

İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

**FBEDJIST**

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



**İĞDIR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ**

**ENSTİTÜSÜ DERGİSİ**

**JOURNAL OF THE INSTITUTE**

**OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

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



## İĞDIR ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (FBED)

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

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

ISSN 2146-0574

### **Veri Tabanı / Indexed by**

EBSCO and DOAJ

### **Sahibi / Owner**

Prof. Dr. İbrahim Hakkı YILMAZ

Rektör / *Rector*

### **Sorumlu Müdür / Director**

Doç. Dr. Bünyamin YILDIRIM / *Assoc. 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 / *Assist. Prof. Dr. Tuba GENÇ*

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*

### **Tasarım / Design - Baskı / Printing**

Hangar Marka İletişim Reklam Hizmetleri Yayıncılık Ltd. Şti.

Konur 2 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](http://www.hangarreklam.com.tr)

**ULUSAL EDITÖRLER KURULU**  
**NATIONAL EDITORIAL BOARD**

- Prof. Dr. Yavuz AKBAŞ, Biyometri Genetik,  
Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye
- Prof. Dr. Vahdettin ÇİFTÇİ, Tarla Bitkileri,  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Van, Türkiye
- Prof. Dr. M. İhsan SOYSAL, Biyometri Genetik,  
Namık Kemal Üniv., Tekirdağ, Türkiye
- Prof. Dr. Semra ORAL ERBAŞ, İstatistik,  
Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- Prof. Dr. Turgay TAŞKIN, Zootekni,  
Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye
- Prof. Dr. Türker SAVAŞ, Zootekni,  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniv., Çanakkale, Türkiye
- Prof. Dr. Fikri BALTA, Bahçe Bitkileri,  
Ordu Üniversitesi, Ordu, Türkiye
- Prof. Dr. Halil KIRNAK, Tarımsal Yapılar ve Sulama,  
Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye
- Prof. Dr. Pervin ARIKAN, Fizik,  
Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- Prof. Dr. Nurhan AKYÜZ, Gıda Mühendisliği,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Prof. Dr. İsmail Sait DOĞAN, Gıda Mühendisliği,  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
- Prof. Dr. Mustafa R. ÇANGA, Toprak,  
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ, Coğrafya,  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye
- Prof. Dr. İbrahim Ethem GÜLER, Tarım Makinaları,  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Prof. Dr. Muhammed ARABACI, Su Ürünleri,  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
- Prof. Dr. Rüstem CANGİ, Bahçe Bitkileri,  
Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat, Türkiye
- Prof. Dr. Ali KAYGISIZ, Zootekni,  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniv. K.Maraş, Türkiye
- Prof. Dr. Ahmet ÇELİK, Tarım Makinaları,  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Prof. Dr. Yıldırım YILDIRIM, Tarım Makinaları,  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Prof. Dr. Suat ŞENSOY, Bahçe Bitkileri,  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
- Prof. Dr. Ahmet ULUDAĞ, Bitki Koruma,  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye
- Doç. Dr. İsmail ÖZTÜRK, Tarım Makinaları,  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Doç. Dr. Davut KARAYEL, Tarım Makinaları,  
Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye
- Doç. Dr. Erdal Necip YARDIM, Bitki Koruma,  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
- Doç. Dr. Ferhat MURADOĞLU, Bahçe Bitkileri,  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
- Doç. Dr. Ecevit EYDURAN, Zootekni,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Kadir KARAKUŞ, Zootekni,  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜLSOY, Bahçe Bitkileri,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Murat AKKURT, Bahçe Bitkileri,  
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Süleyman TEMEL, Tarla Bitkileri,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye

- Yrd. Doç. Dr. Kasım ŞAHİN, Tarım Ekonomisi,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Uğur ŞİMŞEK, Toprak,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Mücahit PEHLUVAN, Bahçe Bitkileri,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Bayram YURT, Gıda Mühendisliği,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Önder YILDIZ, Gıda Mühendisliği,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Sefa ALTIKAT, Tarım Makinaları,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Yrd. Doç. Dr. Hakan KİBAR, Tarımsal Yapılar ve Sulama,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Dr. İlknur MERİÇ, Su Ürünleri,  
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

**ULUSLARARASI EDITÖRLER 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

**ULUSAL DANIŞMA KURULU**  
**NATIONAL ADVISORY BOARD**

- Prof. Dr. Gülcan ERAKTAN, Tarım Ekonomisi,  
Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
- Prof. Dr. Ensar BAŞPINAR, İstatistik, Sinop  
Üniversitesi, Sinop, Türkiye
- Prof. Dr. Ömer AKBULUT, Zootekni,  
Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye
- Prof. Dr. Z. Servet YALÇIN, Zootekni,  
Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye
- Prof. Dr. Güray ERENER, Zootekni,  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye
- Prof. Dr. Mürsel KÜÇÜK, Vet-Zootekni,  
Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye
- Prof. Dr. Aykut GÜL, Tarım Ekonomisi,  
Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye
- Doç. Dr. Yusif ZEYNALOV, Botanik,  
İğdır Üniversitesi, İğdır, Türkiye
- Prof. Dr. Taner KUMUK, Tarım Ekonomisi,  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye
- Prof. Dr. Murat TÜRKEŞ, Coğrafya,  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye

