sayısı gibi özelliklerin seleksiyon kriteri olarak ele alınıp çeşit ve hatlar üzerinde durulması önemli düzeyde verim kazançları sağlayabilir. Özellikle erme süresi ile tane verimi arasındaki olumsuz ve önemli ilişkiyi daha ılımlı hale getirecek kültürel ve biyoteknolojik yolların araştırılması tane ağırlığı ve dolayısı ile verimin artırılması bakımından etkili diğer bir yol olarak görülebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Başkanlığı tarafından desteklenmiştir (2010-FBE-D053). Bu makale Erol ORAL'ın doktora tezinin bir kısmını oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

- Acevade E, 1987. Assessing Crop and Plant Attributes for Cereal Improvement in Water-Limited Mediterranean Environments. Proceed of an Int. Workshop. P: 27-31, Capri, Italy.
- Adak MS, Özkan M, Güler M. 1999. A Research on Relationships Among the Characters and Path Coefficient Analysis in Barley (*Hordeum vulgare* L). Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 8:78-80.
- Anonim, 2005. Van Tarım İl Müdürlüğü Kayıtları. (Erişim tarihi 15.04.2009).
- Anonim, 2011. Van Meteoroloji Bölge Müdürlüğü Kayıtları. (Erişim tarihi:15.04.2011).
- Anonim, 2013.<http://www.tmo.gov.tr/> (Erişim tarihi: 22.10.2013).
- Başer İK, Korkut Z, Bilgin O. 2005. Ekmeklik Buğdayda (*Triticum aestivum* L.) Kurağa Dayanıklılıkla İlgili Özellikler Arasındaki İlişkiler. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2: 27-36.
- Bhat GM, 1972. Significance of Path Coefficient Analysis in Determining the Nature of Character Association. Euphytica, 22:338-343.
- Blue EN, Mason SC, Sander DN, 1992. Influence of Planting Date, Seeding Rate, and Phosphorus Rate on Wheat Yield. Agronomy Journal, 82: 762-768.
- Ceylan A, Sepetoğlu H, 1979. Mercimekte (*Lens culinaris* Medic.) ekim sıklığı araştırması. EÜ, Ziraat Fak., Dergisi, Cilt:25, Sayı:2
- Dencic, S., Kastori, R, Kobiljski, B., Duggan B, 2000. Evaluation of grain and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. Euphytica 113: 43-52.
- Dokuyucu T, Akkaya A, 1999. Path coefficient analysis and correlation of grain yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Rachis (ICARDA); Bareley and Wheat News letter, 18 (2); 17-20.
- Düzgüneş O, Kesici T, Gürbüz F, 1983. İstatistik Metodları I. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları :861, Ankara, 229 s.
- Fonseca S, Patterson FL, 1968. Yield Component Heritabilities and Interrelationships of Grain Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop Science 8: 614-617.
- Gebeyehou G, Knott DR, Baker RJ, 1982. Relationship among durations of vegetative and grain filling phases, yield components and grain yield in durum wheat cultivars. Crop Sci. 22:287-290.
- Kara B, Akman Z, 2007. Yerel Buğday Ekotiplerinde Özellikler Arası İlişkiler ve Path Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(3): 219-224.
- Kendal E, Tekdal S, Aktaş H, Altıkat A, Karaman M, 2012. Güneydoğu Anadolu Yağışa Dayalı Şartlarında Yazlık Tritikale Hatlarının Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi. Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türk Doğa ve Fen Dergisi, 1 (1): 39-46, 2012. Bingöl.
- Kırtok Y, Çölkesen M, 1985. Çukurova Koşullarında Denemeye Alınan Arpa Çeşitlerinde Önemli Bazı Verim Unsurları Üzerinde Path Katsayısı Analizi. Doğa Bilim Dergisi D2 9: 40-49.
- Kün E, 1996.Tahıllar-1. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No:1451, Ders Kitabı, Ankara, 443 s.

- Monouchehr A, 2006. Path Analysis of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Yield. *Journal of Agricultural Science*, 12: 227-232.
- Puri YP, Qualset CO, Williams WA, 1982. Evaluation of Yield Components as Selection Criteria in Barley Breeding. *Crop Science*, 22: 927- 931.
- Shamsuddin A, K . M, 1987. Path analysis in bread wheat. *Indian Journal of Agriculture Science* 57: 47-49.
- Shoufu X, FengJun W, Runsheng J, 1997. Correlation analysis of several quantitative characters of barley. *Barley Gen. Newsletter*: 27.
- Sönmez F, Ülker M, Yılmaz N, Ege H, Bürün B, Apak R, 1999. Tır Buğdayında Tane Verimi ile Bazı Verim Ögeleri Arasındaki ilişkiler. *Tr. J. Of Agriculture and Forestry* 23: 45-52.
- Tomer SB, Prasad G, 1988. Path Coefficient Analysis in Barley. Press: S. D. J. Post Graduate College, 61:66-75, India.
- Ülger AC, Yağbasanlar T, Genç İ, 1989. Çukurova Koşullarında Seçilen Yüksek Verimli Triticale Hatlarının Önemli Tarımsal Karakterleri Üzerinde Bir Araştırma. *Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 13: 1342-1362.
- Yanbeyi S, Sezer İ, 2006. Samsun Koşullarında Bazı Triticale Hatlarının Verim ve Verim Ögeleri Üzerine Bir Araştırma. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 21: 33-39.
- Yağdı K, 2009. Path coefficient analysis of some yield components in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Pakistan Journal of Botany* 41(2): 745-751.
- Yağmur M, Kaydan D, 2008. Kışlık Buğdayda Tane Verimi, Verim Ögeleri ve Fenolojik Dönemler Arasındaki İlişkiler. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi* 12 (4); 9-18.

Bazı Arpa Genotiplerinin Diyarbakır ve Mardin Koşullarında Verim ve Kalite Parametrelerinin İncelenmesi

Ferhat KIZILGEÇİ¹, Mehmet YILDIRIM², Önder ALBAYRAK², Cuma AKINCI²

ÖZET: Bu çalışmada bazı arpa genotiplerinin farklı lokasyonlarda verim ve verim bileşenlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma, Diyarbakır lokasyonunda Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında ve Mardin lokasyonunda 2014-2015 yetiştirme sezonunda, tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Materyal olarak Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi tarafından geliştirilen 3 arpa hattı ile ticari 2 arpa çeşidi (Samyeli ve Altıkat) ve ICARDA orjinli 5 arpa genotipi kullanılmıştır. Çalışmada; tane verimi, SPAD değeri, 1000 tane ağırlığı, nişasta miktarı, hektolitre ağırlığı, protein oranı, yaprak alan indeksi (YAI), vejetasyon indeksi (NDVI) ve bitki sıcaklığı özellikleri incelenmiştir. Yapılan birleşik varyans analiz sonucuna göre, tane verimi, SPAD, Nişasta oranı, YAI ve bitki sıcaklığı özellikleri lokasyona göre değişim göstermiştir. Genotip etkisi incelendiğinde, SPAD değeri hariç incelenen özelliklerin tümünde genotipik farklılıkların etkili olduğu görülmüştür. Tane verimi ve vejetasyon indeksi hariç incelenen özelliklerin tümünde genotip x lokasyon interaksyonunun etkili olduğu belirlenmiştir. Arpa genotiplerinde tane verimi 339.38 -701.80 kg da⁻¹, SPAD değeri 41.15-52.13, 1000 tane ağırlığı 30.15-51.82 g, protein oranı % 12.27-16.32, nişasta oranı % 59.52-63.10, hektolitre ağırlığı 61.57-73.44 kg hl⁻¹, YAI 1.425-6.000, vejetasyon indeksi 0.715-0.787 ve bitki sıcaklığı 14.65-24.23 değerleri arasında değişmiştir. Vejetasyon indeksi ile hektolitre ağırlığı arasında her iki lokasyonda da pozitif korelasyon belirlenmiştir. IBYT-W-6 genotipinden elde edilen değerlere bakıldığında çeşit adayı olarak öne çıktığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Arpa, SPAD, vejetasyon indeksi, verim, yaprak alan indeksi

Investigation of Yield and Quality Parameters of Barley Genotypes in Diyarbakır and Mardin Conditions

ABSTRACT: In this study was aimed to investigate the differences of yield and quality traits in two different locations. Experiments were conducted in University of Dicle Faculty of Agriculture experiment field and Mardin locations during 2014-2015 growing season. The experiment was arranged in accordance with a completely randomized block design with four replications. Three barley lines which developed by University of Dicle, Faculty of Agriculture, two commercial barley genotype (Samyeli and Altıkat) and 5 barley genotypes which obtained from the ICARDA were used as material. The traits of grain yield, SPAD value, thousand kernel weight, starch content, test weight, protein content, leaf area index (LAI), normalized difference vegetation index (NDVI) and plant canopy temperature were investigated in study. Grain yield, SPAD, starch content, LAI and plant canopy temperature traits changed depend on location effects. Genotypic differences were found significant for all investigated traits except SPAD value. Location x genotype interaction was found significant for all investigated traits except grain yield and NDVI. The values ranged in genotypes between 339.38-701.80 kg da⁻¹ in grain yield, 41.15-52.13 in SPAD, 30.15-51.82 g in thousand kernel weight, 12.27-16.32 % in protein content, 59.52-63.10 % in starch, 61.57-73.44 kg hl⁻¹ in test weight, 1.425-6.000 in LAI, 0.715-0.787 in NDVI and 14.65-24.23 in plant temperature. Positive and significant correlation was obtained between NDVI and text weight in both location according to correlation analysis. The genotype of IBYT-W-6 among advanced lines was determined as promising new cultivar candidate according to own performance.

Keywords: Barley, leaf area index, SPAD, vegetation index, yield

¹ Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Şırnak, Türkiye

² Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Diyarbakır, Türkiye
Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Ferhat KIZILGEÇİ, fkizilgeci@sirnak.edu.tr

GİRİŞ

Dünya’da ilk kültüre alınan bitkilerden biri olan arpa (*Hordeum vulgare* L.), genellikle hayvan yemi ve malt endüstrisinin ham maddesi olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde yaklaşık 2.6 milyon hektar ekim alanı ve 5.8 milyon ton üretim miktarı ile buğdaydan sonra ikinci sırada yer almaktadır (TÜİK, 2015). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yaklaşık 420 bin hektar üretim alanından 826 bin ton arpa elde edilmektedir. Güneydoğu Anadolu bölgesi verim ortalaması Türkiye verim ortalamasından düşük olsa da, Diyarbakır ilinin verim değeri Türkiye ortalamasından yüksektir (TÜİK, 2015). Günümüzde insan beslenmesindeki yerini, başta buğday olmak üzere diğer tahıllara bırakmış olan arpanın, halen bazı bölgelerde % 8-10 oranında buğday ununa karıştırıldığı bilinmektedir (Demirliçakmak, 1992). Artan hayvan yemi ve endüstriyel kullanım taleplerinin karşılanabilmesi için, bitki ıslahçıları tarafından farklı bölgelere uyumlu, marjinal koşullarda dahi yüksek verim ve kalite sağlayacak yeni arpa genotipleri geliştirmeyi amaçlayan ve fizyolojik seleksiyon araçlarının dahil edildiği ıslah programları devreye sokulmuştur. Farklı çeşitlerin değişen çevre koşullarına karşı gösterdikleri tepkiler de farklı olmaktadır (Sirat ve ark., 2012). Bütün çevre koşullarına uyum sağlayan başka bir ifade ile çevre şartlarından en az etkilenen stabil çeşitlerin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Arpanın buğdaya nazaran daha erkenci olması, özellikle ikinci ürün üretimi yapan çiftçiler için tercih sebebi olmaktadır. Aynı zamanda düşük ve düzensiz yağış alan yerler için de arpa tercih edilecek bir bitki olmaktadır (Doğan ve ark., 2014). Bu çalışmada, Diyarbakır ve Mardin koşullarında farklı arpa genotiplerinin verim ve kalite özellikleri incelenerek bölgeye uygun genotip veya genotiplerin belirlenmesi ve bazı fizyolojik ölçüm araçlarının tane verimi ile ilişkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, 2014-2015 üretim sezonunda Diyarbakır ili Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme arazisi ve Mardin ili Derik ilçesi (çiftçi arazisi) olmak üzere iki farklı lokasyonda yürütülmüştür. Materyal olarak GAPUTAEM (GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi) tarafından

tescil edilmiş Samyeli ve Altıkat çeşitleri, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi tarafından geliştirilen DZ12-2, DZ7-07 ve DZ7-08 hatları ve ICARDA orijinli IBYT-LRA-24, IBYT-W-6, INBYT-P8, IBYT-HI-4 ve INBYT-P24 genotiplerinin kullanıldığı çalışma, tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan genotiplere ait bilgiler

| Genotip Adı | Başak yapısı |
|-------------|--------------|
| Samyeli | 2 sıralı |
| Altıkat | 6 Sıralı |
| DZ12-2 | 2 sıralı |
| DZ7-07 | 2 sıralı |
| DZ7-08 | 2 sıralı |
| IBYT-LRA-24 | 2 sıralı |
| IBYT-W-6 | 2 sıralı |
| INBYT-P8 | 6 Sıralı |
| IBYT-HI-4 | 6 Sıralı |
| INBYT-P24 | 6 Sıralı |

Deneme metrekaresine 400 tohum gelecek şekilde 6 sıralı parsel ekim mibzeri ile 4.8 m² (1.2 m x 4 m) parsel alanına Kasım ayı içerisinde ekilmiştir. Ekim öncesi her iki lokasyonda da 6 kg da⁻¹ saf azot (N) ve fosfor (P₂O₅) gelecek şekilde 20.20.0 kompoze gübre ile gübreleme yapılmıştır. Bitkiler kardeşlenme-sapa kalkma dönemlerinde iken üst gübre olarak 6 kg da⁻¹ saf N hesabı ile % 33 N içeren amonyum nitrat gübresi ile gübrenmiştir. Deneme alanlarının toprak özelliğini belirlemek için her iki deneme yerinden 0-30 cm derinliğinden toprak örnekleri alınmıştır. Yapılan toprak analizi sonucuna göre deneme alanının toprak yapısı killi-tınlı bünyeli olup, pH değeri 7.5-7.6 arasında hafif alkali, tuzluluk oranı düşük, organik madde miktarı ve fosfor bakımından oldukça düşük, potasyum kapsamı bakımından çok yüksek ve % 10.04-11.02 arasında kireç içermektedir. İklim verilerine ait tablo incelendiğinde, yağış miktarı yönünden her iki lokasyona ait yağış miktarları uzun yıllar ortalamalarına göre daha fazla olduğu görülmektedir. Deneme yılında Mardin lokasyonu Diyarbakır lokasyonundan daha fazla yağış almıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Araştırmanın yürütüldüğü lokasyonlara ait iklim verileri

| Aylar | Lokasyon | Sıcaklık 2014-2015 (°C) | Uzun Yıllar Sıcaklık (°C)* | Yağış 2014-2015 (mm) | Uzun Yıllar Yağış (mm)* | Nem 2014-2015 (%) | Uzun Yıllar Nem (%)* |
|----------|------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Ekim | Diyarbakır | 17.5 | 17.2 | 34.2 | 32.7 | 60.9 | 48.0 |
| | Mardin | 19.7 | 18.7 | 50.2 | 23.3 | 42.8 | 43.2 |
| Kasım | Diyarbakır | 8.5 | 9.5 | 97.6 | 54.1 | 70.2 | 66.0 |
| | Mardin | 11.5 | 12.8 | 112.9 | 30.2 | 50.8 | 64.4 |
| Aralık | Diyarbakır | 6.6 | 4.0 | 73.4 | 71.0 | 87.9 | 76.0 |
| | Mardin | 8.4 | 6.0 | 109.1 | 60.7 | 70.9 | 74.1 |
| Ocak | Diyarbakır | 2.2 | 1.7 | 64.6 | 72.3 | 80.9 | 76.0 |
| | Mardin | 5.2 | 5.6 | 60.0 | 65.9 | 64.1 | 76.8 |
| Şubat | Diyarbakır | 5.4 | 3.6 | 55.2 | 67.9 | 80.6 | 72.0 |
| | Mardin | 6.7 | 6.5 | 111.0 | 55.4 | 66.8 | 69.2 |
| Mart | Diyarbakır | 8.3 | 8.3 | 127.0 | 64.7 | 74.6 | 65.0 |
| | Mardin | 10.1 | 13.6 | 149.9 | 45.5 | 57.9 | 52.1 |
| Nisan | Diyarbakır | 12.4 | 13.8 | 48.6 | 69.1 | 70.0 | 63.0 |
| | Mardin | 14.5 | 16.1 | 46.3 | 40.9 | 51.0 | 44.7 |
| Mayıs | Diyarbakır | 18.7 | 19.2 | 48.2 | 42.2 | 58.1 | 55.0 |
| | Mardin | 22.5 | 23.6 | 49.7 | 20.8 | 33.4 | 43.7 |
| Haziran | Diyarbakır | 26.0 | 26.0 | 7.4 | 7.8 | 36.1 | 35.0 |
| | Mardin | 28.5 | 28.1 | 3.7 | 0.9 | 24.2 | 28.6 |
| Top/ort. | Diyarbakır | 11.7 | 11.5 | 556.2 | 481.8 | 68.8 | 61.8 |
| Top/ort. | Mardin | 14.1 | 14.6 | 692.8 | 343.6 | 51.3 | 55.2 |

*1974-2013 yıllarına ait ortalamalardır.

İncelenen Özellikler ve Yöntemleri

Tane verimi: Parsel biçerdöveri ile yapılan hasat harman sonucu elde edilen arpa tanelerinin tartılması ve elde edilen verimin dekara çevrilmesi sonucu dekara kg olarak tespit edilmiştir.

SPAD ölçümü: Bitkiler tane dolun döneminde iken rastgele seçilen 10 bitkinin bayrak yaprağının orta damara gelmeyecek şekilde tam orta kısımları, bitkilerin klorofil miktarını ölçmeye yarayan SPAD-502 Plus (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) cihazı ile ölçülerek, SPAD birimi cinsinden belirlenmiştir.

Protein oranı, nişasta miktarı ve hektolitreye ağırlığı: Bu özellikler taneler öğütme işlemine tabi tutulmadan NIT System Infracore 1241 Grain Analyzer (Foss, Hillerod, Danimarka) cihazıyla ölçülerek belirlenmiştir (Osborne, 2006; Silva ve ark., 2008).

Bin tane ağırlığı: Tane sayma makinesi ile sayılan 4 adet 100'er tohum tartılarak ortalamaları alınmış, 10 ile çarpılarak bin tane ağırlığı belirlenmiştir.

Yaprak alan indeksi: Bitkiler başaklanma döneminde iken LAI-2000 (LI-COR, Lincoln, NE) ile ölçülmüştür.

Vejetasyon indeksi (NDVI): Bitkiler başaklanma döneminde iken elle taşınabilen, kullanımı kolay 0.0-0.99 değerleri aralığında ölçüm yapan Trimble Greenseeker ile ölçülmüştür.

Bitki sıcaklığı: Bitkiler başaklanma döneminde iken Rothenbenger hassas-kızılötesi termometre ile ölçülmüştür. Ölçümler, Fisher ve ark. (1998)'nin uyguladığı metoda benzer olarak, yatayla 30° açı yapacak şekilde parselin orta kısmında bitki boyunun 50 cm üzerinden öğleden sonra, açık ve rüzgarsız havada ölçülmüştür.

Elde edilen verilerin varyans analizi MSTAT-C istatistik analiz programı ile yapılmış, farklı çıkan parametrelerde LSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. İncelenen özelliklerin korelasyon analizi SPSS-Statistics-21 istatistik programı ile yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Tane verimi: Tane verimi yönünden varyans analizi incelendiğinde lokasyon ve genotipler arasında önemli farklılık olduğu görülürken, lokasyon x genotip interaksiyonunun önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 3). Tane verimi Diyarbakır'da 339.38-543.27 kg da⁻¹, Mardin'de 414.38-701.80 kg da⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4). Lokasyon ortalamaları incelendiğinde, Mardin lokasyonunda (540.52 kg da⁻¹) Diyarbakır lokasyonuna (462.59 kg da⁻¹) göre daha yüksek tane verimi elde edilmiştir. Lokasyon ve yıl gibi çevresel varyasyonların arpada tane verimini etkilediği

bilinmektedir. Çalışmamızda da beklenildiği gibi tane verimi yönünden farklılıklar görülmüştür. Diyarbakır ve Mardin lokasyonlarındaki tane verimindeki farklılıkların toplam yağış miktarındaki farktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Tane verimi üzerine Yağbasanlar ve ark. (1997) çeşitlerin, Kılınç ve ark. (1992), Öztürk ve ark. (1997) yılların ve genotiplerin, Bozkurt ve Tugay (1999) değişik çevre koşullarının etki gösterdiğini bildirmektedirler. Genotipler arasında en yüksek tane verimi Mardin lokasyonunda Altıkat çeşidinde Diyarbakır lokasyonunda INBYT-P8 genotipinde belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 3. Tane verimi, fizyolojik özellikler ve bazı kalite parametrelerine ait varyans analiz tablosu

| Varyasyon Kaynakları | Kareler Ortalaması | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|-------------|----------|-----------|-----------|------------|---------------|-------------|---------|------------|
| | S.D | TV | SPAD | BTA | Nişasta | HA | Protein oranı | YAI | VI | BS |
| Lokasyon | 1 | 121 471 * | 166.17 * | 2.1 | 29.13 *** | 0.553 | 2.329 | 157.725 *** | 0.002 | 1149.13 ** |
| Hata | 6 | 15268.7 | 24.94 | 246.48 | 0.587 | 9.537 | 0.764 | 0.199 | 0.002 | 79.513 |
| Genotip | 9 | 40556.4 *** | 14.99 | 160.31 ** | 4.278 *** | 110.56 ** | 11.1 *** | 2.21 *** | 0.002 * | 5.338 ** |
| Gen.xLok | 9 | 7170.73 | 33.18 * | 34.706 * | 0.621 ** | 16.337 *** | 0.412 * | 2.728 *** | 0.001 | 4.299 ** |
| Hata | 54 | 6296.36 | 12.08 | 15.628 | 0.214 | 3.438 | 0.176 | 0.239 | 0.001 | 1.281 |
| DK % | | 15.82 | 7.4 | 9.41 | 0.76 | 2.74 | 2.88 | 14.17 | 3.88 | 5.8 |

*P≤ 0.05, ** P≤ 0.01 , *** P≤ 0.001 seviyesinde önemlidir. TV:tane verimi, BTA:bin tane ağırlığı, HA: hektolitre ağırlığı, YAI:yaprak alan indeksi, VI:vejetasyon indeksi, BS:bitki sıcaklığı

SPAD değeri: Yaprakların toplam klorofil miktarını temsil eden ve SPAD 502 cihazıyla ölçülen SPAD değerlerine ait birleştirilmiş varyans analiz tablosu (Çizelge 3) incelendiğinde, SPAD değeri bakımından lokasyon ve lokasyon x genotip interaksiyonunun önemli farklılıklar oluşturduğu, genotipler arası farklılıklar ise önemsiz olduğu görülmektedir. Pagola ve ark. (2009) çevre ve genotip farklılıklarının önemli, genotip x çevre interaksiyonunun önemsiz olduğunu bildirmişlerdir.

SPAD değeri Mardin'de 45.33-52.13, Diyarbakır'da 41.15-48.88 arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 4). Genotiplerin SPAD değerlerine ait ortalamalar incelendiğinde en yüksek SPAD değeri Mardin lokasyonunda IBYT-HI-4 genotipinde Diyarbakır'da ise IBYT-LRA-24 genotipinde elde edilmiştir (Çizelge 4). Lokasyon ortalamaları incelendiğinde Mardin lokasyonunun (48.44) Diyarbakır lokasyonundan (45.56) daha yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. Tane verimi, fizyolojik özellikler ve bazı kalite parametrelerine ait ortalama değerler ve gruplandırmalar

| Özellikler | Lokasyon | IBYT- | | IBYT- | | IBYT- | | DZ7-08 | DZ7-07 | DZ12-2 | ALTIKAT | INBYT-P8 | INBYT-W-6 | INBYT-P24 | SAMYELİ | Ortalama |
|--|------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|----------|
| | | LRA-24 | IBYT-W-6 | IBYT-P8 | ALTIKAT | IBYT-P24 | HI-4 | | | | | | | | | |
| Tane verimi (kg da ⁻¹) | Diyarbakır | 482.50 | 524.52 | 543.27 | 516.95 | 339.38 | 486.81 | 455.76 | 450.70 | 486.81 | 486.81 | 455.76 | 427.13 | 398.89 | 462.59 ^b | |
| | Mardin | 480.28 | 583.75 | 639.10 | 701.80 | 414.38 | 478.61 | 605.21 | 510.42 | 478.61 | 478.61 | 605.21 | 530.21 | 461.46 | 540.52 ^a | |
| | Ortalama | 481.40 ^{bcd} | 554.14 ^{ab} | 591.19 ^a | 609.38 ^a | 376.88 ^d | 482.71 ^{bcd} | 530.49 ^{abc} | 478.67 ^{bcd} | 480.56 ^{bcd} | 482.71 ^{bcd} | 530.49 ^{abc} | 478.67 ^{bcd} | 430.18 ^{cd} | 501.56 | |
| SPAD | Diyarbakır | 48.88 ^{ab} | 47.17 ^{bcd} | 45.92 ^{b-e} | 49.35 ^{ab} | 45.20 ^{b-e} | 43.75 ^{cde} | 43.75 ^{cde} | 47.40 ^{a-d} | 43.75 ^{cde} | 43.75 ^{cde} | 43.75 ^{cde} | 42.97 ^{de} | 41.15 ^e | 45.555 ^b | |
| | Mardin | 48.55 ^{abc} | 45.97 ^{b-e} | 49.92 ^{ab} | 49.28 ^{ab} | 45.45 ^{b-e} | 48.60 ^{abc} | 49.95 ^{ab} | 45.33 ^{b-e} | 48.60 ^{abc} | 48.60 ^{abc} | 49.95 ^{ab} | 52.13 ^a | 49.20 ^{ab} | 48.438 ^a | |
| | Ortalama | 48.71 | 46.58 | 47.93 | 49.31 | 45.33 | 46.18 | 46.85 | 46.36 | 46.18 | 46.18 | 46.85 | 47.55 | 45.18 | 46.996 | |
| Bin tane ağırlığı (g) | Diyarbakır | 44.82 ^{b-e} | 44.40 ^{b-f} | 39.51 ^{e-i} | 37.46 ^{ghi} | 40.08 ^{d-i} | 44.22 ^{b-f} | 36.30 ^{hi} | 41.88 ^{b-h} | 44.22 ^{b-f} | 44.22 ^{b-f} | 36.30 ^{hi} | 47.19 ^{ab} | 45.83 ^{bc} | 42.169 | |
| | Mardin | 44.93 ^{b-e} | 44.78 ^{b-e} | 43.03 ^{b-g} | 30.15 ^j | 39.06 ^{f-i} | 42.59 ^{b-g} | 41.33 ^{c-h} | 35.52 ^{ij} | 42.59 ^{b-g} | 42.59 ^{b-g} | 41.33 ^{c-h} | 51.82 ^a | 45.24 ^{bcd} | 41.845 | |
| | Ortalama | 44.88 ^{ab} | 44.59 ^{abc} | 41.27 ^{bcd} | 33.81 ^e | 39.57 ^{cd} | 43.41 ^{bcd} | 38.82 ^{de} | 38.70 ^{de} | 43.41 ^{bcd} | 43.41 ^{bcd} | 38.82 ^{de} | 49.50 ^a | 45.53 ^{ab} | 42.007 | |
| Nişasta miktarı (%) | Diyarbakır | 61.35 ^{de} | 62.40 ^{ab} | 62.23 ^{abc} | 61.38 ^{cde} | 61.71 ^{bcd} | 61.45 ^{cd} | 63.10 ^a | 61.45 ^{cd} | 61.12 ^{def} | 61.12 ^{def} | 63.10 ^a | 59.89 ^{gh} | 61.01 ^{def} | 61.563 ^a | |
| | Mardin | 60.51 ^{efg} | 60.30 ^{fgh} | 61.31 ^{de} | 59.74 ^{gh} | 60.56 ^{efg} | 59.52 ^h | 61.61 ^{bcd} | 60.26 ^{fgh} | 59.52 ^h | 59.52 ^h | 61.61 ^{bcd} | 59.85 ^{gh} | 59.90 ^{gh} | 60.356 ^b | |
| | Ortalama | 60.93 ^{cde} | 61.35 ^{bc} | 61.77 ^{ab} | 60.56 ^{de} | 61.14 ^{cd} | 60.85 ^{cde} | 62.35 ^a | 60.32 ^{ef} | 60.85 ^{cde} | 60.32 ^{ef} | 62.35 ^a | 59.87 ^f | 60.45 ^{ef} | 60.959 | |
| Hektolitre ağırlığı (kg hl ⁻¹) | Diyarbakır | 73.44 ^a | 67.97 ^{c-g} | 64.36 ^{hi} | 65.00 ^{ghi} | 71.32 ^{abc} | 72.42 ^{ab} | 66.72 ^{e-h} | 72.42 ^{ab} | 65.93 ^{fgh} | 65.93 ^{fgh} | 66.72 ^{e-h} | 58.46 ^j | 69.95 ^{e-e} | 67.556 | |
| | Mardin | 72.28 ^{ab} | 67.16 ^{d-h} | 67.91 ^{c-g} | 61.57 ^{ij} | 70.90 ^{abc} | 69.40 ^{b-f} | 69.15 ^{b-f} | 69.40 ^{b-f} | 64.61 ^{ghi} | 64.61 ^{ghi} | 69.15 ^{b-f} | 63.97 ^{hi} | 70.28 ^{a-d} | 67.722 | |
| | Ortalama | 72.86 ^a | 67.56 ^{de} | 66.14 ^{de} | 63.28 ^f | 71.11 ^{ab} | 70.91 ^{ab} | 67.93 ^{cd} | 67.93 ^{cd} | 65.27 ^{ef} | 65.27 ^{ef} | 67.93 ^{cd} | 61.21 ^g | 70.12 ^{bc} | 67.639 | |
| Protein oranı (%) | Diyarbakır | 15.01 ^{cde} | 15.03 ^{cde} | 12.67 ^{ij} | 13.62 ^g | 16.11 ^{ab} | 15.60 ^{bc} | 12.27 ^j | 15.60 ^{bc} | 15.03 ^{cde} | 15.03 ^{cde} | 12.27 ^j | 13.33 ^{gh} | 15.42 ^{cd} | 14.409 | |
| | Mardin | 15.05 ^{cde} | 15.58 ^{bc} | 13.21 ^{ghi} | 14.63 ^{ef} | 16.32 ^a | 15.57 ^{bc} | 12.92 ^{hi} | 15.57 ^{bc} | 14.89 ^{de} | 14.89 ^{de} | 12.92 ^{hi} | 14.23 ^f | 15.10 ^{cde} | 14.75 | |
| | Ortalama | 15.03 ^{bc} | 15.31 ^{bc} | 12.94 ^e | 14.12 ^d | 16.21 ^a | 15.59 ^b | 12.60 ^e | 15.59 ^b | 14.96 ^c | 14.96 ^c | 12.60 ^e | 13.78 ^d | 15.26 ^{bc} | 14.579 | |
| Yaprak alan indeksi | Diyarbakır | 1.875 ^e | 1.850 ^e | 1.425 ^e | 2.050 ^e | 1.975 ^e | 3.300 ^d | 3.075 ^d | 3.300 ^d | 1.775 ^e | 1.775 ^e | 3.075 ^d | 1.625 ^e | 1.500 ^e | 2.045 ^b | |
| | Mardin | 5.025 ^{bc} | 5.633 ^{ab} | 5.000 ^{bc} | 6.000 ^a | 3.068 ^d | 4.650 ^c | 4.625 ^c | 4.650 ^c | 5.533 ^{abc} | 5.533 ^{abc} | 4.625 ^c | 3.632 ^d | 5.368 ^{abc} | 4.853 ^a | |
| | Ortalama | 3.450 ^{ab} | 3.741 ^{ab} | 3.213 ^{bc} | 4.025 ^a | 2.521 ^d | 3.975 ^a | 3.850 ^{ab} | 3.850 ^{ab} | 3.654 ^{ab} | 3.654 ^{ab} | 3.850 ^{ab} | 2.629 ^{cd} | 3.434 ^{ab} | 3.449 | |
| Vejetasyon indeksi | Diyarbakır | 0.760 | 0.752 | 0.750 | 0.730 | 0.765 | 0.783 | 0.787 | 0.783 | 0.763 | 0.763 | 0.787 | 0.715 | 0.728 | 0.753 | |
| | Mardin | 0.763 | 0.757 | 0.728 | 0.727 | 0.755 | 0.733 | 0.757 | 0.733 | 0.745 | 0.745 | 0.757 | 0.732 | 0.735 | 0.743 | |
| | Ortalama | 0.761 ^{ab} | 0.755 ^{a-d} | 0.739 ^{bcd} | 0.729 ^{cd} | 0.760 ^{abc} | 0.757 ^{abc} | 0.773 ^a | 0.773 ^a | 0.753 ^{a-d} | 0.753 ^{a-d} | 0.773 ^a | 0.724 ^d | 0.731 ^{bcd} | 0.748 | |
| Bitki sıcaklığı | Diyarbakır | 24.02 ^a | 23.08 ^a | 24.23 ^a | 23.40 ^a | 22.77 ^a | 22.75 ^a | 23.15 ^a | 22.75 ^a | 23.42 ^a | 23.42 ^a | 23.15 ^a | 23.83 ^a | 22.30 ^a | 23.30 ^a | |
| | Mardin | 15.95 ^{cd} | 15.55 ^{cde} | 15.67 ^{cde} | 18.77 ^b | 15.00 ^{de} | 14.88 ^{de} | 13.65 ^e | 14.88 ^{de} | 17.23 ^{bc} | 17.23 ^{bc} | 13.65 ^e | 14.65 ^{de} | 15.80 ^{cd} | 15.72 ^b | |
| | Ortalama | 19.99 ^{abc} | 19.31 ^{bed} | 19.95 ^{abc} | 21.09 ^a | 18.89 ^{bcd} | 18.81 ^{cd} | 18.40 ^d | 18.40 ^d | 20.33 ^{ab} | 20.33 ^{ab} | 18.40 ^d | 19.24 ^{bcd} | 19.05 ^{bcd} | 19.51 | |

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında 0.05 önem düzeyine göre fark yoktur.

Bin tane ağırlığı: Bir çok gen tarafında kontrol edilen bin tane ağırlığı, çeşit ve yılın ekolojik koşullarına göre değişim gösteren bir özelliktir (Johnson ve ark., 1988; Çölkesen ve ark., 1994). Bin tane ağırlığına ait varyans analizi incelendiğinde lokasyon x genotip interaksyonu ve genotipler arası önemli farklılık ortaya çıkmıştır. Lokasyonlar arası farklılıkların bin tane ağırlığı üzerine istatistiki olarak etkisinin olmadığı saptanmıştır (Çizelge 3). Bin tane ağırlığına ait ortalamalar incelendiğinde, Mardin'de 30.15-51.82 g ve Diyarbakır'da 36.30-47.19 g arasında değerler aldığı görülmüştür (Çizelge 4). Bin tane ağırlığı yönünden lokasyon ortalamaları karşılaştırıldığında Diyarbakır (42.17 g) ve Mardin lokasyonu (41.85 g) benzer bulunmuştur. Genotiplere ait ortalamalar incelendiğinde en yüksek bin tane ağırlığı değeri her iki lokasyonda da INBYT-P24 genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 4). Bin tane ağırlığı üzerine çevresel ve çeşit etkilerinin etkili olduğu bilinmektedir. Çalışmamızda da çeşitlerin bin tane ağırlığı değerleri farklılık göstermiştir.

Protein oranı: Protein oranı ve bileşimi malt kalitesinde önemli bir rol oynamaktadır Swanston ve ark., 1997; Wang ve ark., 2007). Maltlık arpada % 9.5-11.5 olması önemli iken (Gali ve Brown, 2000), yemlik arpada bu değer yüksek olması istenmektedir. Çizelge 3 incelendiğinde lokasyon x genotip interaksyonu ve genotiplerin önemli farklılık oluşturduğu ancak lokasyonların ise önemsiz olduğu ortaya çıkmaktadır. Protein oranı Diyarbakır'da %12.27-16.11, Mardin'de %12.92-16.32 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4). Lokasyon ortalamaları mukayese edildiğinde Diyarbakır lokasyonu (% 14.41) ile Mardin lokasyonu (% 14.75) protein oranı yönünden benzer değere sahip olmuştur. Protein oranı bakımından genotipler incelendiğinde, DZ12-2 genotipinin Diyarbakır (% 16.11) ve Mardin lokasyonunda (% 16.32) en yüksek protein oranına sahip olduğu görülmüştür. Fox ve ark. (2003), tahıllarda protein oranının çeşit ve çevre faktörlerine göre değiştiğini bildirmiştir.

Yaprak alan indeksi: Fotosentez olayının büyük çoğunluğunun gerçekleştiği yaprakların ışıktan yararlanma oranı yaprak alan indeksi ile yakın ilişkilidir. Yaprakların alan indeksi değerlerine ait varyans analiz tablosu (Çizelge 3) incelendiğinde,

YAİ değeri bakımından lokasyon, genotipler arası farklılıklar ve lokasyon x genotip interaksyonu için istatistiki olarak çok önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. YAİ değerinin Mardin'de 3.068-6.000, Diyarbakır'da 1.425-3.075 değerleri arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 4). Genotiplerin YAİ değerlerine ait ortalamalar incelendiğinde en yüksek YAİ değeri Mardin lokasyonunda Altıkat genotipinde, Diyarbakır'da ise IBYT-HI-4 genotipinde elde edilmiştir. Lokasyonlar ortalaması incelendiğinde Mardin lokasyonunun (4.853) Diyarbakır lokasyonundan (2.045) daha yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Yaprak alan indeksi tür ve çeşide göre değişim göstermekle birlikte bitkinin gelişim dönemlerine göre farklılık göstermektedir.

Müjdecı ve ark. (2005) tane veriminin yaprak alan indeksi ile yakın ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Nişasta miktarı: Endospermde bol miktarda bulunan nişasta bileşeni tohum ağırlığının yaklaşık olarak % 60'ını içermektedir. Arpanın nişastaca zengin olması, maltın ekstrakt verimini artırmaktadır. Tanedeki kuru maddenin büyük kısmını nişasta oluşturduğundan nişasta içeriğinin yüksekliği, ekstrakt içeriğinin de yüksekliğini göstermektedir. Nişasta miktarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde lokasyon, genotipler arası farklılıklar ve lokasyon x genotip interaksyonu için istatistiki olarak çok önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Nişasta miktarına ait ortalama değerler (Çizelge 4) incelendiğinde Diyarbakır lokasyonunun (% 61.56) Mardin lokasyonuna (% 60.36) göre nişasta miktarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Genotip ortalamaları incelendiğinde, en yüksek nişasta miktarı Diyarbakır (% 63.10) ve Mardin (% 61.61) lokasyonunda IBYT-HI-4 genotipinden elde edildiği görülmüştür. Tanede nişasta birikmesi yüksek nem oranı ile yakın ilişkidir. Diyarbakır lokasyonunda başaklanma dönemindeki nem oranının Mardin lokasyonuna göre yüksek olması nişasta miktarı üzerine etki sağlamıştır. Kendal (2013), nişasta miktarının çevre şartlarına bağlı olarak değişebileceğini bildirmiştir.

Hektolitreye ağırlığı: Hektolitreye ağırlığına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Çizelge incelendiğinde lokasyon x genotip

interaksiyonu ve genotiplerin çok önemli farklılık oluşturduğu, ancak lokasyonların önemsiz olduğu ortaya çıkmaktadır. Çizelge 4 incelendiğinde, Mardin lokasyonu (67.72 kg hl⁻¹) ve Diyarbakır lokasyonuna (67.56 kg hl⁻¹) ait hektolitre ağırlıkları ortalamaları benzer olmuştur (Çizelge 4). Genotipler arasındaki fark incelendiğinde ise IBYT-LRA-24 (73.44 kg hl⁻¹) ve DZ7-07 (72.42 kg hl⁻¹) hektolitre ağırlıkları ile en yüksek gruba girmişlerdir. Hektolitre ağırlığı bakımından elde edilen sonuçlar, Kendal (2013)'in bildirdiği sonuçlarla benzer bulunmuştur. Genotip ve lokasyon x genotip interaksiyonunun önemli bulunması, hektolitre ağırlığının çeşide, çevre etkilerine, tane özelliklerine bağlı olarak değiştiğini bildirilen araştırmacıların (Kün, 1996; Karadoğan ve ark., 1999) bulguları ile ilişkilendirilmiştir.