Prof. Dr. Gamze SANER, Tarım Ekonomisi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Prof. Dr. Hamdi BİLGEN, Tarım Makinaları, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

Prof. Dr. Semiha KIZILOĞLU, Tarım Ekonomisi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Prof. Dr. İbrahim YILMAZ, Tarım Ekonomisi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye

Prof. Dr. Aşkın KOR, Zootečni, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Prof. Dr. Kadir KIZILKAYA, Zootečni, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye

Prof. Dr. Cuma AKBAY, Tarım Ekonomisi, Kahramanmaraş S.İ. Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye

Prof. Dr. Hasan VURAL, Tarım Ekonomisi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye

Prof. Dr. Vecdi DEMİRCAN, Tarım Ekonomisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye

Prof. Dr. Mehmet MENDEŞ, Biyometri Genetik, Çanakkale Onsekiz Mart Üniv., Çanakkale, Türkiye

Doç. Dr. Ali Vaiz GARİPOĞLU, Zootečni, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

Doç. Dr. Basri Hakan HAKYEMEZ, Tarla Bitkileri, Kırıkkale MYO Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye

Doç. Dr. Hikmet ORHAN, Biyometri Genetik, Süleyman Demirel Üniv., Isparta, Türkiye

Doç. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK YAŞA, Bahçe Bitkileri, Çanakkale Onsekiz Mart Üniv., Çanakkale, Türkiye

Doç. Dr. Ömer BEYHAN, Bahçe Bitkileri, Sakarya Üniversitesi Akyazı MYO, Sakarya, Türkiye

Doç. Dr. Gölge SARIKAMIŞ, Bahçe Bitkileri, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Doç. Dr. Sibel TAN, Tarım Ekonomisi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniv., Çanakkale, Türkiye

Doç. Dr. Ösmetullah ARVAS, Tarla Bitkileri, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Doç. Dr. Mustafa SÜRMEK, Tarla Bitkileri, Adnan Menderes Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

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

Yrd. Doç. Dr. Handan UCUN, Çevre Mühendisliği, Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. İlkay BARITÇI, Zootečni, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Sadiye Peral EYDURAN, Bahçe Bitkileri, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ahmet Metin KUMLAY, Tarla Bitkileri, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Tamer ERYİĞİT, Tarla Bitkileri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Evsel DENİZHAN, Bitki Koruma, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Cihat YILDIZ, Tarım Makinaları, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Fikret BUDAK, Tarla Bitkileri, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Sezgin SANCAKTAROĞLU, Tarla Bitkileri, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Murat YILDIRIM, Muhasebe-Finans, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Tuncay KARAÇAY, Makine Mühendisliği, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Mustafa Kenan GEÇER, Bahçe Bitkileri, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Mücahit KARAOĞLU, Toprak

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

Yrd. Doç. Dr. Köksal KARADAŞ, Tarım Ekonomisi, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Atilla DURMUŞ, Biyoloji, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Nurhan KESKİN, Bahçe Bitkileri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Şeyda ÇAVUŞOĞLU, Bahçe Bitkileri, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Nuhi DEMİRCİOĞLU, Çevre Mühendisliği, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. İsa YILMAZ, Zootečni, Iğdır Üniversitesi, Iğdır, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Cemal BUDAĞ, Hayvan Besleme, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Sebahattin KAYA, Tarımsal Yapılar ve Sulama, Bingöl Üniversitesi, Bingöl, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Raşan İVGİN TUNCA, Tarımsal Biyoteknoloji, Ahi Evran Üniversitesi, Kırşehir, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Kemal YAZGAN, Zootečni, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Ferda KARAKUŞ, Zootečni, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye

Yrd. Doç. Dr. Bahadır SAYINCI, Tarım Makinaları, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

Dr. M. Kazım KARA, Biyometri Genetik, TAPDK, Ankara, Türkiye

#### **ULUSLARARASI DANIŞMA KURULU INTERNATIONAL ADVISORY BOARD**

Prof. Dr. Mahmood SAGHAEI, Dep. of Anest. and Crit Care, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Prof. Dr. Khalid Mahmood KHAWAR, Agricultural Biotechnology, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

Assist. Prof. Dr. Asghar HUSSAIN, University of Veterinary & Animal Sciences, Lahore, Pakistan

Assist. Prof. Dr. Mohammad Masood TARIQ, Zootečni, University of Balochistan, Balochistan, Pakistan

Assist. Prof. Dr. Majed RAFEEQ, Vet-Animal Science, CASVAB, University of Balochistan, Quetta, Pakistan

Assist. Prof. Dr. Muhammad Aasif SHAHZAD, Animal Science, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

Assist. Prof. Dr. Mirza HASANUZZAMAN, Agronomy, Shere-Bangla Agricultural University, Dhaka, Bangladesh