Vejetasyon indeksi (NDVI): NDVI çeşitli büyüme faktörlerinin büyüme üzerinde birleşik etkisinin ölçülmesi olarak düşünülmektedir. Dolayısıyla bir genotipin NDVI'nın yüksek olması o bitkinin sağlıklı olduğunu göstermektedir. Vejetasyon indeksi için Genotipler arası farklılıklar %5 düzeyinde önemli iken lokasyon ve lokasyon x genotip interaksiyonu önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3). NDVI ortalamaları Diyarbakır lokasyonunda 0.715-0.787, Mardin lokasyonunda 0.727-0.763 değerleri arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4). Diyarbakır ile Mardin ortalamaları benzer bulunmuştur. Genotip ortalamalarında IBYT-HI-4 genotipi ön plana çıkmıştır. Buğdayda NDVI ve tane verimi arasında 0.5 ve 0.66 korelasyon (R²) bildirilmesine rağmen (Rudorff ve Batista, 1990; Wiegand ve Richardson, 1990), bu çalışmada ilişki belirlenmemiştir.

Bitki sıcaklığı: Bitki sıcaklığına ait varyans analiz tablosu incelendiğinde lokasyon, genotipler arası farklılıklar ve lokasyon x genotip interaksiyonu için istatistiki olarak önemli farklılıklar görülmüştür (Çizelge 3). Bitki sıcaklığı ortalamaları Mardin'de 14.65-18.77, Diyarbakır'da 22.30-24.23 değerleri arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 4). Genotiplerin bitki sıcaklığı değerlerine ait ortalamalar incelendiğinde en yüksek bitki sıcaklığı değeri Mardin lokasyonunda Altıkat genotipinde Diyarbakır'da ise INBYT-P8 genotipinde elde edilmiştir (Çizelge 4). Lokasyonlar ortalaması incelendiğinde Diyarbakır lokasyonunun (23.295)

Mardin lokasyonundan (15.715) daha yüksek bitki sıcaklığına sahip olduğu belirlenmiştir. Genotipler arasında bitki sıcaklığı değerinin küçük olması bitkilerin kendilerini iyi serinlettiklerini, tersi durum ise soğutamadıklarını göstermektedir. Ayeneh ve ark. (2002) ekmeçlik buğdaylarda süt olum döneminde ölçülen bitki sıcaklığı değeri ile verim arasında önemli ilişki bildirirken, bizim çalışmamızda tane büyüme döneminde yapılan ölçümle ilişki bulunmamıştır. Buna karşın genel literatür bildirimlerinden farklı olarak, en yüksek tane veriminin alındığı Altıkat ve INBYT-P8 genotiplerinin bitki sıcaklığı değeri oldukça yüksek bulunmuştur.

İncelenen Özellikler Arasındaki İlişkiler

Genotiplerin, Diyarbakır ve Mardin lokasyonlarında incelenen özellikler arasında ilişkileri Çizelge 5'te verilmiştir.

Diyarbakır lokasyonunda vejetasyon indeksi özelliği YAI, nişasta oranı ve hektolitre ağırlığı ile pozitif ve %5 seviyesinde önemli, bin tane ağırlığı ile %5 seviyesinde olumsuz önemli ilişki belirlenmiştir. YAI ve hektolitre ağırlığı arasında olumlu ve önemli (p<0.05) ilişki bulunmuştur. Protein oranı hektolitre ağırlığı ile olumlu ve çok önemli (p<0.01) ve bin dane ağırlığı ile pozitif %5 seviyesinde önemli ilişki belirlenmiştir. Mardin lokasyonunda tane verimi ile YAI arasında olumlu ve önemli (p<0.05) ilişki bulunmuştur. Bin tane ağırlığının bitki sıcaklığı ve SPAD ile %5 seviyesinde olumlu önemli ilişkisi belirlenmiştir. Protein oranı, SPAD ve tane verimi ile olumsuz ve önemli ilişki göstermiştir. Her iki lokasyonda incelenen bitki sıcaklığı ile hektolitre ağırlığı arasında %5 düzeyinde olumlu ve tane verimi ile protein oranı arasında olumsuz ve önemli ilişkiler bulunmuştur. Arpada nişasta ile protein arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır. Protein içeriğinin yüksek olması, nişasta içeriğini dolayısıyla ekstrakt ve bira verimini düşürdüğü bildirilmektedir (Engin 1989). Dolayısıyla her iki lokasyonda da elde edilen protein oranı değerleri ürünün maltlık olarak kullanımı için yüksektir. Her iki lokasyonda da protein ile tane verimi arasında olumsuz ilişki belirlenmiştir. Bu ilişki Gonzales-Ponce ve ark. (1993) ve Öztürk ve ark. (1997) bulguları ile paralellik göstermiştir.

Çizelge 5. Diyarbakır ve Mardin lokasyonlarında incelenen özelliklere ait korelasyon katsayıları

| | Tane verimi | SPAD | Bin tane ağırlığı | Protein oranı | Nişasta miktarı | Hektolitire ağırlığı | YAI | Vejetasyon indeksi |
|-----------------------------|-------------|---------|-------------------|---------------|-----------------|----------------------|---------|--------------------|
| Diyarbakır Lokasyonu | | | | | | | | |
| SPAD | 0.288 | | | | | | | |
| Bin tane ağırlığı | -0.146 | -0.199 | | | | | | |
| Protein oranı | -0.351* | 0.100 | 0.392* | | | | | |
| Nişasta miktarı | 0.221 | 0.123 | -0.543** | -0.296 | | | | |
| Hektolitire ağırlığı | -0.148 | 0.143 | -0.025 | 0.605** | 0.259 | | | |
| Yaprak alan indeksi | -0.009 | 0.023 | -0.379* | -0.032 | 0.300 | 0.339* | | |
| Vejetasyon indeksi | 0.177 | 0.120 | -0.342* | 0.157 | 0.395* | 0.344* | 0.415** | |
| Bitki sıcaklığı | 0.307 | 0.191 | 0.002 | -0.159 | -0.068 | -0.056 | 0.093 | 0.142 |
| Mardin Lokasyonu | | | | | | | | |
| SPAD | 0.141 | | | | | | | |
| Bin tane ağırlığı | -0.084 | 0.364* | | | | | | |
| Protein oranı | -0.516** | -0.389* | -0.196 | | | | | |
| Nişasta miktarı | 0.312* | 0.018 | 0.078 | -0.586** | | | | |
| Hektolitire ağırlığı | -0.412** | -0.230 | 0.202 | 0.118 | 0.468** | | | |
| Yaprak alan indeksi | 0.325* | 0.228 | -0.026 | -0.131 | -0.188 | -0.238 | | |
| Vejetasyon indeksi | -0.343* | -0.266 | 0.168 | 0.099 | 0.020 | 0.313* | -0.035 | |
| Bitki sıcaklığı | 0.126 | 0.145 | 0.380* | -0.064 | -0.043 | -0.046 | 0.174 | -0.04 |

*P≤ 0.05,** P≤ 0.01 seviyesinde önemlidir.

SONUÇ

Diyarbakır ve Mardin lokasyonlarında 2014-2015 yılında yürütülen çalışma sonucunda; Vejetasyon indeksi ile hektolitire ağırlığı arasında her iki lokasyonda ortaya çıkan pozitif korelasyon, sağlıklı bitki gelişimini temsil eden vejetasyon indeksinin sağlıklı ve iri tane gelişimiyle sonuçlandığını ortaya koymaktadır.

Nisan ve Mayıs aylarının serin geçmesi, toplam yağışın yüksek olması ve altı sıralı arpaların iki sıralı arpalara kıyasla uygun koşullarda daha yüksek verim potansiyeline sahip olması nedenleriyle tane verimi altı sıralılarda daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar iki sıralı arpaların su stresli arpa yetiştirme alanlarında ve altı sıralı arpaların yüksek yağış alan bölgelerde göreceli olarak daha uygun olabileceğini ortaya koymaktadır. Buna karşın iki sıralı IBYT-W-6 genotipinin hem Diyarbakır hem de Mardin lokasyonlarında yüksek verim ve kalite yönünden başarılı bir şekilde yetiştirilebileceği ve çeşit adayı olarak değerlendirilebileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ayeneh A, Van Ginkel M, Reynolds MP, Ammar K, 2002. Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. *Field Crops Research*, 79: 173-184.
- Bozkurt İ, Tugay ME, 1999. Arpada (*Hordeum vulgare* L.) Çeşit x Çevre etkileşimleri üzerinde bir araştırma. Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi, 15-18 Kasım 1999, Adana.
- Çölkesen, M, Eren N, Öksen A, 1994. Harran ovası sulu koşullarda farklı ekim sıklığının ekmeclik ve makarnalık buğday çeşitlerinin verim ve verim unsurlarına etkisi üzerine bir araştırma. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-29 Nisan 1994, İzmir.
- Demirliçakmak A, 1992. Türkiye’de arpa çeşitleri ve gelişimi. II. arpa-malt semineri, 25-27 Mayıs 1992, Konya.
- Doğan Y, Kendal E, Karahan T, Çiftçi V, 2014. Diyarbakır Koşullarında Bazı Arpa Genotiplerinde Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *JAFAG*, 31(2): 31-40.
- Engin A, 1989. Biralık arpalarda önemli kalite özellikleri ve bunların malt kalitesi üzerine etkileri. I. Arpa Malt-Semineri, 30 Mayıs- 1 Haziran 1989, Konya.
- Fischer RA, Rees D, Sayre KD, Lu ZM, Condon AG, Larque-Saavedra A, 1998. Wheat yield progress is associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Sci.*, 38: 1467-1475.

- Fox GP, Panozzo JF, Li, RCD, Lance CM, Inkerman PA, Henry RJ, 2003. Molecular basis of barley quality. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54: 1081–1101.
- Gali VJ, Brown CG, 2000. Assisting decision-making in Queensland barley production through chance constrained programming. *Aust. J. Agric. Res.*, 442: 269-287.
- Gonzales-Ponce R, Salas ML, Mason SC, 1993. Nitrogen use efficiency by winter barley under different climatic conditions. *Journal of Plant Nutrition*.16: 1249-1261.
- Johnson JW, Hannig W, Moss RB, 1988. Optimizing row spacing and seeding rate for soft red winter wheat. *Agronomy Journal*, 80: 16-166.
- Karadoğan T, Sağdıç Ş, Çarkçı K, Akman Z, 1999. Bazı Arpa Çeşitlerinin Isparta Ekolojik Şartlarına Uyum Yeteneklerinin Belirlenmesi. Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi, 15-18 Kasım 1999, Adana.
- Kendal E, 2013. İleri kademede bazı yazlık arpa genotiplerinin farklı çevre şartlarında verim ve kalite parametrelerinin incelenmesi. *Fırat Üniv. Fen Bilimleri Dergisi*, 25(1): 7-17.
- Kılınç M, Kırtok Y, Yağbasanlar T, 1992. Çukurova koşullarına uygun arpa çeşitlerinin geliştirilmesi üzerine araştırmalar. II. Arpa-Malt Semineri, 25-27 Mayıs 1992, Konya.
- Kün E, 1996. Tahıllar-I (Serin iklim Tahılları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları:1451. 322 ., Ankara.
- Müjdeci M, Sarıyev A, Polat V, 2005. Buğdayın (*Triticum aestivum* L.) gelişme dönemleri ve yaprak alan indeksinin matematiksel modellenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(3): 278-282.
- Osborne BG, 2006. Applications of near infrared spectroscopy in quality screening of early-generation material in cereal breeding programmes. *J. Near Infrared Spectrosc*,14: 93-101.
- Öztürk. A, Çağlar Ö, Akten Ş, 1997. Erzurum Yöresinde Maltlık Olarak Yetiştirilebilecek Arpa Genotiplerinin Belirlenmesi. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, 22-25 Eylül 1997, Samsun.
- Pagola M, Ortiz R, Irigoyen I, Bustince H, Barrenechea E, Aparicio-Tejo P, Lamsfus C, Lasa B, 2009. New method to assess barley nitrogen nutrition status based on image colour analysis: comparison with SPAD-502. *Computers and electronics in agriculture*, 65(2): 213-218.
- Rudorff BFT, Batista, GT. 1990. Spectral response of wheat and its relationship to agronomic variables in the tropical region. *Remote Sensing of Environment*, 31: 53–63.
- Silva CFL, Milach SCK, Silva SDA, Montero CR, 2008. Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) to Assess Protein and Lipid Contents in *Avena sativa* L. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.*, 8: 127- 133.
- Sirat A, Sezer İ, Mut Z, 2012. Bazı Kışlık Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinin genotip x çevre etkileşimleri ve stabiliteilerinin belirlenmesi. *GÜFBED/GUSTIJ*, 2(2): 68-75.
- Swanston JS, Ellis RP, Perez-Vendrell A, Voltas J, Molina-Cano JL, 1997. Patterns of barley grain development in Spain and Scotland and their implications for malting quality. *Cereal Chemistry*, 74(4): 456-461.
- TÜİK, 2015. Statistical databases, <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>, (Erişim tarihi: 04 Temmuz, 2015.)
- Wang JM, Chen CH, Dai F, Wu FB, Yang JM, Zhang GP, 2007. Protein fractions in barley grains as affected by some agronomic factors and their relationships to malt quality. *Cereal Res. Comm.*, 35(1): 129-140.
- Wiegand CL, Richardson AJ, 1990. Use of spectral vegetation indices to infer leaf area, evapotranspiration and yield: II. Results. *Agronomy Journal*, 82: 630–636.
- Yağbasanlar T, Özkan H, Toklu F, Kırtok Y, 1997. Çukurova koşullarında yetiştirilen biralılık arpa çeşit ve hatlarının adaptasyonu üzerinde bir araştırma. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, 22-25 Eylül 1997, Samsun.

Giresun Ekolojik Koşullarında Bazı Mısır Çeşitlerinin Tane Verimi ve Verim Ögelerinin Belirlenmesi*

Nuri YILMAZ¹, Emir HAN²

ÖZET: Bu çalışma, bazı mısır çeşitlerinin tane verimi ve verim ögelerinin belirlenmesi amacıyla 2015 yılında Giresun İli Bulancak İlçesi ekolojik koşullarında yürütülmüştür. Çalışmada bitki materyali olarak TK 6063, Calcio, Hido, Everest, Carella, Cadiz, Sagunto ve Tavascan olmak üzere toplam sekiz çeşit mısır kullanılmıştır. Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada koçan boyu 19.76-23 cm, koçan çapı 45.33-48.86 mm, koçanda sıra sayısı 14.8-18.13 adet, sırada tane sayısı 32.73-37.4 adet, bin tane ağırlığı 184.6-249.04 g, tane verimi 655-975 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. Çeşitler arasında koçan boyu, koçanda sıra sayısı, bin tane ağırlığı ve tane verimi bakımından istatistiksel olarak önemli farklar elde edilirken, koçan çapı ve sırada tane sayısı bakımından istatistiki açıdan fark bulunmamıştır. En fazla dekara tane verimi Tavascan (975 kg), Carella (900kg), TK 6063 (881 kg), Sagunto (839 kg), Cadiz (826 kg) ve Everest (801 kg) çeşitlerinden alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mısır, tane verimi, verim ögeleri

The Determination of Grain Yield and Yield components of Some Maize Cultivars under Giresun Ecological Conditions

ABSTRACT: This study was carried out in order to determine the grain yield and yield components of some maize cultivars under Giresun province Bulancak district ecological conditions in 2015. In the study; TK6063, Calcio, Hido, Everest, Carella, Cadiz, Sagunto and Tavascan were used as eight maize cultivars as plant materials. The study was established with "Randomized Complete Block Designed" with three replications. In the study ear height varied from 19.76 to 23.00 cm, ear diameter from 45.33 to 48.86 mm, number of kernels per ear from 14.8 to 18.13 piece, ranked grain number from 32.7 to 37.4 piece, thousand grain weight from 184.6 to 249.0g, grain yield from 655 to 975 kg da⁻¹. In the study, statistically significant differences were found among cultivars in the ear height, number of kernels per ear, thousand grain weight and grain yield. The differences of ear diameter and ranked grain number were found as statistically insignificant. In the study, the highest grain yields were determined in the cultivars of Tavascan (975 kg), Carella (900kg), TK 6063 (881 kg), Sagunto (839 kg), Cadiz (826 kg) and Everest (801 kg) respectively.

Keywords: Maize, grain yield, yield components

¹ Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ordu, Türkiye

² Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, Giresun, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Nuri YILMAZ, y_nuri@hotmail.com

* Çalışmada yüksek lisans tez verileri kullanılmıştır.

GİRİŞ

Buğdaygiller (Gramineae) familyasının *Maydeae* oymağına giren mısır, tahıllar içerisinde dünyada en yüksek verimi gösteren, güneş enerjisini en iyi kullanabilen (C4 bitkisi) ve birim alandan en fazla kuru madde üretebilen bir bitkidir (Kırtok, 1998). Kendisinden sonra ekilen bitkinin verimi, genellikle ekim nöbetine giren diğer tahıllara göre daha yüksektir. Ana ürün ve ikinci ürün olarak ülkemizde birçok yerde yetiştirilebilir (Vartanlı, 2006).

Mısır bitkisinin çeşit zenginliği, adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması ve yüksek verim potansiyeli gibi faktörler nedeniyle yeryüzünde geniş bir yayılma alanı bulmuştur (Yaşak ve ark., 2003, Alan ve ark., 2005). Mısır dünya tahıl ekim alanları içinde buğdaydan sonra ikinci sırayı almakta olup, üretim miktarı bakımından birinci sıradadır. Dünya mısır üretimi FAO verilerine göre 2014 yılında 183.3 milyon hektarlık ekiliş alanında, 1.02 milyar ton üretime ulaşmış olup verim 557 kg da⁻¹'dir. Dünyada tarımı giderek artmaktadır (Anonim, 2016).

Ülkemizde tane mısır üretimi TÜİK verilerine göre 2014 yılında 655 662 hektarlık ekiliş alanında 5.95 milyon ton üretime sahip olup, verim 907 kg da⁻¹'dir. Giresun ilinde tane mısır üretimi 2014 yılında 33 271 da ekiliş alanında 5 716 ton üretime sahip olup, verim 172 kg da⁻¹'dir (Anonim, 2015a). Ülkemizde mısır daha çok tane üretim amacıyla yetiştirilmekle birlikte son yıllarda, özellikle süt hayvancılığının gelişmekte olduğu bölgelerde silaj bitkisi olarak da önemi giderek artmaktadır (İptaş ve ark., 2002).

Ülkemizde son dönemlerde birim alan veriminin yüksekliği ve silaj yapımına uygunluğu nedeniyle mısır üretimi yaygınlaşmıştır. Mısır insan ve hayvan beslenmesinde olduğu kadar endüstriyel olarak da oldukça geniş bir alanda kullanılmaktadır. Dünyada üretilen mısırın % 19'u insan beslenmesinde (doğrudan tüketim), % 64'ü hayvan yemi olarak, % 8.5'i mamul gıda (dolaylı tüketim), % 3.1'i öteki tüketimler ve % 0.25'i de tohumluk olarak kullanılmaktadır (Emeklier, 2002). Ülkemizde genelde yetiştirilen mısır varyete grupları at dişi,

sert, cin ve şeker mısırlardır. Türkiye'de endüstriyel tarım ürünlerinin en önemlilerinden biri olan mısırın ekonomik önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu gelişmeye paralel olarak, mısır ürününe olan talepte artmaktadır. Vejetasyon süresinin kısa olduğu iç bölgelerimizde ve şekerpancarı ekilişlerinin azaldığı alanlarda, mısır ekim alanları son iki yıl içinde üç-dört kat artış göstermiştir. Bunun için, kullanılacak tohumlukların erkenci ve yüksek verimli çeşitler olmasının yanı sıra, hasat neminin de düşük olması gereklidir. Ayrıca, kolayca depolanabilmesi ve özellikle fazladan bir kurutma maliyeti oluşturmaması için erkenci çeşitler oldukça önemlidir (Vartanlı, 2006).

Artan gereksinim karşısında piyasaya pek çok yeni çeşitlerin girmesi, mevcut çeşitlerle birlikte bu çeşitlerin de yörelere uygunluğunun denenmesi sonucunu ortaya koymaktadır. Giresun'da bu güne kadar konu ile ilgili yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır. Çiftçiler başka bölgelerde denenmiş olan çeşitler ile kendi yerel genotiplerini kullanmaktadırlar.

Bu çalışma ile bazı mısır çeşitlerinin tane verimleri ve verim öğelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma ile Giresun İli Bulancak İlçesi ekolojik koşullarına uygun mısır çeşitlerinin belirlenerek üretici ve tüketicinin taleplerine uygun, verim ve kalitesi yüksek çeşitlerin önerilmesi, ileride yapılacak olan bilimsel çalışmalara ışık tutmak hedeflenmektedir. Giresun İlinde yapılan mısır üretiminde tane verimi ülkemiz ortalamasının oldukça altındadır. Bunun nedenleri ise bölgeye uyum sağlayan çeşitlerin belirlenmemiş olması, yetiştirme teknikleri ile ilgili bilimsel çalışmaların yapılmaması, çiftçilerin geleneksel yetiştiricilikten vazgeçmemesi ve kendi yerel tohumlarını kullanmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Verim artışı ile bölge üreticilerinin ekonomik gelir seviyelerini artırmak hedeflenmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada özel tohumluk firmalarından temin edilen 8 hibrit mısır çeşidi (TK 6063, Hido, Everest, Calcio, Carella, Sagunto, Tavascan, Cadiz) deneme materyali olarak kullanılmıştır.

Araştırma, 2015 yılı vejetasyon döneminde Giresun İli Bulancak İlçesinde 40 metre rakımda yürütülmüştür.

Bölgede mısır bitkisinin vejetasyon süresinde uzun yıllar ortalamasında düşen toplam yağış miktarı 435.1 mm, ortalama sıcaklık 20.36 °C, ortalama nem %76.02'dir. Denemenin gerçekleştirildiği 2015 yılında yetiştirme vejetasyonu boyunca kaydedilen toplam yağış miktarı 308.3 mm, ortalama sıcaklık 19.98 °C, ortalama nem %84.42'dir (Anonim, 2015b).

Deneme alanının toprağı, killi-tınlı (52), tuzlu (0.739 ds/m), hafif asitli (pH:5.57), kireç (%0.08), fosfor (13.03 ppm) ve potasyum (161 ppm) bakımından fakir, organik madde %2.22 bakımından orta yapıdadır.

Araştırma Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

Parsellere sulamada kolaylık olması açısından damlama sulama sistemi kurulmuştur. Damlatıcı aralıkları 20 cm' olarak belirlenmiştir.

Ekim işlemi 2,8 m x 5 m = 14 metrekairelik parsellere 70 cm sıra arası ve 20 cm sıra üzeri olacak şekilde 5-6 cm derinliğe, her sıradaki damlatıcı deliklerinin altına 2 adet tohum olacak şekilde 10.05.2015 tarihinde elle yapılmıştır.

Toprak analizi sonucunda mısır yetiştiriciliği için dekara 14.3 kg azot ve 12.6 kg fosfor olacak şekilde gübreleme önerisinde bulunulmuştur. Parsel alanı toplamı 14 m² * 24 = 336 m²'dir. Buna göre kullanılacak gübre miktarı 4.8 kg N⁻¹ ve 4.3 kg P₂O₅⁻¹ olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu amaçla ekimle birlikte; 10 kg kompoze (20-10-0 2.2 kg N⁻¹ - 1.1 kg P₂O₅⁻¹) ve 7.5 kg TSP (Triple Süper Fosfat-3.2 kg P₂O₅⁻¹) gübresi kullanılmıştır. Kalan azotun diğer yarısı bitkiler 50-60 cm boylandığında 14.06.2015 tarihinde 10 kg CAN (Kalsiyum Amonyum Nitrat 2.6 kg N⁻¹) gübresi uygulanmıştır.

Bitkilerin çıkışından 5 gün sonra 23.05.2015 tarihinde hem yabancı ot mücadelesi hem de toprağın havalanması için ilk çapalama işlemi el çapası ile yapılmıştır.

Seyreltme-Tekleme işlemi ve ikinci çapalama işlemi 31.05.2015 tarihinde yapılmıştır. Boğaz

doldurma ve üçüncü çapalama işlemi azotun diğer yarısı verildiğinde 14.06.2015 tarihinde yapılmıştır.

Sulama işlemi damlama sulama sistemi ile iklim ve toprak koşulları göz önünde bulundurularak ihtiyaç duyuldukça yapılmıştır. Toplam altı sulama yapılmış son sulama hasattan 1 hafta önce 08.08.2015 tarihinde yapılmıştır.

Deneme alanına zarar verdiği tespit edilen mısır koçan kurduna karşı, ruhsatlı bitki koruma ürünleri kullanılarak 10 gün ara ile iki kez (16-26.07.2015) zirai mücadele ilaçlama işlemi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada kullanılan mısır çeşitlerinin hasadı tam olum döneminde 13.09.2015 tarihinde yapılmıştır.

Hasat döneminde her parselde parsel başlarından 40 cm ve parsel kenarlarından birer sıra, kenar tesiri atıldıktan sonra kalan kısımdaki bitkiler hasat edilmiş ve bu bitkiler içerisinde tesadüfi olarak seçilen 5 bitkide; Koçan Boyu (cm), Koçan Çapı (mm), Koçanda Sıra Sayısı (adet), Sırada Tane Sayısı (adet), Bin Tane Ağırlığı (g), Tane Verimi (kg da⁻¹)'ne ait gözlem ve ölçümler yapılmıştır.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler, JMP 5.0 istatistik paket programı kullanılarak tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş ve önemlilik gösteren ortalamalar arası farklılıkların karşılaştırılmasında LSD çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bazı mısır çeşitlerinin tane verimi ve verim ögeleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

Koçan Boyu (cm)

Araştırmada kullanılan çeşitler arasında koçan boyu bakımından çok önemli (P≤ 0.01) fark bulunmuştur.

En yüksek koçan boyu 23 cm ile TK6063 çeşidinden elde edilmiş iken, en düşük koçan boyu 19.8 cm ile Carella çeşidinden elde edilmiştir. Araştırma sonucunda ortalama koçan boyu 21.4 cm bulunmuştur (Çizelge 1.)

Çizelge 1. Mısır çeşitlerinde koçan boyu (cm), koçan çapı (mm), koçanda sıra sayısı, sırada tane sayısı, bin tane ağırlığı (g) ve tane verimine (kg da⁻¹) ait gözlemler.

| Çeşitler | Koçan Boyu** | Koçan Çapı | Koçanda Sıra Sayısı** | Sırada Tane Sayısı | Bin Tane Ağırlığı** | Tane Verimi* |
|----------|---------------|------------|-----------------------|--------------------|---------------------|--------------|
| TK6063 | 23.0 a | 46.6 | 15.6 bc | 36.3 | 247.06 a | 881 a |
| Calcio | 21.1 bc | 46.4 | 16.6 b | 32.7 | 184.60 c | 655 c |
| Hido | 22.1 ab | 45.3 | 14.8 c | 35.3 | 191.19 c | 699 bc |
| Everest | 21.8 ab | 45.6 | 16.5 b | 35.6 | 205.59 bc | 801 abc |
| Carella | 19.8 c | 48.6 | 16.4 b | 33.8 | 225.73 ab | 900 a |
| Cadiz | 20.0 c | 47.6 | 16.2 b | 37.4 | 200.74 bc | 826 abc |
| Sagunto | 22.3 ab | 48.8 | 18.1 a | 35.1 | 188.93 c | 839 ab |
| Tavascan | 21.3 bc | 47.1 | 16.8 ab | 34.2 | 249.04 a | 975 a |
| G. Ort. | 21.4 | 47.0 | 16.4 | 35.1 | 211.61 | 822 |
| % V.K. | 4.3 | 3.8 | 4.8 | 7.9 | 7.3 | 12.6 |

*(P≤ 0.05), **(P≤ 0.01) Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki fark önemlidir.

Koçan boyu ile ilgili olarak araştırmadan elde ettiğimiz sonuçlar, Aydın, (2011), 20-23.2 cm; araştırma sonucu ile benzerlik gösterirken, Demiray, (2013), 17.33-21.15 cm; Öktem ve Toprak, (2013), 19.6-22.8 cm; Öner ve ark., (2011), 19.1-22.4 cm; araştırma sonuçlarından yüksek, Vartanlı, (2006), 21.75-27 cm; araştırma sonuçlarının altında gerçekleşmiştir.

Koçan Çapı (mm)

İncelenen çeşitler arasında koçan çapı bakımından fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. En yüksek koçan çapı 48.8 mm ile Sagunto çeşidinden, en düşük koçan çapı 45.3 mm ile Hido çeşidinden elde edilmiştir. Araştırma sonucunda ortalama koçan çapı 47.05 mm bulunmuştur (Çizelge 1.)

Koçan çapı ile ilgili olarak araştırmadan elde ettiğimiz sonuçlar, Öktem ve Toprak, (2013), 44-51 mm; araştırma sonucu ile benzerlik gösterirken, Demiray, (2013), 48.9-58.3 mm; Vartanlı, (2006), 53-57.9 mm; araştırma sonuçlarının altında gerçekleşmiştir.

Adı geçen araştırmacılar ile olan farklılıklar, araştırmada kullanılan çeşitlerin ve uygulanan agronomik işlemlerin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Koçanda Sıra Sayısı (adet)

Denemeye alınan çeşitler arasında koçanda sıra sayısı bakımından % 1 düzeyinde istatistiksel olarak

çok önemli farklılıklar tespit edilmiştir. En yüksek koçanda sıra sayısı 18.1 adet ile Sagunto çeşidinde belirlenirken, en düşük koçanda sıra sayısı 14.8 adet ile Hido çeşidinde belirlenmiştir. Araştırma sonucunda ortalama koçanda sıra sayısı 16.4 adet bulunmuştur (Çizelge 1.)

Koçanda sıra sayısı ile ilgili olarak araştırmadan elde ettiğimiz sonuçlar, Vartanlı, (2006), 13.8-18.9 adet; araştırma sonucu ile benzerlik göstermektedir.

Sırada Tane Sayısı (adet)

Araştırmada sırada tane sayısı bakımından kullanılan çeşitler arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. En yüksek sırada tane sayısı 37.4 adet ile Cadiz çeşidinde belirlenirken, en düşük sırada tane sayısı 32.7 adet ile Calcio çeşidinde belirlenmiştir. Sırada tane sayısı bakımından çeşit ortalamaları ise 35.1 adet bulunmuştur (Çizelge 1.)

Sırada tane sayısı ile ilgili olarak araştırmadan elde ettiğimiz sonuçlar, Cengiz, (2006), 22.7-51 adet; araştırma sonuçlarının altında gerçekleşmiştir.

Bin tane Ağırlığı (g)

Denemeye alınan çeşitler arasında bintane ağırlığı bakımından çok önemli (P≤ 0.01) farklılıklar tespit edilmiştir. En yüksek bintane ağırlığı 249.04 g ile Tavascan çeşidinde belirlenirken, TK6063 (247.06 g) ve Carella (225.73 g) çeşitleri ile aynı istatistiki grupta yer almıştır. En düşük bintane ağırlığı 184.6 g ile

Calcio çeşidinde belirlenmiş, Sagunto (188.93 g) ve Hido (191.19 g) çeşitleri ile aynı istatistiki grupta yer almıştır. Araştırma sonucunda ortalama bintane ağırlığı 211.61 g bulunmuştur (Çizelge 1.).

Bin tane ağırlığı ile ilgili olarak araştırmadan elde ettiğimiz sonuçlar, Demiray, (2013), 324.26-397.36 g; Öktem ve Toprak, (2013), 397.5-533.3 g; Aydın, (2011), 292-388.3 g; araştırma sonuçlarının altında gerçekleşmiştir.

Tane Verimi (kg da⁻¹)

İncelenen çeşitler arasında tane verimi bakımından % 5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir. En yüksek tane verimi 975 kg da⁻¹ ile Tavascan çeşidinde belirlenirken, Carella (900 kg da⁻¹), TK6063 (881 kg da⁻¹), Sagunto (839 kg da⁻¹), Cadiz (826 kg da⁻¹) ve Everest (801 kg da⁻¹) çeşitleri ile Tavascan çeşidi arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. En düşük tane verimi 655 kg da⁻¹ ile Calcio çeşidinde belirlenmiştir. Araştırma sonucunda ortalama tane verimi 822 kg da⁻¹ bulunmuştur (Çizelge 1.)

Tane verimi ile ilgili olarak araştırmadan elde ettiğimiz sonuçlar, Keskin ve ark., (2011), 623.9-1019 kg da⁻¹; araştırma sonuçları ile benzerlik gösterirken, Pamukçu ve ark., (2011), 541-978 kg da⁻¹; Özata ve Kapar, (2011), 100-1128.9 kg da⁻¹; araştırma sonuçlarından yüksek, Demiray, (2013), 939-1797 kg da⁻¹; Öner ve ark., (2011), 1073-1332 kg da⁻¹; Aydın, (2011), 1244-1849 kg da⁻¹; araştırma sonuçlarının altında gerçekleşmiştir.

SONUÇ

Bu araştırma 8 adet mısır çeşidinin Giresun İli Bulancak İlçesi ekolojik koşullarında tane veriminin ve verim ögelerinin belirlenmesi amacıyla 2015 yılında yürütülmüştür.

Yapılan Çalışma sonucunda;

Araştırmada kullanılan mısır çeşitlerinin koçan boyları 19.8-23.0 cm arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek koçan boyu TK6063, en düşük koçan boyu Carella çeşidinde belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan mısır çeşitlerinin koçan çapı 45.3-48.8 mm arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek koçan çapı Sagunto, en düşük koçan çapı Hido çeşidinde belirlenmiştir. Koçan çapı bakımından çeşitler arasında istatistiksel olarak farklılık tespit edilmemiştir.

Araştırmada kullanılan mısır çeşitlerinin koçanda sıra sayısı 14.8-18 sıra arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek koçanda sıra sayısı Sagunto, en düşük koçanda sıra sayısı Hido çeşidinde belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan mısır çeşitlerinin sırada tane sayısı 32.7-37.4 adet arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek sırada tane sayısı Cadiz, en düşük sırada tane sayısı Calcio çeşidinde belirlenmiştir. Sırada tane sayısı bakımından çeşitler arasında istatistiksel olarak farklılık tespit edilmemiştir.

Araştırmada kullanılan mısır çeşitlerinin bintane ağırlığı 184.6-249.0 g arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek bintane ağırlığı Tavascan, en düşük bintane ağırlığı Calcio çeşidinde belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan mısır çeşitlerinin tane verimi 655-975 kg da⁻¹ arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek tane verimi Tavascan, en düşük tane verimi Calcio çeşidinde belirlenmiştir.

Giresun İli, Bulancak ilçesi mısır üretiminde iklimsel avantajları olduğu, kaliteli ve verimli mısır yetiştiriciliğinin kolaylıkla yapılabileceği bu çalışma ile düşünülmektedir. Çalışma neticesinde elde edilen ortalama 822 kg da⁻¹ tane verim değerinin, 2014 yılı Türkiye ortalaması olan 907 kg da⁻¹ verim değerinin biraz altında, 2014 yılı Dünya ortalaması olan 557 kg da⁻¹ verimin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre Giresun İli Bulancak İlçesi ekolojik koşullarında tane verimi bakımından Tavascan, Carella, TK6063, Sagunto, Cadiz ve Everest çeşitlerinin ümitvar olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Alan Ö, Akdemir H, Budak B, 2005. Küçük Menderes koşullarında bazı melez mısır (*Zea mays L.*) çeşitlerinin tane verimi üzerine bir araştırma. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi. 5-9 Eylül 2005, Antalya.
- Anonim, 2016. FAO İnternet Sitesi, <http://faostat.fao.org/faostat> (Erişim tarihi: 06 Ocak 2016).
- Anonim, 2015a. Türkiye İstatistik Kurumu Sitesi, <http://tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 15 Ekim 2015).
- Anonim, 2015b. Giresun Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü.
- Aydın Y, 2011. Tokat Kazova koşullarında bazı atdışi melez mısır çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 34s.
- Cengiz R, 2006. Mısır hatları arasındaki 8x8 yarım diallel melez döllerinde verim ve verim unsurlarının kalımları üzerine araştırmalar. Tekirdağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 131s.

- Demiray YG, 2013. Bingöl ili ekolojik şartlarına uygun tane mısır çeşitlerinin belirlenmesi. Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 68s.
- Emekliler HY, 2002. Altın Tanesi Mısırın Kimyası ve Endüstride Kullanımı. Üretimden Tüketime Mısır Paneli Tebliği. T.C. Sakarya Valiliği, Çizgi Ofset, Sakarya.
- İptaş S, Öz A, Boz A, 2002. Tokat-Kazova koşullarında ikinci ürün silajlık mısır yetiştirme olanakları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 8(3): 185-191.
- Keskin B, Çelebi Ş, Arvas Ö, Yılmaz İH, 2011. Iğdır İlinde bazı mısır çeşitlerinin tane ve silaj verimlerinin belirlenmesi. Türkiye 9. Tarla Bitkileri Kongresi, 12-15 Eylül 2011, Bursa.
- Kırtok Y, 1998. Mısır Üretimi ve Kullanımı. Kocaelik Basım ve Yayınevi, 445 s. Ankara.
- Öktem A, Toprak A, 2013. Çukurova koşullarında bazı atdışi mısır genotiplerinin verim ve morfolojik özelliklerinin belirlenmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17 (4): 15-24.
- Öner F, Aydın İ, Sezer İ, Gülümser A, Mut Z, 2011. Samsun koşullarında bazı hibrit mısır çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Türkiye 9. Tarla Bitkileri Kongresi, 12-15 Eylül 2011, Bursa.
- Özata E, Kapar H, 2011. Atdışi mısır yoklama melezlerinin verim ve bazı verim öğeleri. Türkiye 9. Tarla Bitkileri Kongresi, 12-15 Eylül 2011, Bursa.
- Pamukçu M, Erdal Ş, Savur O, Toros A, Özata E, 2011. Beyaz hibrit mısır aday çeşitlerinin Antalya ve Samsun koşullarında performanslarının değerlendirilmesi. Türkiye 9. Tarla Bitkileri Kongresi, 12-15 Eylül 2011, Bursa.
- Vartanlı S, 2006. Ankara koşullarında hibrit mısır çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Yüksek Lisans Tezi, 70s.
- Yaşak S, Çınar A, Tugay ME, 2003. Mısırdaki (*Zea mays L.*) ekim zamanının tohum tutma ve diğer bazı özellikler üzerine etkileri. Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi 13-17 Ekim 2003, Diyarbakır.

The Effects of Storage Time on Nutrient Composition and Silage Quality Parameters of Corn Silage Made in Plastic Mini Silo in Laboratory Conditions

Betül Zehra SARIÇİÇEK¹, Birgül YILDIRIM¹, Zahide KOCABAŞ¹, Emel ÖZGÜMÜŞ DEMİR¹

ABSTRACT: This study was carried out to determine the effects of storage duration on nutrient composition and silage quality parameters of corn silage made in plastic mini silo under laboratory conditions. Corn was used as a silage material. Corn (31.87% of dry matter) was harvested at the dough stage, and ensiled at laboratory conditions in PVC mini silos, for 90, 104, 118, 132, 146, 160, 174, 188 and 202 days. The dry matter, crude protein, ether extract, ash and crude fiber content of corn silage decreased with the longer storage time ($P<0.05$). However, nitrogen free extract (NFE) content showed an increase throughout the storage time. Storage time didn't significantly lead to change on EE content of corn silage. Lactic acid (LA) concentration of corn silage increased until the 104th day, but it decreased between 104th and 188th days ($P<0.05$), after which it increased again. Prolongation of storage time gave rise to fluctuation of LA concentration. Contrary to the decrease in LA concentration, acetic acid (AA) concentration increased depending on storage time. Silage $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration was highest at the 146th day, CO_2 concentration increased until the 160th day, then, decreased in the other storage time ($P<0.05$). The lowest WSC concentration of corn silage was found at the 118th day, but the highest at the 202th day ($p<0.05$). Silage pH values were remained at normal levels. Flieg scores of corn silage were significantly affected by storage time. In this research, changes were observed in nutrient composition and silage fermentation characteristics with the prolonged storage time of corn silage made in mini silos in laboratory conditions.

Keywords: Mini silo, nutrient composition, silage, storage time, quality parameters

Laboratuvar Koşullarında Mini Siloda yapılan Mısır Silajının Besin Madde Kompozisyonu ve Silaj Kalite Parametrelerindeki Değişimi Üzerine Depolama Süresinin Etkisi

ÖZET: Bu çalışma; laboratuvar koşullarında plastik mini siloda yapılan mısır silajının, besin madde kompozisyonu ve silaj kalite parametreleri üzerine depolama süresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Silaj materyali olarak mısır kullanılmıştır. % 31.87 Kuru madde (KM) içerikli Mısır hamur olumu devresinde hasat edilmiş, laboratuvar koşullarında PVC mini silolarda 90, 104, 118, 132, 146, 150, 164, 178, 182, 196 ve 202 gün silolanmıştır. Silajın depolama süresi uzadıkça kuru madde (KM) içeriğinde azalma görülmüştür. Silajın ham protein (HP), ham kül (HK) ve ham sellüloz (HS) içeriğinde depolama süresi uzadıkça azalma, NÖM içeriğinde ise artış olmuştur ($P<0.05$). Depolama süresi mısır silajının ham yağ (HY) içeriğinde önemli bir değişime neden olmamıştır. Silajın laktik asit (LA) konsantrasyonu depolama süresinin 104. gününe kadar artmış, 104-188. günler arasında düşmüş, 188. günden sonra tekrar artış göstermiştir ($P<0.05$). Depolama süresinin uzaması LA konsantrasyonunda dalgalanmaya neden olmuştur. Depolama süresine bağlı olarak AA konsantrasyonu, LA konsantrasyonunun tam tersi bir durum göstermiştir. Silajın $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonu 146. günde en yüksek değeri göstermiş, CO_2 konsantrasyonu 160. güne kadar artmış sonra azalmıştır ($P<0.05$). Silajın SÇK konsantrasyonu en düşük 118. günde, en yüksek ise 202 günde elde edilmiştir. Silajın pH değeri her depolama periyodu için normal sınırlar arasında kalmıştır. Mısır silajının Flieg puanı depolama zamanı ile etkilenmiştir. Bu çalışmada, laboratuvar koşullarında mini siloda yapılan mısır silajının, depolama süresi uzadıkça besin madde kompozisyonu ve fermentasyon karakteristiklerinde değişim olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Besin madde kompozisyonu, depolama zamanı, kalite parametreleri, mini silo, silaj

¹ Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Ankara, Türkiye
Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Betül Zehra SARIÇİÇEK, zsaricicek@ankara.edu.tr

INTRODUCTION

The fiber materials have an important role in ruminant feeding to provide optimal rumen functions and physiology. Roughages which are cheaper compared to concentrate feeds, reduce the cost of ration and production. Silage is a conservation procedure applied to forages in anaerobic conditions and it is important for receiving wet roughage requirements of ruminants in winter feeding when green forage is not available. The main reason of forages conservation is to provide of feed with maximum level of original dry matter (DM), nutrients and energy level in winter feeding (Kung and DerBedroisan, 2010). Therefore, the first process in ensiling provided removal of ambient air in silos. Otherwise, presence of air in silo can lead to a rise in yeasts and moulds, which can cause dry matter and other nutrients losses (Palic et al., 2011). Silage fermentation is mostly completed within 30-45 days, it can shorter, depending on harvest season and climatic conditions. Kung and DerBedroisan (2010) reported that 3-4 week time is enough for silage fermentation to reach a stable phase. Moreover, researchers stated that there were some factors affecting this process. Ward and Ondarza (2008) informed that they needed minimum 4 months for the whole fermentation with their research concerning silage fermentation changing. On the contrary, Jaster (1995) specified that lactic acid bacteria fermentation completed generally within 3 weeks.

Feeding period of ensiling feed extends in large enterprises. The changes of fermentation occur depending on climatic conditions in ensiling ambient, using material and mass size, and moisture content diversity (Kung and DerBedroisan, 2010). Furthermore, prolonged silage storage time gives rise to alteration of silage nutrient content. Making silage in large silos is both costly and hard for laboratory researches because of determination of roughage nutritive value, examination of silage quality parameters or in case of adding additives. Thus, laboratory type mini silos instead of large silos have been preferred by many researchers. Mini silos have been used in laboratory circumstances all over the world since the beginning of 20th century. Laboratory type mini silos enable researchers to investigate ensiling most silage samples, to make silage in controlled condition and to compare research on aerobic stability, weight loss or silage fermentation features. Besides, mini silos have some

advantages, such as low cost and rapid response. For this reason, most researchers have been using many different types of mini silos in laboratory conditions; glass jar with lid (Autrey et al., 1947); glass cylinder (Archibald, 1946); vacuum polythene bag (Johanson et al., 2005); metal jars (Nevens, 1933); and recently polypropylene bags (Cabarkapa et al., 2010; Colovic et al., 2010).

There is no sufficient studies focusing on effects of silage made in mini silos in laboratory conditions on ensiling duration, silage quality and alteration of nutritive.

The aim of the current experiment was to investigate changes of the nutrients compositions and fermentation characteristics depending on ensiling duration of corn silage made in plastic mini silos in laboratory conditions.

MATERIALS AND METHODS

This experiment was conducted at the Research and Application Farm of Agricultural Faculty, Ankara University (altitude 700m above sea level, 43°06'44" S and 33°25'43" E).

Corn (*Zea Mays* L. OSSK-644) was used as a silage material. The corn was seeded on May 1st, 2014 in the Farm of Research and Application. The corn was harvested at the dough stage of maturity at 31.87% dry matter (DM) content in September 2014.

The herbage was chopped to a particle length of approximately 1.5-2.0 cm using a mechanical forage cutter. Immediately after cutting, the corn was ensiled in plastic jars with 3.5 L capacity (cylindrical shape with 35 cm height x 16 cm diameter) and each storage time group was prepared with three replication. Ensiling was done within two hours after harvesting. All jars were closed carefully with a lid, and jar tops were coil up with paraffilm to prevent entry of air. The jars were stored in dark room at ambient temperature of 20±2 °C for 90, 104, 118, 132, 146, 160, 174, 188 and 202 days.

Three jars were opened per two week during 202 days of storage period and pH, dry matter (DM), water soluble carbohydrate (WSC) (g kg⁻¹ DM) and organic acids (lactic acid, acetic acid and butyric acid) (%), and aerobic stability, and ammonia nitrogen (g kg⁻¹ DM) analysis for the fresh silage were performed in the laboratory.

One third of the ensiled forage material from each sample was oven-dried at 45°C in a forced-air oven for 48 hours, then silage samples were ground through a 1 mm screen, and analysed with two parallel per storage time. Nutrient composition (DM, crude protein (CP), ether extract (EE), crude fiber (CF), ash and NH₃-N, were determined follow the procedure of Association of Official Analytical Chemist (AOAC,1990). Nitrogen Free Extract (NFE) matter was determined by calculation.

The pH value of silage was measured with digital pH meter (Hanna HI-2211). Water soluble carbohydrate (WSC) was determined by the phenol sulfuric acid method (Dubois et al., 1956). Aerobic stability test (for 5 day) was determined by the “bottle” system (Ashbell et al., 1991). Organic acids (lactic acid, acetic acid and butyric acid) concentration of silage was analyzed according to Lepper method (Akyildiz, 1984). Flieg

point was calculated by using the following equation (Kilic, 2006);

$$\text{Flieg point} = 220 + (2x \% \text{ dry matter of silos feed} - 15) - 40 \times \text{pH}$$

Statistical Analysis

The data were evaluated by ANOVA according to the repeated measurement experiment. Duncan’s multiple comparison test was performed to investigate which times were significantly different in terms of nutrients from each other, if it is required according the results of ANOVA. SPSS statistical package was used to perform the analysis (Winer et al., 1991).

RESULTS AND DISCUSSION

The chemical composition of the ensiled corn is given in Table 1.

Table 1. The chemical composition of the ensiled corn, % (in %DM)

| Days | DM | CP | EE | Ash | CF | NFE |
|------|----------------|---------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| 90 | 28.02±0.246bc | 8.95±0.413a | 2.95±0.342ab | 7.18±0.009a | 24.32±0.283a | 56.99±0.356d |
| 104 | 31.95±0.478a | 8.29± 0.302ab | 2.86±0.72ab | 7.03±0.153b | 24.52±0.267a | 57.30±0.722d |
| 118 | 28.89±0.583b | 7.51± 0.146bc | 3.27±0.039a | 6.68±0.184ab | 23.78±0.587ab | 58.43±0.887cd |
| 132 | 26.38±0.889bc | 7.06±0.241c | 2.95±0.030ab | 6.35±0.067bc | 24.11±0.221a | 59.20±0.241bc |
| 146 | 25.78±0.504c | 6.35±0.315c | 2.73±0.091ab | 6.69±0.234ab | 23.86±0.240ab | 59.38±0.372bc |
| 160 | 26.41±0.150bc | 6.54±0.334c | 2.59±0.099b | 6.35±0.044bc | 23.29±0.198ab | 60.23±0.212abc |
| 174 | 27.43±0.293bc | 6.55±0.263c | 2.68±0.148ab | 6.55±0.213ab | 23.24±0.495ab | 60.98±0.356ab |
| 188 | 25.41±0.265c | 6.73±0.117c | 2.34±0.054b | 6.51±0.179abc | 22.64±0.448b | 61.78±0.528a |
| 202 | 27.23±0.934 bc | 6.54±0.198c | 2.43±0.100b | 5.82±0.108c | 23.19±0.086ab | 62.02±0.324a |

CP: Crude Protein; EE: Ether Extract; CF Crude fiber; NFE: Nitrogen free-extract
a,b,c,..: Means with different superscript within same column significantly differ (p<0.05)

Nutrient composition as it can be seen from the Table 1, the nutrient composition of corn silage changed with the longer storage time.

DM content of corn silage was affected by storage time. The highest DM content of the silage was determined at the 104th day (31.95 %DM) of storage time but the lowest at the 188th d (25.41 % DM).

The storage time had significant effect on the nutrient composition of the silages (P<0.05). The highest CP, ash and CF content of silage was found for the 90th day as 8.95 %DM, 7.18%DM, 24.32%DM,

respectively, and the lowest for the 202nd day as 6.54%DM, 5.82 %DM, 23.19%DM, respectively, the differences were statistically significant (P<0.05). During storage periods, the CP, EE, ash and CF contents of silages were significantly decreased, while the NFE was increased on the the 202nd day compared to day the 90th (P<0.05). (Table 1).

Organic Acid Compositions of Silage

Table 2 shows the organic acids (lactic acid, acetic acid and butyric acid) composition of the ensiled corn storage time.

Table 2. Organic acid concentrations of corn silages during the storage time, %

| Days | Acetic acid | Lactic acid | Butyric acid |
|------|--------------|---------------|--------------|
| 90 | 2.09±0.040bc | 2.38±0.307cd | - |
| 104 | 0.65±0.200d | 5.16±0.239a | - |
| 118 | 3.28±0.266a | 4.21±0.170ab | - |
| 132 | 2.47±0.216b | 3.23±0.114bcd | - |
| 146 | 1.71±0.149bc | 2.17±0.248d | - |
| 160 | 2.06±0.029bc | 2.58±0.154cd | - |
| 174 | 1.98±0.026bc | 2.63±0.272cd | - |
| 188 | 1.32±0.114cd | 3.43±0.330bc | - |
| 202 | 1.78±0.334bc | 3.077±0.337cd | - |

a,b,c,...:Means with different superscript within same column significantly differ ($p<0.05$)

In the current study, the lowest the acetic acid (AA) concentration was observed at the 104th day of storage, and also the highest AA concentration was found for the 118th day ($P<0.05$). There was a statistically significant difference in AA between the 118th day and all the other days of storage period. As shown in Table 2, the lactic acid (LA) concentration increased during the first 104 days of the storage period, but after from the 104th day

of storage periods, it decreased in disorder ($P<0.05$). Butyric acid (BA) was not determined in all corn silage.

Silage Fermentation Characteristics And Flieg Point of Silage

Effect of storage times of corn silage on some silage fermentation characteristics and Flieg point are shown in Table 3.

Table 3. Fermentation quality and Flieg point of corn silages, %

| Days | NH ₃ -N (mg kg ⁻¹ DM) | CO ₂ (g kg ⁻¹ DM) | WSC (g kg ⁻¹ DM) | pH | Flieg point |
|------|--|--|--------------------------------|--------------|---------------|
| 90 | 9.65±1.47cd | 2.46±0.190e | 66.83±0.031cd | 3.94±0.003bc | 103.31±0.376b |
| 104 | 9.26±0.368cd | 6.62±0.319d | 84.10±0.016b | 3.84±0.003c | 115.16±0.987a |
| 118 | 14.19±0.100ab | 9.27±1.600cd | 34.63±0.014e | 3.97±0.035b | 103.97±1.97b |
| 132 | 8.85±0.826cd | 12.61±0.385b | 69.60±0.015c | 3.96±0.029b | 99.50±0.877b |
| 146 | 15.74±0.816a | 17.92±0.885a | 68.23±0.002cd | 3.91±0.025bc | 100.15±0.898b |
| 160 | 11.69±0.538bc | 19.15±0.523a | 60.10±0.001d | 3.88±0.048bc | 102.49±1.65b |
| 174 | 13.16±0.385ab | 12.89±0.013b | 64.10±0.005cd | 3.98±0.003b | 100.3±0.648b |
| 188 | 8.31±0.385d | 10.51±0.819bc | 80.73±0.006b | 4.63±0.003a | 70.76±0.652c |
| 202 | 8.96±0.263cd | 13.76±0.321b | 108.30±0.023a | 3.91±0.009bc | 103.19±1.99b |

a,b,c,...:Means with different superscript within same column significantly differ ($p<0.05$)

The ammonia nitrogen (NH₃-N) concentration of corn silage ranged between 8.31- 15.74 g kg⁻¹ DM during the storage period (from 90 to 202 day). The highest NH₃-N concentration was observed at the 146th day of ensiling periods ($P<0.05$), but decrease after the 146th days of ensiling was noted ($P<0.05$).

In the current study, after 5 days of aerobic exposure, the lowest CO₂ concentration of silage was determined

at the 90th day (2.46 g kg⁻¹ DM), and but the highest at the 146 and the 160th days (17.92 and 19.15 g kg⁻¹ DM, respectively). There are no significant differences between the 146th day and 160th day of ensiling for CO₂ concentration ($P>0.05$), but this two days of ensiling were different compared to the other days of ensiling ($P<0.05$).

While the WSC concentration of silage was 66.83 g kg⁻¹ DM at the 90th day, it was 108.30g kg⁻¹ DM for

the 202nd day. The WSC concentration at the 202nd day was significantly higher than the other days of ensiling ($P < 0.05$).

For corn silage, pH values ranged between 3.84 and 4.63. The highest pH value was obtained from the 188th day of storage period. This time was significantly different in pH value compared to all other storage periods ($P < 0.05$).

The Flieg point which gives information on the quality of the corn silage was determined using pH and DM. Flieg point of the silage was highest for the 104th d of ensiling period, but was lowest for the 188th d. The 104th and 188th days are significantly different from the other days of ensiling ($P < 0.05$). However, in this study Flieg point of the corn silage could be accepted as “super or better class”.

Nutrient Composition

DM content of silage decreased according to the fresh material (31.87%) during the storage period, except for the 104th day. DM content for 90 and 188 days of ensiling period were determined as 28.02 and 25.41%, respectively. This decrease in DM can be explained as a result of decrease in other nutrients. Buckmaster et al. (1989) reported that DM losses increased with prolonged storage time, which can be the reason of degradability to nutrients by microorganism during anaerobic fermentation. The CP, EE, ash and CF content of silage decreased during storage period, being from 90 to 202 d. Nutrients content of silage declined with prolongation of storage time. This reduction can be related to the degradation of some nutrients by micro-organisms in anaerobic condition of silages. These results show that CP content of silage decreased from 8.95% for 90 d. to 6.54% for 202 d. Naeini et al. (2014) reported that CP content of sorghum silage decreased from 54.9% to 53.5 for 90 and 120 d ensiling periods, respectively, which was in accordance with our results. But also our results are not consistent with results of the same researchers who determined that ash content increased with prolonged storage time. The differences among these studies may be related to the plant material and mini silo type used. According to our results, a change in the ether extract composition of corn silage due to prolonged storage in the silo has been observed. Decrease in EE content of silage was observed after 118 d of storage. This decrement could be due to an increase in the activity of plant enzymes

and lipolysis. Moreover, Van Ranst et al., (2009) stated that lipolysis in the silage was greater when it had undergone extensive fermentation. The CF content of silage reduced between 90 and 220 days of ensiling. Changes in CF content with prolonged storage might be attributed to degradation of cell wall by bacterial enzymes activity and acidic condition in silage. Yahaya et al., (2001) supported that remarkable loss of the hemicellulose and pectin fractions occurred in alfalfa and orchard grass silage between fresh forage and ensiled materials. In contrast, prolonged ensiling resulted in a raise in the NFE content in corn silage in this experiment. The increase could be explained by reductions in the other nutrient

Organic Acids of Silage

The AA concentration in silages made in mini silos increased during the first 118 day of fermentation but after decreased until the 220th day. The LA concentration of silage fluctuated with prolonged storage time. Lindgren et al., (1990) determined that at the beginning of ensiling, microbial activity persists when pH is low, after several months, some changes occur in fermentation end products and lactic acids are converted to acetic acid from carbohydrates by micro-organism with prolongation in storage time. The same researchers reported that pH and acetic acid concentration were higher at the storage period later date when compared to the an earlier period, but lactic acid concentration was lower. Kleinschmit et al., (2006) reported that there were a decline of 15% in LA concentration, and an increase of 80% in AA when the corn silage stored in the mini silo from 14 d to 361 days. Our results are not consistent with the result of Der Bedrosian et al. (2012), who demonstrated that the AA concentration increased with prolonged storage time.

Silage Fermentation Characteristics and Flieg Score of Silage

In the present experiment, $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration increased from 9.65 to 15.74 g kg^{-1} DM for 90 and 146 days of ensiling, respectively. A similar finding was reported by Naeini et al., (2014), who found that $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration of sorghum silage increased steadily from 56.9 g kg^{-1} to 81.7 g kg^{-1} DM for 30-120 d storage time, respectively. Newbold et al., (2006) reported increasing amount of $\text{NH}_3\text{-N}$ in ensiled 15 corn silages during 10 months, which was explained as a result of degradation of proteins in silage. According to the results of this

study, the CO₂ concentration of corn silage (for 5 days) was the lowest in the first 90 days of ensiling while the highest concentration was obtained for the 146th and 160th day (Table 3). The silage was stable for the first 90 and 104 days of ensiling, whereas, after the 118th days of ensiling, a decline in the stability was observed with the prolonged ensiling time. Weinberg et al. (2010) studied corn taken from two different location (central and south) in mini glass silo and stored for 5 months. At the end of 5 months, they reported that CO₂ concentrations (for 4 days) for central and south area were 3.3 and 38.3 g kg⁻¹ DM, respectively. According to the results of this study and as reported in some literature, it can be concluded that aerobic stability can change due to storage time, exposure time to air of silage, region where plant material grow, and structure of silos. In the current experiment, WSC concentration of corn silage raised from 67 g kg⁻¹ DM to 108 g kg⁻¹ DM for the 90th and the 202th day. Weinberg et al., (2010) also reported that WSC concentration of corn silage in mini silos was 135.7 g kg⁻¹ DM at the end of the 5 months. In our study, the pH value ranged from 3.8 to 4.63 for corn silage. Our results are consistent with results of many researchers (Kolver et al., 2001; Heinrichs and Ishler 2010). According to Ashbell et al., (1998), usually pH does not increase easily in silage which contains high corn level, because of high carbohydrate content and low buffer capacity of corn. Flieg point of corn silage was the lowest for the 188th d of ensiling compared to the remaining ensiling periods. This is because low dry matter content (25.41 %) and high pH values (4.63) of corn silage the 188th day.

CONCLUSION

Our study showed that nutrient composition of corn silage decreased with the prolonged storage time in mini silos at the laboratory condition. On the other hand, organic acids and silage fermentation parameters changed irregularly. Mini silos are necessary for investigation on the fermentation process. However, according to our findings, the storage of longer than 104 days was a disadvantage of plastic mini silos because after 104 days, fluctuations in nutrient composition and silage quality parameters were recorded. It is recommended that more studies should be undertaken on storage time since there are many factors affecting it.

REFERENCES

- Akyildiz R, 1984. Laboratory guidance of feeds. A.Univ Agric Fac. Textbook:895 Practice Quid. 293p.
- AOAC, 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of analysis, 15th (Ed.), Vol.1. AOAC, Washington, DC, 69-79.
- Archibald JD, 1946. Studies in the chemistry of grass silage. Agri. Res. 72(8); 277-288.
- Ashbell G, Weinberg ZG, Azrieli A, Hen Y, Horev B, 1991. A simple system to study the aerobic deterioration of silages. Canadian Agric. Eng., 33: 391-393.
- Ashbell G, Weinberg ZG, Hen Y, 1998. Recycling of broiler litter for cattle feed. 10th European Poultry Congress, Jerusalem, Israel, 21-26.
- Ashbell G, Weinberg ZG, Hen Y, Filya İ, 2002. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat or corn silages. J. India Microbiol Biotechnol. 28: 261-263.
- Autrey KM, Knodt CB, Williams PS, 1947. Grass and legume silage studies using two-quart glass jars as miniature silos. J. Dairy Sci. 30(10):775-785.
- Buckmaster DR, Rotz CA, Muck RE, 1989. A comprehensive model of forage changes in the silo. Trans. ASAE 32(4): 1143-1152.
- Cabarkapa I, Palic D, Plavsic D, Vukmirovic DJ, Colovic R, 2010. The influence of a bacterial inoculant on reduction of aerobic microflora during ensiling of alfalfa. Food and Feed Research, 37(1): 23-26.
- Colovic R, Vukmirovic D, Palic D, Plavsic M, Glamocic D, Jajic I, Jeremic D, 2010. A simple system for studying the fermentation Dynamics of silages. Journal on Processing and Energy in Agriculture, 14(3): 157-159.
- Der Bedrosian MC, Kung Jr, I, Nestor Jr. KE, 2012. The effects of hybrid, maturity and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. J. Dairy. Sc.95: 5115-5126.
- Dubois M, Giles KA, Hamilton JK, Rebs PA and Smith F, 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem., 28: 350-356.
- Heinrichs J, Ishler V, 2010. Evaluating forage quality by visual appraisal, pH, and dry matter content. Department of Dairy and Animal Science The Pennsylvania State University 324 Henning Building University.
- Jaster EH, 1995. Legume and grass silage preservation. p. 91 in Post-harvest Physiology and Preservation of Forages. K. Moore and M. A. Peterson, ed. Crop Sci. Soc. of Am. Spec. Pubi. 22. Crop Sci. Soc. of Am. and Am. Soc. of Agron., Madison, WI.
- Johanson HE, Merry RJ, Davies DR, Kell DB, Theodorou MK, Griffith GW, 2005. Vacuum packing: a model system for laboratory-scale silage fermentations. Journal of Applied Microbiology, 98: 106-113.
- Kilic A, 2006. Determined of quality in roughage. Hasat Poblacion, Istanbul.
- Kleinschmit DH, Kung İjr, 2006. The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the fermentation of corn silage. J. Dairy Sci. 89: 3999-4004.

- Kolver ES, Roche JR, Miller D, Densley R, 2001. Maize silage for dairy cows Proceedings of the New Zealand Grassland Association 63: 195-201.
- Kung L, DerBedrosian MD, 2010. Effect of Time of Storage on Changes in Nutrient Composition and Value of Silages. Penn State Dairy Cattle Nutrition Workshop.
- Lindgren S, Axelssona LT McFeeter RF, 1990. Anaerobic-lactate degradation by *Lactobacillus plantarum*. FEMS Microbiol. Lett. 66:209-213.
- Naeini SZ, Emami NK, Rowghani E, Bayat A, 2014. Influence of ensiling time on chemical composition, fermentation characteristics, gas production and protein fractions of sweet sorghum silage. Res. Opin. Anim.Vet.Sci. 4(6):286-203.
- Nevens WB, 1933. Types and varieties of corn for silage. University of Illinois Agricultural Experiment Station Bulletin, 391.
- Newbold JR, Lewis EA, Lavrijssen J, Brand HJ, Vedder H, Bakker J, 2006. Effect of storage time on ruminal starch degradability in corn silage. J. Dairy Sci. 89(Suppl 1):190. Abst.
- Palic D, Vukmirovic D, Colovic R, Ivanov D, Kokic R, Spasevski N, Jeremic D, 2011. Improved mini-silo for studying fermentation of silage in laboratory conditions. Biotechnology in Anim Husbandry, 27:3, 1271-1278
- Van Ranst G, Fievezb V, De Rieka J, Van Bockstaele E, 2009. Influence of ensiling forage at different dry matters and silage additives on lipid metabolism and fatty acid composition. Anim. Feed Sci. Techn. 150:62-74.
- Ward RT, Ondarza MB, 2008. Effect of month of sample submittal on corn silage nutrient fractions starch availability ,NDF digestibility, and fermentation profiles measured at a commercial forage-testing laboratory. J. Dairy Sci. 91 (Suppl.1):30 abstr.
- Weinberg ZG, Khanal P, Yildiz C, Chen Y, Arieli A, 2010. Ensiling fermentation products and aerobic stability of corn and sorghum silages. Japanese Society of Grassland Science. 57:1-5.
- Winer BJ, Brown DR, Michels KM, 1991. Statistical Prenciples in Experiment Design. McGrow-Hill, Inc. USA,1048p.
- Winer BJ, Brown DR, Michels KM, 1991. Statistical Prenciples in Experiment Design. McGrow-Hill, Inc. USA,1048p.
- Yahaya MS, Kimura A, Harai J, Nguyen HV, Kawai M, Takahashi J, Matsuoka S, 2001. Effect of length of ensiling on silo degradation and digestibility of structural carbohydrates of lucerne and orchardgrass. Anim. Feed Sci and Techn. 92:141-148.

The Effect of use of Humic Acid in Some Blood Parameters and Rumen Protozoa in Norduz Lambs

Cemal BUDAĞ¹, Uğur KARA¹

ABSTRACT: This study investigated the effect of different levels of humic acid on some rumen and blood parameters and rumen protozoa in Norduz sheep. The study was designed and conducted in four-factor repeated measures analysis of variance. Totally 24, approximately 16-week old, female Norduz sheep were used in the study. Four feeding groups were designed. The first group was not given humic acid (C, control GI); the second group was given humic acid of 0.015% of the live weights of the sheep (GII); the third group was given humic acid of 0.030% of the live weights of the sheep (GIII); the fourth group was given humic acid of 0.060% of the live weights of the sheep (GIV). A total of eight sheep having similar ages and live weights were randomly distributed to each group (live weights of 40.230±1.25). The feed consumed by the sheep was limited to 2.5% of their live weights. Blood and rumen fluid samples were collected 2 times (before the test and on 25th day of the test). Comparison of some blood parameters were collected from the animals before and after the test revealed no significant difference in serum triglyceride and rumen pH levels. It was observed that while live weight, blood serum total protein, blood serum potassium, chloride, and sodium levels decreased ($P < 0.05$), blood urea and number of rumen protozoa increased ($P < 0.05$). Considering the values obtained before and after the test, the use of humic acid increased the number of rumen protozoa without negatively affecting blood parameters.

Keywords: Blood metabolites, humic acid, lambs, protozoa

Humik Asit Kullanımının Norduz Kuzularında Bazı Kan Parametreleri ile Rumen Protozoaları Üzerine Etkisi

ÖZET: Bu çalışmada, humik asidin farklı düzeylerinin Norduz kuzularının bazı rumen ve kan parametreleri ile rumen protozoonları üzerindeki etkileri incelendi. Deneme üç faktörlü olarak ölçümlü varyans analizi yapılacak şekilde planlandı ve yürütüldü. Denemede süttten kesilmiş, yaklaşık 16 haftalık yaşta 4 adet Norduz dişi kuzu kullanıldı. Kontrol grubunu oluşturan birinci gruptaki kuzulara humik asit verilmedi (GI kontrol), ikinci grupta CA'nın % 0.015 düzeyinde humik asit (GII), üçüncü grupta CA'nın % 0.030 düzeyinde humik asit, (GIII), dördüncü gruba ise % 0.060'i düzeyinde humik asit (GIV) verilecek şekilde dört grubu yemleme oluşturuldu. Her grupta yaklaşık aynı yaşta ve canlı ağırlıkta (40.230±1.25) sekiz hayvan olacak şekilde kuzular gruplara rasgele dağıtılmıştır. Kuzuların tükettikleri yem miktarı canlı ağırlıklarının % 2.5i olarak sınırlanmıştır. Kan ve rumen sıvısı örnekleri, biri deneme başlangıcında biri de denemenin 25. gününde olmak üzere 2 defa alınmıştır. Hayvanlardan deneme öncesinde elde edilen kan parametrelerinin sonuçları deneme sonradaki değerlerle karşılaştırıldığında kan serum trigliserit ve rumen pH düzeylerinde gözlenmemiştir. Hayvanlarda canlı ağırlık, kan serumu total protein, kan serum potasyum, klor ve sodyum düzeyinde azalma gözlenirken ($P < 0.05$), kan üre ve rumen protozoa sayısında artma gözlenmiştir ($P < 0.05$). Araştırmanın sonucunda dönemler dikkate alındığında humik asit kullanımının kan parametreleri üzerinde olumsuz bir etki yapmada rumen protozoa sayısını artırdığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Humik asit, kan parametreleri, kuzu rumen, protozoonları

¹ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Van, Türkiye
Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Cemal BUDAĞ, cemalbudag@yyu.edu.tr

INTRODUCTION

Humic acids increased absorption of minerals in intestinal wall. As a result, bone mineralization is reported to increase in animals (Mosley, 1996; Tunç, 2007). Humates are known to prevent the development of some hazardous bacteria and stimulate bacterial growth (Riede et al., 1991). The use of humate in dairy goat decreased mastitis cases (Mosley, 1996). Humates have positive effects on immune system of animals. In addition to strengthening the resistance of the animals against pathogens like *E.coli*, they significantly reduce digestive disorders like diarrhea and others (Humin and Laub, 1998). Lotosh (1991) reported that humates were the drugs which increased resistance to diseases by positively enhancing general health system (Tunç, 2007). Findings of various studies using humates revealed that use of humate promoted growth, positively affected carcass efficiency, enhanced feed efficiency, and reduced instantaneous death rate (Stepchenko et al., 1991; Yörük et al., 2004; Karaoğlu et al., 2005). It was pointed out that humates increased milk and milk fat amount in dairy cattle, improved live weight increase in livestock, and also decreased temperature stress (Livestock, 2003). Humic acid also helps to prevent excessive loss of water by enhancing water absorption from intestinal lumen (Humin and Eaub, 1998). Similarly, the use of humates was observed to increase live weight gain both in male and female lambs (Teravita, 2004). Adding humate to rations positively affects feed efficiency and digestive system (Humin and Eaub, 1998). Studies using humic acid reported that humic acids prevented the growth of pathogen bacteria and decreased mycotoxin level (Humin and Laub, 1998; Tunç 2007). Humic acid stimulates neutrophil activity and protects against bacterial agents (Dabovich et al., 2003). Supporting protective epithelial tissue in digestive tract, humates increase resistance to toxins and infections (Kühnert et al., 1991). Previous studies reported that humates had positive effects on lipid metabolism (Stepchenko et al., 1991; Bailey et al., 1996) and might be used in treatment of lipid metabolism disorders (Banaszkiewicz and Drohnik, 1994). It was reported that blood serum total cholesterol, total lipid and glucose levels decreased in rats fed with humate-added feed; whereas, lipoprotein, globulin, hemoglobin,

hematocrit value and erythrocyte number increased (Banaszkiewicz and Drohnik, 1994; Tunç, 2007). A literature review showed that there was only a limited body of research in Turkish or in foreign languages on effect of humic acid added into ruminant rations on number of rumen protozoa. Only one study conducted in Turkey was found in literature (Tunç, 2007). The study showed that protozoa were not compulsory for rumen fermentation. However, many studies reported that protozoa increased digestibility capacities of some rations, daily live weight gain of animals and retention of nitrogen in the body for a longer time and were effective in increasing ammoniac and volatile fatty acids in the rumen. Having proteolytic characteristics, protozoa are known to break down bacteria in addition to feed proteins. In the presence of ciliata in the rumen, ammoniac and volatile fatty acids increase and protozoa with high biological value is synthesized (Coleman, 1986).

Sodium is major intracellular cation and its intra-erythrocyte density is approximately 23 times higher than plasma (Turgut, 2000; Vakit, 2008). While totally 80% of phosphorus in the body is found in bones and teeth in the form of inorganic salts, 20% is found in soft tissues. Normal serum phosphorus concentration is 1.6—2.4 mmol-L. 75% of potassium is found in muscles and less than 2% found in extracellular fluids. In sheep, normal serum potassium concentration is 4.0–6.0 mEq-L (Turgut, 2000; Vakit, 2008). Chloride is the main anion in intercellular fluid and blood plasma. Chloride particularly functions in the formation of osmotic pressure as an electrolyte. The normal serum Cl level in plasma Cl concentration is 98–115 mEq-L (Turgut, 2000; Vakit, 2008). Sodium is the largest cation of extracellular fluid. It constitutes 90% of 154 mols of inorganic cation in each liter of plasma fluid. For this reason, it is responsible for the half of plasma osmolality. In cases of diarrhea, excessive perspiration, and excessive loss of blood and renal infections, Na concentrations might increase. Normal serum Na density in sheep is 136–154 mEq-L (Turgut, 2000). The use of humic acid is known to increase oxygen carrying capacity by increasing red blood cells and hemoglobin count, thus arousing the feeling of liveliness to the organism (Malinowska et al., 1993).

MATERIAL AND METHOD

Material

Animal Material: Totally 24, 0.5 year old Norduz sheep were used in the experiment. The data used in statistical analyses were collected from these 24 animals before and after the experiment. The sheep were supplied from sheep raising unit of Yüzüncü Yıl University research and application farm. Feed material: Dry meadow was used as the main feed material.

Table 1. Daily ration feed of the sheep in the trial

| Feedstuff | % |
|---------------------|--------|
| Barley | 40.000 |
| Wheat Bran | 10.000 |
| Soybean meal | 20.000 |
| Sunflower seed meal | 20.000 |
| Salt | 1.000 |
| Marble dust | 2.500 |
| Vitamins + Minerals | 0.500 |
| Energy kcal/kg ME* | 2690 |

Table 2. The concentrate in the ration

| Feedstuff | Dry matter % |
|-------------|--------------|
| Meadow | 80 |
| Concentrate | 20 |

A commercially available humic acid called as AGROHUM was used as humic acid. Tables 2.3. and 2.4 illustrate the content of the used humic acid.

Table 3. Chemical composition and properties of the humic acid

| Properties | Rates |
|---------------------------------------|-------------|
| Humidity | 75±10% |
| Total organic matter | 71±5% |
| Trace elements | 85% |
| Soil minerals (SiO ₂ , Al) | 3% |
| pH | 7 |
| Electron Capacity. | 2.5dS/m±0.5 |
| C/N | 17±1 |
| Size | 0–3 mm |
| Resolution (in 1% KOH solution) | very high |

Table 4. Elemental composition of the humic

| Element | Amount% |
|----------------|---------|
| Hydrogen (H) | 31.0 |
| Carbon (C) | 3.2 |
| Oxygen (O) | 33.0 |
| Sulfur (S) | 1.7 |
| Nitrogen (N) | 1.8 |
| Phosphorus (P) | 0.5 |
| Potassium (K) | 0.7 |
| Iron (Fe) | 0.9 |
| Calcium (Ca) | 0.5 |
| Magnesium (Mg) | 0.1 |

Method

Feeding method: The first group was not given humic acid (control GI); the second group was given humic acid of 0.015% of the live weights of the sheep (G II); the third group was given humic acid of 0.030% of the live weights of the sheep (G III); the fourth group was given humic acid of 0.060% of the live weights of the sheep (G IV). Humic acid was given to the animals by being mixed in 0.5 l water for 25 days at the same hour each day. The feed consumed by the animals was restricted to 2.5% of their live weights.

Table 5. Humic acid administered to the animals (g)

| GI | GII | GIII | GIV |
|-----|-------|--------|------|
| 0.0 | 6.5 g | 11.7 g | 26 g |

Blood analysis

For blood analyses, 10 ml blood was collected from vena jugularis of each animal for two times (before and after the test) by using blood collection cannula. Blood samples were centrifuged at 4000 rev/min and after collecting serum, they were sent to Yüzüncü Yıl University Faculty of Medicine, Biochemistry and Physiology Laboratory. Urea, BUN, total protein, triglyceride, VLDL, Na, K, P, CL, HDL and LDL amounts were analyzed in serum samples. Tokyo/Japan origin modular type Hitachi Automatic Analyzer device and Roche kits were used for blood analyses (Henry, 1965; Ersoy and Bayşu, 1981; Christian and Feldman, 1982).

Rumen pH analysis

50 ml rumen content was collected from each animal using rumen sound two times (before and after the test). pH of the collected rumen contents was immediately measured by using a digital pH meter (Dado and Alien, 1993; Vakit, 2008).

Protozoa counting method

For protozoa counting, rumen content was put into a plastic bottle by using rumen sound. Like in blood sample collection, rumen fluid was collected at the same hour of the day before and after the test. 5 ml of rumen content was separated to achieve stability of the collected rumen content. 15 ml fixing solution (1 lt ethyl alcohol, 5 g pure NaCl, 0.3 g methyl grin) was added to the sample. The samples were kept at a cold and dark place until counting. For protozoa counting, 0.05 ml of the sample was placed in Thoma slide following homogenization. Lamella was placed on the slide in such a way to create no air bubble. Counting was conducted by using a standard microscope, with 104x40 magnification with the help of a camera and screen. Count of protozoa was calculated by using the following formula. Density (mm³) number of counted protozoa, number of counted small squares volume of one small square dilution ratio (Ülker, 2007).

Statistical analyses

Descriptive statistics of the properties were expressed as means and standard error. To determine if there were differences between the application groups (GI, GII, GIII, GIV) and times (before the test-after the test), Two-Way ANOVA with repeated measurement at one factor level was used. Tukey multiple comparison test was used to determine means of different groups after the analysis of variance.

In factors for which the difference between the means was significant, Group x Time interaction was found to be statistically significant; therefore, Tukey multiple comparison test was used in the level of sub-groups. All statistical analyses were performed by using STATISTICA statistical package program (Winer 1971).

RESULTS AND DISCUSSION

This study was conducted to determine the effects of humic acid on rumen protozoa and blood parameters. Descriptive data obtained from statistical analysis of the collected data are summarized in the following tables. Data obtained from the tests are shown in Tables 6, 7 and 8.

Table 6. Mean values of live body weights (kg) of the groups before and after the test and standard error (Mean ± SE).

| | | GI | GII | GIII | GIV |
|------------------|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Mean±SE | Mean±SE | Mean±SE | Mean±SE |
| Live body weight | BT* | 39.40±1.88# | 41.73±1.00# | 38.43±1.28# | 41.37±0.84# |
| | AT* | 34.88±1.82 | 36.73±1.21 | 33.90±0.91 | 35.57±1.16 |

Shows the difference between the same group (in the same column) before and after the test (p>0.05)

*BT, AT before and after the test

Table 7. Mean values of total protein, triglyceride and urea of the groups before and after the test and standard error (Mean ± SE).

| | | GI | GII | GIII | GIV |
|------------------------|----|-------------|------------|--------------|--------------|
| | | Mean±SE | Mean±SE | Mean±SE | Mean±SE |
| Total Protein (g dL-1) | BT | 8.10±0.36 # | 6.58±0.70 | 8.62±0.499 # | 8.28±0.28 # |
| | AT | 5.83±0.53 b | 6.89±0.16 | 6.39±0.26ab | 5.89±0.39b |
| Triglyceride (mg dL-1) | BT | 29.5±0.53 | 21.35±0.69 | 30.34±0.70 | 29.91±0.65 |
| | AT | 25.67±0.08 | 23.43±0.07 | 30.20±0.87 | 35.71±0.17 |
| Urea (mg dL-1) | BT | 20.20±0.75 | 16.86±0.60 | 20.73±0.75 | 15.33±1.89 # |
| | AT | 24.78±0.83 | 19.43±0.88 | 22.58±0.78 | 24.55±0.83 |

Shows the difference between the same group (in the same column) before and after the test (p>0.05)

ab Shows the difference between the same time groups (in the same line) in the same time (p>0.05)

Table 8. Phosphorus, potassium, chloride and sodium mean values of the groups before and after the test and standard error (Mean ± SE)

| | | GI | GII | GIII | GIV |
|-----------------------|----|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | Mean±SE | Mean±SE | Mean±SE | Mean±SE |
| Phosphorus (mg dL-1) | BT | 6.77±0.37 # | 6.70±0.28 | 6.24±0.33 | 6.95±0.48 |
| | AT | 5.61±0.40 | 24.44±0.91 | 5.30±0.43 | 5.89±0.42 |
| Potassium (mmol dL-1) | BT | 5.90±0.40 ab | 4.03±0.76b | 5.93±0.25 ab# | 6.52±0.54 a |
| | AT | 5.06±0.78 | 3.21±0.39 | 3.70±0.87 | 6.33±0.31 |
| Chloride (mmol dL-1) | BT | 121.67±5.19 ab# | 105.80±17.97 b | 136.50±4.75 a# | 138.67±8.12 a# |
| | AT | 96.00±11.90 b | 96.97±18.14 b | 136.50±4.75 b | 138.67±8.12 ab |
| Calcium (mmol dL-1) | BT | 165.18±0.44 | 147.40±4.27 | 182.±6.11 # | 184.50±8.84 # |
| | AT | 132.33±0.45 | 131.67±5.06 | 111.67±5.72 | 157.67±4.37 |

Shows the difference between the same group (in the same column) before and after the test (p>0.05)

ab Shows the difference between the same time groups (in the same line) in the same time (p>0.05)

Table 9. Phosphorus, potassium, chloride and sodium mean values of the group before and after the test and standard error (Mean ± SE).

| | | GI | GII | GIII | GIV |
|--------------------|----|----------------|------------------|----------------|-----------------|
| | | Mean±SE | Mean±SE | Mean±SE | Mean±SE |
| pH | BT | 7.01±0.08 # | 6.94±0.21 | 6.98±0.01 | 7.01±0.01 |
| | AT | 6.38±0.20 | 7.18±0.18 | 6.49±0.27 | 6.42±0.15 |
| Number of protozoa | BT | 2692.5±223.5 b | 2984.38±140.9 ab | 2620.0±67.4 #b | 3333.5±223.5 #a |
| | AT | 3312.5±152.7 c | 6286.3±403.4 a | 6081.3±202.4 a | 5270.6±152.7b |

Shows the difference between the same group (in the same column) before and after the test (p>0.05)

ab Shows the difference between the same time groups (in the same line) in the same time (p>0.05)

It was found that live weights decreased in all groups at the end of the test (p<0.05). It was thought that this weight loss may be explained from the low-quality meadow hay used as experimental feed and the restriction of consumed feed by each animal with 3% of their live weights.

It was considered that the decrease in total protein level observed in blood serum before and after the test was associated with the decrease of live weight. However, it was observed that in the second and third groups, blood total protein decreased due to use of humic acid (p<0.05). Blood serum urea level increased in the fourth group compared to the other groups (p<0.05). It was thought that this resulted from the breakdown of tissue proteins as a result of live weight loss. A statistically insignificant increase was observed in blood urea level in all groups. As a consequence these results like to findings to Tunç and Yörük's study (2012).

Analysis of blood phosphorus, potassium, chloride and sodium values showed that the use of humic acid decreased sodium, chloride, and potassium levels in different groups (p<0.05). The use of humic acid decreased sodium value to normal levels which was above normal limits before the test. However, Tunç and Yörük (2012) found no difference in these parameters. No salt was given to the sheep during the test. Despite the insignificant decrease in the control group, a sharp decrease of sodium observed in humic acid groups might show that humic acid functioned to stabilize sodium. Decreased chloride level observed in blood levels of the animals which were not given salt (p<0.05) could be interpreted like the case in sodium (GIV). There was no difference between the groups in terms of blood phosphorus level and the values were within normal limits (Tunç and Yörük, 2012). The fourth group had an increase in blood serum urea levels in question compared to the other groups (p <0.05).

It was observed that the use of humic acid, which did not have any effect on rumen pH, increased number of rumen protozoa in all three doses unlike Tunç and Yörük's (2012) results ($p<0.05$). Considering the used humic acid doses, it was found that number of protozoa was the highest in the first group (the lowest dose level).

In this test during which low-quality meadow hay was used, it was observed that different doses of humic acid did not have a negative effect on blood parameters and similarly did not create a negative effect (Tunç and Yörük, 2012) on rumen pH ($p<0.05$). However, it was found that the use of humic acid significantly increased number of rumen protozoa ($p<0.05$). It is known that the increase in number of protozoa is important and it enhances nitrogen retention in the body of the animals. In conclusion, it can be asserted that the use of humic acid increases the number of protozoa. However, effects of humic acid on serum can be analyzed by future studies.

REFERENCES

- Bailey CA, White KE, Donke SL, 1996. Evaluation of menefee humate[™] on the performance of broilers. *B. Poult. Sci.* 1996; 75(Suppl. 1): 84 (Abstr.).
- Banaszkiewicz W, Drohnik M, 1994. The influence of natural peat and isolated humic acid solution on certain indices of metabolism and of acid-base equilibrium in experimental animals (In Polish). *Roczniki Panst Woweego Zakudu Higieny* 45:353-360.
- Christian, GO, Feldman, V, 1982. The analysis of Copper, Zine, Ealeium, Magnesium, Sodium and Potassium in 111000 Plasma or Serum by Atomie Absorption Spctrophotometry. *Atomie Absorption Speetroseopy; Applieations in Agrieulture, Biology and Medicine.* Wiley Interscience, London.
- Coleman, GS, 1986. The metabolism of the rumen ciliate protozoa. *FEMS Microbiol. Rev.*39: 321-344.
- Dabovich LA, Hulbert L, Rudine A, Kim E, McGlone JJ, 2003. Evaluation of Nutriceutical Effects on Pig Immunity: Effects of Promox. 2003 Southern Section ASAS Meeting. Pork Industry Institute. Department of Animal and Food Science, TexasTech University. Luhnock TX 79409.
- Dado RG, Allen MS, 1993. Continuous computer acquisition of feed and water intakes, Chewing, Reticular Motility and Rumen pH of Cattle. *J. Dairy Sci.* 76:1589-1600.
- Ersoy E, Bayşu M, 1981. "Pratik Biyokimya". AÜ Vet Fak Yay:372., A.U. Basını Evi, Ankara.
- Henry RJ, 1965. "Clinical Chemistry" Harper and Row .. 267, New York
- Humin Tech, Huminfeed-Tierfutterzuzste and Laub R. 1998., Acute Systemic Toxicity Studies of Veterinary Medicine and Huminsaure Basierende Produkte. Humintech® Humintech GmbH, Heerdtter Landstr. 189/D. D-40549 Düsseldorf. Germany, 2004.
- Karaoğlu M, Macit M, Esenbuğa N, Turgut L, Aksakal N, Yörük MA, 2005. Morkaraman Kuzularında Bovifarnı'ın Performans Üzerine Etkisi. 111. Ulusal Hayvan Besleme Kongresi 7-10 Eylül Bildiriler Kitabı. Adana 2005: 425-428.
- Kühnert VM, Bartels KP, Kröll S, Lange N, 1991. Huminsäurehaltige Tierarzneimittel in Therapie and Prophylaxe bei Gastrointestinalen Erkrankungen von Hund und Katze. *Monatshefte Vet. Med.*, 46: 4-8.
- Laub R, 1998b. The chemically induced inhibition of HSV infection. Laub BioChem Corp., August 1998. www.laubiochem.com <http://www.laubiochem.com/> (Erişim tarihi: 10 Ağustos 2015)
- Livestock R, 2003. Field Trials on Dairy Cattle. Enviromate Mc. 8571 Boat. US 2003.
- Lotosh TD, 1991. Experimental bases and prospects for the use of humik acid preparations from peat in medicine and agricultural production. *Nauchne Doki Vyss Shkoi Biol. Nauki* 1991: 10: 99- 103
- Malinowska MH, Pietraszek D, Chabielska E, 1993. *Acta Pol. Pharm.* 1993:50:507-511.
- Mosley R., 1996. Field Trials of Dairy Cattle. No published Research. Enviromate Inc. August 1996
- Riede UN, Zeck-Kapp G, Freudenberg N, Keller HU, Scuhert B, 1996. Humat induced activation of human granulocytes. *Virchows Arch B Cell Pathol Inc. Mol. Pathol.* 996: 60: 27-34.
- Tunç A, 2007. Humatların korunlarda rumen parametreleri ve bazı kan değerleri üzerine etkisi. (Doktora Tezi) Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hayvan besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Erzurum.
- Stepchenko LM, Zhorina LV, Kravtsova LV, 1991. The effect of sodium humat on metabolism and resistance in highly productive poultry. *Nauchnye Doki Vyss Shkoly Biol. Mauki* 1991 10: 90-95.
- Yörük MA, Gül M, Hayırlı A, Macit M, 2004. The effects of supplementation of humat and prophetic on egg production and quality parameters during the late laying period in hens. *Pouhry Sci.* 2004: 83: 84-88.
- Teravita U, 2004. Hamates in Poultry and Stock Farming. <http://www.teravita.com/Humates/Chapter9.htm> (Erişim tarihi: 15 Ağustos 2015).
- Tunç MA, Yörük MA, 2012. Humik asitierin koyuntarda rumen ve kan parametreleri ile protozoon sayısı üzerine etkisi . *Kafkas Univ Vet Fak Derg* 18(1): 55-60, 2012.
- Turgut K, 2000. Veteriner Klinik Laboratuvar Teşhis, Selçuk Üniv., Veteriner Fak., Konya. 920 s.
- Ülker H, 2007 Ders Notları. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Van. Vakıt S, 2008 Mürdümük tane yem mm norduz kuzularında bazı rumen ve kan parametreleri ile rumen protozoonları üzerine etkisi. YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü (basılmamış yüksek lisans tezi). Van.

Ruminant Rasyonlarında Doğrudan Yedirilen Mikroorganizmaların Önemi ve Etki Mekanizmaları

Mete YANAR¹

ÖZET: Ruminant yemlerine katılan Doğrudan Yedirilen Mikroorganizmalar (Direct-Fed Microbials) (DFM) olarak adlandırılan yem katkı maddeleri, sindirim sistemi enfeksiyonlarını önlediği gibi, sindirim kanalının mikroorganizma içeriğini de optimize etme kabiliyetine sahiptirler. Son yıllarda, AB ülkeleri ile Türkiye’de üretilen yemlerde antibiyotik kullanımının yasaklanmasından sonra, DFM’lerin yaygın bir şekilde yem katkı maddesi olarak yemlere ilave edildiği görülmektedir. Söz konusu DFM’lerin yem katkı maddesi olarak tarihsel gelişimi, DFM olarak kullanılan mikroorganizmalar, DFM’nin etkinliğini ve aktivitesini belirleyen faktörler ile rumen ve bağırsaklardaki etki mekanizmaları bu çalışmada detaylı olarak ele alınarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğrudan yedirilen mikroorganizmalar, etki mekanizmaları ruminantlar, yem katkı maddesi



Importance of Direct-Fed Microbials in Ruminant Diets and Modes of Action

ABSTRACT: Feed additives which are supplemented into the ruminants’ feed and called Direct-Fed Microbials inhibit gastrointestinal infections, and have capability for optimizing of microbial content of gastrointestinal track. In recent years, after the use of antibiotics in the feeds manufactured in EU countries and Turkey has been banned, DFM are started to added into the feeds on large scale as feed supplement. In this study, historical development of DFM, microorganisms used as DFM, factors affecting efficiency and activity of the DFM as well as action modes in rumen and intestines were investigated in detail.

Keywords: Direct-fed microbials, feed supplements, modes of action, ruminants

¹ Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni, Erzurum, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Mete YANAR, mtyanar@gmail.com

GİRİŞ

Hayvan yetiştiriciliğinde, hayvanların yüksek verim gücüne ve hayvan sağlığına sahip olması en önemli hususlardır. Hayvanların büyüme ve gelişme hızları ile besi performansları, yemden yararlanma durumları ve genel sağlık durumları sindirim sisteminin fonksiyonları ile yakından ilişkilidir. Bugün, dünyadaki birçok ülkede, çiftlik hayvanlarının verimleri ile yemden yararlanma etkinliğini yükseltmek ve hastalıklardan korumak için birçok yem katkı maddeleri kullanılmaktadır. Antibiyotikler, probiyotikler ve prebiyotikler söz konusu katkı maddeleri içerisinde en fazla tanınmış olanları olup, hayvanların rumen ve bağırsaklarındaki mikrobiyal ekosistem ve fermentasyon özelliklerini düzenlemek amacıyla kullanılmaktadır (Koçyiğit ve ark. 2015).

İnce bağırsaklarda mikroorganizma dengesinin olumlu yönde değiştirilmesi sonucu konakçı hayvanı faydalı yönde etkileyen canlı mikrobiyal yem katkı maddesi olarak tanımlanan probiyotikler; terim olarak canlı mikrobiyal kültürler, kültür ekstraktları, enzim preparatları ve bunların farklı kombinasyonlarını da ifade eden geniş bir anlamda, bir çok çeşit ürünü içine almaktadır (Krehbiel et al., 2003). Ancak son yıllarda bu terim Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı tarafından yeniden düzenlenerek yem fabrikalarının “probiyotik” ifadesi yerine “Doğrudan Yedirilen Mikroorganizmalar” (Direct-Fed Microbials) (DFM) ifadesinin kullanıma geçirilmesini zorunlu kılmıştır. DFM ile probiyotiklerin anlamı daraltılarak “doğal olarak mevcut mikroorganizmaları (bakterileri ve/veya mayaları) içeren yem katkı maddeleri” tanımlanmıştır (Seo et al., 2010). Son yıllarda çiftlik hayvanlarında antibiyotiklerin düşük dozlarda yem katkı maddesi olarak kullanımı, hayvanlardan insanlara geçebilen hastalıklara neden olan bakterilerin antibiyotiklere karşı direnç kazanmaya başlaması ile et ve sütteki antibiyotik kalıntıları ve antibiyotiklere dirençli genlerin yayılma potansiyeli kaygısıyla başta AB ülkeleri olmak üzere ülkemizde dahil olmak üzere bir çok ülkede yasaklanmıştır (Diler ve ark. 2015). Bunun sonucu olarak, özellikle sığır yetiştiriciliği ve diğer hayvancılık kollarında antibiyotik ve diğer büyümeyi teşvik edici maddelere karşı artan endişe ve kaygıların sonucu yetiştiricileri DFM gibi alternatif yem katkı maddelerine yöneltmiştir (Aydm ve ark. 2008).

DFM’NİN YEM KATKI MADDESİ OLARAK TARİHSEL GELİŞİMİ

Bakteriyel DFM’nin kullanımına ait tarihsel bilgiler Newman and Jacques (1995) ve Krehbiel et al.,

(2003) tarafından bildirilmiştir. İlk olarak 1908 yılında Metchnikoff tarafından yayınlanan “The Prolongation of Life” (Hayatın Uzatılması) adlı eserde, yazar sindirim kanalında yaşayabilen *Lactobacillus*’ların tüketilmesinin çok faydalı olduğunu ileri sürmüştür (Yoon and Stern, 1995). Bulgarların genellikle uzun ömürlü olmalarının bir nedeni olarak ta, enteropatojenlerin neden olduğu hastalıklardan koruyucu olan, içinde *Lactobacillus*’ların mevcut olduğu fermente süt ürünlerini tüketmeleri gösterilmiştir. Bu fikir, 1920 lerde *Lactobacillus* türlerinin etkinliği üzerine bir çok çalışmanın yapılmasına yol açmış, ve 1930 ların ortalarında *Lactobacillus acidophilus* terapilerinin popüleritesi zirveye çıkmıştır. II. Dünya savaşını takiben, etkinliği çok fazla olan ve bütün bağırsak mikroorganizmalarını yok eden antibiyotiklerin kullanımının artışı ile popüleritesi azalmıştır. Yine de o yıllarda, antibiyotik kullanımının bir yan etkisi olarak, “antibiyotik ishalleri” ndeki artışa bağlı olarak, bağırsak mikroflorasının yeniden oluşumuna yönelik *Lactobacillus acidophilus* tedavileri yeniden gündeme gelmiştir. 1950 lerden bu güne kadar insan ve hayvanlar için DFM lerin geliştirilmesi konusunda çalışmalar devam etmektedir (Seo et al., 2010).

DFM OLARAK KULLANILAN MİKROORGANİZMALAR

Genel anlamda DFM olarak kullanılan bakteriler laktik asit üreten, laktik asit kullanan ve diğer mikroorganizmalar olarak sınıflandırılmaktadır (Seo et al., 2010, Anonim, 2016). Bu sınıflara giren ve en yaygın DFM olarak kullanılan mikroorganizmalar ise *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus* ve *Propionibacterium* cinsleridir (Çizelge 1). *Megasphaera elsdenii* ve *Prevotella bryantii* gibi mikroorganizmalarda rumen fonksiyonlarını iyileştirmek ve stabilize etmek için DFM olarak kullanılabilir.

Ruminant hayvanlarda DFM yi oluşturan mikroorganizmalar ilk olarak rumende çoğalarak, onun mikrobiyal ekosistemini ve fermentasyon özelliklerini etkiler ve değiştirir. Rumenin yanı sıra, bağırsaklarda mikroorganizmalar için ilave bir konakçı alanı oluşturur. Rumende laktik asit üretimi ve kullanımı hayvan sağlığı ve yemden yararlanma özellikleri bakımından yakında ilişkilidir. DFM içerisinde bakterilerin dışında maya ve küflerinde ayrı bir yeri bulunmaktadır (Kocaoğlu ve Kara, 2009).

Çizelge 1. Ruminant rasyonlarında DFM olarak kullanılan mikroorganizmalar.

| Cins (Genus) | Tür (Species) |
|--|--|
| Laktik asit üreten bakteriler | |
| <i>Lactobacillus</i> | <i>Lactobacillus acidophilus</i> |
| | <i>Lactobacillus casei</i> |
| | <i>Lactobacillus cellobiosus</i> |
| | <i>Lactobacillus curvatus</i> |
| | <i>Lactobacillus delbrueckii</i> |
| | <i>Lactobacillus fermentum</i> |
| | <i>Lactobacillus helveticus</i> |
| | <i>Lactobacillus lactis</i> |
| | <i>Lactobacillus mesenteroides</i> |
| | <i>Lactobacillus bulgaricus</i> |
| | <i>Lactobacillus plantarum</i> |
| | <i>Lactobacillus salivarius</i> |
| | <i>Lactobacillus reuteri</i> |
| | <i>Lactobacillus gallinarum</i> |
| <i>Bifidobacterium</i> | <i>Bifidobacterium pseudolongum</i> |
| | <i>Bifidobacterium longum</i> |
| | <i>Bifidobacterium lactis</i> |
| | <i>Bifidobacterium thermophilum</i> |
| | <i>Bifidobacterium infantis</i> |
| | <i>Bifidobacterium animalis</i> |
| | <i>Bifidobacterium bifidum</i> |
| | <i>Bifidobacterium adolescentis</i> |
| <i>Streptococcus</i> | <i>Streptococcus bovis</i> |
| | <i>Streptococcus faecium</i> |
| <i>Enterococcus</i> | <i>Enterococcus faecium</i> |
| | <i>Enterococcus faecalis</i> |
| Laktik Asit Kullanan Bakteriler | |
| <i>Megasphaera</i> | <i>Megasphaera elsdenii</i> |
| <i>Propionibacterium</i> | <i>Propionibacterium shermanii</i> |
| | <i>Propionibacterium freudenreichii</i> |
| | <i>Propionibacterium acidipropionici</i> |
| | <i>Propionibacterium jensenii</i> |
| Diğer Bakteriler | |
| <i>Prevotella</i> | <i>Prevotella bryantii</i> |
| <i>Bacillus</i> | <i>Bacillus coagulans</i> |
| | <i>Bacillus subtilis</i> |
| | <i>Bacillus licheniformis</i> |
| | <i>Bacillus lentus</i> |
| | <i>Bacillus pumilus</i> |
| Mayalar | |
| <i>Saccharomyces</i> | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> |
| | <i>Saccharomyces boulardii</i> |
| Funguslar (Küfler) | |
| <i>Aspergillus</i> | <i>Aspergillus oryzae</i> |
| | <i>Aspergillus niger</i> |

DFM'İN ETKİNLİĞİNİ VE AKTİVİTESİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER

DFM 'ler toz, macun, jel, hap veya kapsül şeklinde bir çok formda mevcut olup, içme suyu, süt, süt ikame yemine eritilerek veya yeme iyice karıştırılarak veya yemin üzerine serpilerek hayvanlara verilebilirler (Anonim, 2016).

DFM 'lerin etki gösterebilmeleri için rumeni geçerek ince bağırsaklara ulaşmaları gereklidir. DFM 'ler normal rumen pH sına karşın dayanıklı olmalarına rağmen, yüksek rumen asiditesi durumu, mikroorganizmaların pek çoğunun ölümüne neden olduğundan ince bağırsaklara ulaşamazlar. Bağırsaklara ulaşmayı başaran mikroorganizmalar, buradaki villuslara yerleşirler. Etkinliklerini tam olarak gerçekleştirebilmek için bağırsak lümeni yerine bağırsak epitheline kolonize olmaları gereklidir. Buradaki mikroorganizmalar, mukoz madde içindeki müsin maddesini enerji kaynağı olarak kullanır ve mukozaya yüzeyini örten bu salgı içerisinde çoğalır (Karademir ve Karademir, 2003).

DFM 'lerin etkinliği ayrıca bunların ne zaman kullanıldığı ile de ilişkilidir. DFM nin rasyona ilavesi faydalı bakterilerin yenilenmesi ve hızla sindirim sisteminin dengeli mikroflorasına dönmesine yardımcı olur. DFM kullanımına en iyi yanıtlar aşağıdaki durumlarda kendini daha çarpıcı olarak gösterir. Örneğin, yeni doğan ruminantlar normal şartlarda faydalı mikroorganizmaları analarından veya çevrelerinden edinirler. Dolayısıyla, sindirim sisteminin erkendönemde DFM ile faydalı bakterilerle tanışıp bunların kolonize olması arzu edilir. Ayrıca, süttan kesim döneminde süttan bitkisel orjinli yemlere olan geçiş sırasında yeterli düzeyde genç hayvanların sindirim sisteminin gelişmemesi durumunda yine DFM uygulaması ile istenen düzeyde faydalı mikroorganizmanın sindirim sistemine yerleşimi sağlanabilir. Bunlarla birlikte, taşıma, aşılama vs stres oluşturan koşullar hayvanları strese sokarak iştah azalmasına ve bunun sonucu olarak yem alımını ve sonuçta canlı ağırlık artışının düşmesine neden olabilir. Söz konusu durumlarda DFM uygulamalarına hayvanların tepkisi en iyi bir şekilde gerçekleşmektedir. Antibiyotik tedavi durumlarında da sindirim kanalındaki *Lactobacillus* ve diğer faydalı mikroorganizmaların sayısı önemli ölçüde düşer. Bu durumlarda da DFM uygulamalarına en iyi yanıtların elde edilmesi söz konusudur (Anonim, 2016).

DFM 'lerin stabilitesi çok önemli bir konudur. İçerisindeki mikroorganizmaların etkili olunacak hayvanlara canlı bir formda ulaştırılması gereklidir. Bu nedenle üretici firmaların saklama ve taşıma konularındaki tavsiyelerine uyulması gereklidir. Bir çok DFM ler kuru ve serin ortamlarda depolanıp taşınması, direkt gün ışığına ve yüksek neme maruz kalmaması gereklidir. Paketleri açıldıktan sonra sıkıca kapatılarak kullanılmayan kısmın canlılığı korunmalıdır. Demir ve bakır iyonları başta olmak üzere mineral madde premixleri, yüksek konsantrasyonlarda vitaminler (özellikle vitamin K), antibiyotikler ve bazı koruyucu maddeler ve bazı oksidatif ajanların da DFM üzerine olumsuz etkileri olduğu bildirilmiştir (Quigley, 2011).

DFM'LERİN ETKİ MEKANİZMALARI

DFM 'lerin etki mekanizmaları hakkında birçok görüş ileri sürülmekte olup bunların etkileri rumende ve rumen sonrası gelen gastrointestinal sistemin alt bölümleri olmak üzere iki bölümde inceleyebilir.

DFM'lerin Rumendeki Etki Mekanizmaları

Genellikle bakteriyel DFM 'ler sindirim kanalının rumenden sonra gelen alt kısımlarda potansiyel olarak faydalı etkilere sahiptirler (Alp ve Kahraman, 1996). Ancak bazı bakteriyel DFM lerin rumende de fonksiyonel pozitif etkileri olduğu da tespit edilmiştir (Krehbiel et al., 2003). Bakteriyel DFM 'leri oluşturan mikroorganizmalardan, laktik asit üreten bakterilerin i) rumende devamlı ve sabit miktarda laktik asit üretimi, ii) ruminal mikroorganizmaların laktik asitin varlığına adapte olmaları, iii) laktik asit kullanan bakterilerin stimülasyonu, iv) ruminal pH nın stabilizasyonu yoluyla pozitif etkiyi sağladığı konusunda ileri sürülen mekanizmaların (Ghorbani et al., 2002; Beauchemin et al., 2003; Raeth-Knight et al., 2007) yanı sıra, laktik asit kullanan bakterilerin de i) laktik asidin uçucu yağ asitlerine dönüştürülmesiyle (*Megasphaera elsdenii*) ii) laktik asit üretiminden ziyade propiyonik asit üretimiyle (*Propionibacterium* spp.), iii) yemden yararlanmanın iyileştirilmesiyle, iv) metan üretiminin azaltılmasıyla sağladığı bildirilmektedir (Hutjens, 2007). Fungal DFM lerin etki şekillerine ait ileri sürülen teoriler ise, söz konusu bu mikroorganizmalar faydalı etkilerini i) rumende oksijen seviyesinin düşürülmesiyle, ii) organik asitler ve B vitamini gibi büyüme faktörlerinin sentezini yaparak, iii) rumende

mikroorganizma sayısını ve aktivitesini artırarak, iv) uçucu yağ asitleri, ruminal proteinler gibi ruminal son ürünlerde artış sağlayarak, v) rumende sidirilebilirlik oranında artış sağladığı bildirilmiştir (Dutta et al., 2009).

DFM 'ler içerisinde laktik asit kullanan bakterilerin laktik asit konsantrasyonunu düşürdüğü ve ruminal pH'yı koruduğu bildirilmiştir. Örneğin *Megasphaera elsdenii* laktik asitten yararlanabilen bakterilerden olup ve yüksek oranda fermente olabilen nişasta, glukoz, sellobiyoz gibi maddeleri yüksek oranda içeren rasyonlarla yapılan beslemede rumende laktik asit birikimini önlediği ve hızlı ve keskin pH düşüşünü önleyebildiği, ayrıca, *Megasphaera elsdenii* ilavesinin laktasyonun ilk dönemindeki hayvanlarda akut asidosisin önlenmesinde de etkili olabileceği Kung and Hession (1995) tarafından bildirilmiştir.

Propionibacteria laktik asidi propiyonik aside fermente eder ve laktasyonun ilk döneminde propiyonik asit glukoneojenezinin ana prokürsör maddesi olduğu için, rumende propiyonik asidin artışı hepatik glukoz üretimini de artırmaktadır (Weiss et al., 2008). Ayrıca, laktöz sentezi için artan glukoz miktarları % 4,4 oranında enerjistik etkinliği artırdığı ve ketosisi azalttığı da Weiss et al., (2008) tarafından rapor edilmiştir.

Ruminant beslemede kullanılan maya içerikli DFM 'ler verimi pozitif yönde etkilediği gibi rumen fermentasyonunu da normalleştirir (Swartz et al., 1994). Mayaların rasyona ilavesi ile rumendeki bakteri sayısı önemli ölçüde artmaktadır. Karademir ve Karademir (2003) in bildirdiğine göre, mayalar rumendeki oksijeni kullanarak ortamdan uzaklaştırmakta, redoks potansiyelini düşürerek (-20 mV a kadar) aerobik patojenlerin oksijenden yararlanmalarını engellemekte ve gelişimlerini durdurmaktadır. Rumendeki değişim, sellulolitik bakterilerin gelişimi için mükemmel bir ortam oluşumunu sağlarken, bu bakterilerin kaba yeme yapışmalarını stimüle etmekte selülozun parçalanma hızını yükseltmektedir (Roger et al., 1990). Chaucheyras et al., (1995) da invitro olarak *Saccharomyces cerevisiae*'in ruminal bakterilerden *Streptococcus bovis* ve *Megasphaera elsdenii* ile birlikte laktik asit metabolizması üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, *Saccharomyces cerevisiae* 'nın organik asitler ve vitaminler gibi büyüme faktörü sağlama yeteneğinde olduğunu ve bunun sonucu olarak sellulolitik ve laktik asit kullanan bakterilerin (*Megasphaera elsdenii*) rumen popülasyonunu stimüle ettiğini bildirmişlerdir.

Bağırsaklarda DFM 'lerin Etki Mekanizmaları

Bakteriyel DFM 'lerin ince bağırsak duvarında patojen mikroorganizmalarla kolonizasyon ve besin maddeleri açısından bir mücadele içerisinde oluşu yönündeki düşünceler, DFM 'lerin söz konusu bölgede yaptığı etkileri açıklamaya yönelik ilk teoriyi oluşturmuştur. Konu ile ilgili ilk çalışmada Jones and Rutter (1972), diyareye neden olan ve enterotoksin üreten *E. coli* 'nin şuşları için bağırsak duvarına tutunmanın çok önemli olduğunu ileri sürmüştür. Bu tutunma işleminin mikroorganizmaların çoğalmalarını artırmakta ve bağırsakların peristaltik hareketleri sonucun söz konusu mikroorganizmaların sindirim kanalından uzaklaştırılmasını azaltmaktadır (Salminen et al., 1996). Yapılan çalışmalarda bakteriyel DFM ilave edilen rasyonlarla beslenen buzağılarda ve domuz yavrularında yüksek miktarda *Lactobacillus* ve az sayıda ise *E. coli* 'ye rastlandığı Abu-Tarboush et al., (1996) tarafından bildirilmiştir. Lee et al., (2003) da *L. rhamonsus* 'un hidrofobik interaksiyonla bağırsak epitel hücrelerine bağlandığını ve patojen mikroorganizmaların ince bağırsakların absortif kolumnar epitel yapısındaki hücrelerin reseptörlerine bağlanmalarını sınırladığı bildirmişlerdir. Ayrıca *L. rhamonsus* 'un enteropatojenik ve enterotoksijenik *E. coli* ve *Klebsiella pneumoniae* 'ların sindirim kanalına yapışmalarını azalttığı Forestier et al., (2001) tarafından da rapor edilmiştir.

İnce bağırsaklarda DFM 'lerin ortaya koydukları faydalı etkileri açıklamaya yönelik ileri sürülen ikinci mekanizma DFM 'lerin antibakteriyel etkileridir. *Lactobacillus* 'ların bir çok türünün patojen mikroorganizmaların gelişimini önleyici (inhibitör) etkisi olduğu, örneğin *Lactobacillus acidophilus* 'un enteropatojenik *E. coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* ve *Clostridium perfringens* 'e karşı antagonistik etkiye sahip olduğu Blake and Clinton (2012) tarafından bildirilmiştir. Laktik asit üreten bakterilerin diğer bakterileri öldürmek için ürettikleri zehirli protein olan bakteriyosinler Cotter et al., (2005) tarafından ortaya konulmuştur. Anaerobik şartlarda glikoz ve gliserolün mevcut olduğu durumlarda *Lactobacillus reuteri* tarafından üretilen reuterin hedef mikroorganizmaların ribonükleotid redüktaz'ın alt ünitesine substratların bağlanmasını engelleyerek söz konusu mikroorganizmaların DNA

sentezini bozduğu Dobrogosz et al., (1989) tarafından bildirilmiştir. Ayrıca, laktik asidin gastrointestinal sistemdeki mevcudiyetinin ortamın pH sını düşürmesi nedeniyle bir çok patojen mikroorganizmanın çoğalmasını engellediği de ileri sürülmektedir (Karademir ve Karademir, 2003).

Laktik asit bakterileri tarafından üretilen hidrojen peroksit, patojen mikroorganizmalara karşı antogonistik reaksiyonlardan da sorumlu olabilecek diğer bir grup maddelerdir (Blake and Clinton, 2012).

Hidrojenperoksitin bakterisidal (bakteri öldürücü) aktivitesi olduğu, bakteri hücrelerini hücresel proteinlerde sülfidril grupları, membran lipidlerini okside ettiğini ve sonuçta glikoz transport enzimlerini, hekzokinaz, gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenaz gibi metabolik enzimlerde sülfidril grupların oksidasyonu ile glikolizisi bloke ettiği Dicks and Botes (2010) tarafından bildirilmiştir. Bu konuda yapılan diğer bir çalışmada da Holzapfel et al., (1995) laktik asit bakterilerinin hidrojenperoksit ürettiğini ve bununla etkin bir şekilde *Streptococcus aureus* ve *Pseudomonas spp.* lerin gelişimini durdurduğunu ortaya koymuşlardır.

Konakçı hayvanın bağışıklık fonksiyonun değişimi, DFM 'ler tarafından oluşturulan sindirim sisteminin ve konakçının genel sağlığını ve performansını iyileştiren etki mekanizmalarından bir diğerini teşkil etmektedir (Blake and Clinton, 2012). Sindirim sisteminde makrofajlar, nötrofiller, doğal katil hücreler, dentrik hücreler, T ve B lenfositler gibi immün sistem hücreleri mevcuttur.

DFM ler sindirim sistemine alındığında endositoz yolu ile bağırsak epitel hücrelerine alınır. Hücrelere ulaşan antijenler, makrofajlar ve dentrik hücreler tarafından yutulur ve bağışıklık sistemi uyarılır (Dicks and Botes 2010). Laktik asit üreten bakteriler bağışıklık sistemini stimüle eden sitokinleri üretmek üzere makrofajları harekete geçirir. *L. casei* ve *L. rhamnosus* un makrofajların TNF- α (tümör nekrosis faktör- α) yı salgılamasını uyardığı ve düzenleyici dentrik hücrelerin gelişimini artırdığı Matsuguchi et al., (2003) tarafından bildirilmiştir. Ayrıca, rasyon yolu ile alınan DFM lerin genellikle artan fagositoz ve doğal katil hücre aktiviteleriyle birlikte yükselen Immünglobülün A (IgA) ve azalan IgE üretimleri ile

bağışıklık sistemini etkiledikleri Krehbiel et al., (2003) tarafından rapor edilmiştir.

DFM 'lerin ince bağırsaklardaki bir diğer etki şeklinin konakçı hayvanın enzim aktivitelerini etkileyerek gerçekleştirdiği ileri sürülmüştür (Hutjens, 2007). Faydalı *Bacillus spp.* ler proteaz, amilaz, lipaz ve glikosidaz gibi çeşitli enzimler üretirler. DFM ler ayrıca ince bağırsaktaki toksik enzimlerin azaltılmasına da sebep olurlar. Bazı mikroorganizmalar tarafından üretilen aminler toksik etkili olup, isallerle yakından ilişkilidirler. Laktik asit bakterileri amin konsantrasyonunu azaltarak sindirim sistemindeki entero-toksinleri nötralize ederler.

KAYNAKLAR

- Abu-Tarboush HM, Al-Saiady MY, Keir El-Din AH, 1996. Evaluation of diet containing lactobacilli on performance, fecal coliform, and lactobacilli of young dairy calves. *Animal Feed Science and Technology*, 57:39-49.
- Alliance Animal Health, 2009. Direct fed microbial: Application and usage. Technical Bulletin. <http://www.admani.com/AllianceAnimalHealth/Tech%20Bulletins/Direct%20Fed%20Microbials.htm>. (Erişim tarihi: 5 Ocak, 2016).
- Alp M, Kahraman R, 1996. Probiyotiklerin hayvan beslemede kullanılması. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22:1-8.
- Anonim, (2016). <http://www.admani.com/animal%20health/Tech%20Bulletins/Animal%20Direct%20fed%20microbial.htm> (Erişim tarihi: 15 Ocak, 2016).
- Aydın R, Diler A, Yanar M, Koçyiğit R, Özkılıççı T, 2008. The effect of direct-fed microbials plus enzyme supplement on the growth performance of Holstein Friesian calves. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 7:516-519.
- Beauchemin KA, Yang WA, Morgavi DP, Ghorbani, GR, Kautz B, 2003. Effects of bacterial direct-fed microbials and yeast on site and extent of digestion, blood chemistry and subclinical ruminal acidosis in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 81:1628-1640.
- Blake KW, Clinton RK, 2012. Direct-fed Microbials and Prebiotics for Animals. Science and Mechanisms of Action. Callaway, TR and Ricke SC (editors). Springer Science Business Media, New York, USA. 148 p.
- Chaucheyras F, Fonty G, Bertin G, Salmon JM, Gouet P, 1995. Effects of a strain of *Saccharomyces cerevisiae* (Levucell SC), a microbial additive for ruminants, on lactate metabolism in vitro. *Canadian Journal of Microbiology*. 42:927-933.
- Cotter P D, Hill C, Ross R P, 2005. Bacteriocins: Developing innate immunity for food. *Nature Reviews Microbiology*, 3:777-788
- Dicks LMT, Botes, M. 2010. Probiotic lactic acid bacteria in the gastro-intestinal tract: Health benefits, safety and mode of action. *Beneficial Microbes*, 1:11-29.
- Diler A, Koçyiğit R, Yanar M, Aydın R, 2015. Effect of feeding

- direct-fed microbials plus exogenous feed enzymes on milk yield and milk composition of Holstein Friesian cows. *Veterinarija Ir Zootechnika*, 65:11-16.
- Dobrogosz, WJ, Casas IA, Pagano GA, Talarico TL, Sjöberg BM, Karlsson M, 1989. *Lactobacillus reuteri* and the enteric microbiota. In: *The Regulatory and protective role of the normal microflora* (Ed. E. Norin). Stockton Press. New York, USA. 283 p.
- Dutta, TK, Kundu, SS, Kumar, M, 2009. Potential of direct-fed-microbials on lactation performance in ruminants - A critical review. *Livestock Research for Rural Development*, 21: Article no:160. <http://www.lrrd.org/lrrd21/10/dutt21160.htm>. (Erişim tarihi: 5 Ocak, 2016).
- Forestier C, Champs C, Vatoux C, Joly B, 2001. Probiotic activities of *Lactobacillus casei rhamnosus*: in vitro adherence to intestinal cells and antimicrobial properties. *Research in Microbiology*, 152:167-173.
- Ghorbani GR, Morgavi DP, Beauchemin KA, Leedle AZ, 2002. Effects of bacterial direct-fed microbials on ruminal fermentation, blood variables and microbial populations of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 80:1977-1985.
- Holzappel WH, Geisen R, Schillinger U, 1995. Biological preservation of foods with reference to protective cultures, bacteriocins and food-grade enzymes. *International Journal of Food Microbiology*, 24:343-362.
- Hutjens MF, 2007. Direct Fed Microbial Products (DFM). <http://articles.extension.org/pages/11314/direct-fed-microbial-products-dfm>. (Erişim tarihi: 5 Ocak, 2016).
- Jones GW, Rutter JM, 1972. Role of K88 antigen in the pathogenesis of neonatal diarrhea caused by *Escherichia coli* in piglets. *Infection and Immunity*, 6:918-927.
- Karademir G, Karademir B, 2003. Yem katkı maddesi olarak kullanılan biyoteknolojik ürünler. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 43:61-74.
- Kocaoğlu B, Kara B, 2009. Ruminant beslemede alternatif yem katkı maddelerinin kullanımı:1. Probiyotik, prebiyotik ve enzim. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 6:65-75.
- Koçyiğit R, Aydın R, Yanar M, Güler O, Diler A, Tüzemen N, Avcı, M, Özyürek S, Hirik E, Kabakçı D, 2015. Effect of doses of direct-fed microbials plus exogenous fibrolytic enzymes supplementation on growth, feed efficiency ratio and fecal consistency index of Brown Swiss and Holstein Friesian calves. *Indian Journal of Animal Research*, 49:63-69.
- Krehbiel CR, Rust SR, Zhand G, Gilliland SE, 2003. Bacterial direct-fed microbials in ruminant diets: Performance response and mode of action. *Journal of Animal Science (E.Suppl.2)*:E120-E132.
- Kung L, Hession AO, 1995. Preventing in vitro lactate accumulation in ruminal fermentations by inoculation with *Megasphaera elsdenii*. 1995. *Journal of Animal Science*, 73:250-256.
- Lee YK, Puong KY, Ouwehand AC, Salminen S, 2003. Displacement of bacterial pathogens from mucus and Caco-2 cell surface by lactobacilli. *Journal of Medical Microbiology*, 52:925-930.
- Matsuguchi T, Takagi A, Matsuzaki T, Nagaoka M, Ishikawa K, Yokokura T, 2003. Lipoteichoic acids from *Lactobacillus* strains elicit strong tumor necrosis factor α -inducing activities in macrophage through toll-like receptor 2. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*, 10:259-266.
- Newman KE, Jacques KA, 1995. Microbial feed additives for pre-ruminants. *Biotechnology in animal feeds and animal feeding*. RJ Wallace, A Chesson, (Editor). Wiley-Blackwell Publishing, Weinheim, Germany. 247 p.
- Quigley J, 2011. Direct-fed microbials (probiotics) in calf diets. AFIA Publications. https://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/dairy/downloads/bamn/BAMN11_Probiotics.pdf (Erişim tarihi: 5 Ocak, 2016).
- Raeth-Knight ML, Linn JG, Jung HG, 2007. Effect of direct-fed microbials on performance, diet digestibility, and rumen characteristics of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 90:1802-1809.
- Roger, V., G. Fonty, S. Komisarczuk-Bony and P. Gouet. 1990. Effects of physicochemical factors on the adhesion to cellulose avicel of the ruminal bacteria *Ruminococcus flavefaciens* and *Fibrobacter succinogenes* subsp. *succinogenes*. *Applied Environmental Microbiology*, 56:3081-3087.
- Salminen S, Isolauri E, Salinen E, 1996. Clinical uses of probiotics for stabilizing the gut mucosal barrier: successful strains and future challenges. *Antonie van Leeuwenhoek Journal of Microbiology*, 70:347- 358.
- Seo JK, Kim SW, Kim MH, Upadhaya SD, Kam DK, Ha JK, 2010. Direct-fed microbials for ruminant animals. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 23:1657-1667
- Swartz DL, Muller LD, Rogers GW, Varga GA, 1994. Effect of yeast cultures on performance of lactating dairy cows: A field study. *Journal of Dairy Science*, 77: 3073-3080.
- Weiss WP, Wyatt, DJ, Mc Kelvey TR, 2008. Effect of feeding propionibacteria on milk production by early lactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91:646-652.
- Yoon IK, Stern MD, 1995. Influence of direct-fed microbials on ruminal microbial fermentation and performance of ruminants: A review. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 8:533-555.