Dr. Masroor Ahmad BAJWA, Biotechnology, (CASVAB) University Of Balochistan, Quetta, Pakistan

Dr. Leila AZADBAKHT, Nutr. Dep, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Dr. Meena MISRA, Biosciences & Biotechnology, Fakir Mohan University, Balasore, India

Dr. Monzur MORSHED, Economics, South China Agricultural University, Guangzhou, China

Dr. Abdulmojeed YAKUBU, Animal Science, Nasarawa State University, Lafia, Nigeria

Dr. Isaiah Adesola OKE, Civil Engineering, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria

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

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](mailto:fbed@igdir.edu.tr)
7. Only two manuscripts of each author as first author can be published in same issue of JIST.
8. Manuscripts should be prepared in accordance with scientific ethic rules. When required, ethical committee reports with the related documents should be submitted to JIST.
9. Manuscripts submitted should be maximum 15 pages.
10. A decision will be informed to corresponding author after roughly 30-60 days from submission date of the manuscript.
11. Please contact for any question to [fbed@igdir.edu.tr](mailto:fbed@igdir.edu.tr)

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

### **Biyoloji / Biology**

Parazit Çiçekli Bitkilerin Gelişimi ve Hayat Tipleri  
*Development and Life Types of Parasitic Flowering Plants*  
Burak SÜRMEŒ, Hamdi Gray KUTBAY, Hakan YILMAZ

9

### **Çevre Mhendilięi / Environment Engineering**

Yüksek Organik Madde İçeren Endüstriyel Bir Atıksuyun Fenton Prosesi ile Arıtılabilirliğinin Araştırılması  
*Investigation of Treatability of Industrial Wastewater Containing High Organic Matter by Fenton Process*  
Gökçe Didar DEğERMENİ, Yalçın Kemal BAYHAN, Nejdet DEğERMENİ

17

### **Gıda Mühendisliği / Food Engineering**

Kefirli Sağlık  
*Health with Kefir*  
Pınar KARATEPE, Halil YALÇIN

23

İnönü Üniversitesi Biyoloji ve Gıda Mühendisliği Bölümü ęrencilerinde Genetiği Değiştirilmiş Organizma Bilinci ve Bilgi Düzeyi  
*Genetically Modified Organism Conscious and Information Level in Biology and Food Engineering Students in Inonu University*  
Zeynep Merve ABACI, Zehra Tuğba ABACI

31

### **İnşaat Mühendisliği / Civil Engineering**

Türkiye’de Hava Ulaşım Talebinin Arıma Modelleri ile Tahmin Edilmesi  
*Air Transportation Demand Estimation in Turkey by Arima Models*  
Ahmet TORTUM, Oğuzhan GÖZCÜ, Muhammed Yasin ÇODUR

39

Technical and Economic Comparison of Conventional, Modify Conventional and Electrochemical Coagulation Processes  
*Geleneksel, Düzenlenmiş Geleneksel ve Elektrokimyasal Koagülasyon Yöntemlerinin Ekonomik ve Teknik Açıdan Karşılaştırılması*  
Isaiah Adesola OKE

55

Trend and Frequency Analyses of Rainfall in North West Geopolitical Zone of Nigeria  
*Nijerya’nın Kuzeybatı Jeopolitik Bölgesine Düşen Yağış Miktarlarının Eğilim ve Frekans Analizi*  
Abubakar Ismail, Isaiah Adesola OKE

65

---

## **Su Ürünleri Mühendisliği / *Aquaculture Engineering***

---

79

Su Ürünleri Havuzlarında Atık Yönetimi  
*Waste Management in Aquaculture Ponds*  
Seda KARAKOCA, Akasya TOPÇU

---

## **Tarla Bitkileri / *Field Crops***

---

83

Farklı Fotoperiyot Şartlarında *in vitro* Olarak Yetiştirilen Patates (*Solanum tuberosum* L.) Eksplantlarına Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Etkileri  
*The Effects of Plant Growth Regulators on in vitro Grown Potato (Solanum tuberosum L.) Explants Under Different Photoperiod Conditions*  
Ahmet Metin KUMLAY, Neşet ARSLAN, Canan KAYA

## Parazit Çiçekli Bitkilerin Gelişimi ve Hayat Tipleri

Burak SÜRME<sup>1</sup>, Hamdi Güray KUTBAY<sup>2</sup>, Hakan YILMAZ<sup>2</sup>

**ÖZET:** Bitkiler âleminde önemli bir yeri işgal eden parazit çiçekli bitkiler, sahip oldukları farklı özelliklerden dolayı araştırmacıların ilgisini çekmişlerdir. Son yıllara kadar basit bir şekilde gruplandırılan bu bitkiler, biyoloji bilimindeki gelişmeler ışığında tekrar araştırılmaktadır. Morfolojik ve anatomik özelliklerinin yanı sıra fizyolojileri ve hayat döngülerinin bazı aşamalarındaki farklılıklar yeniden dikkate alınan özelliklerdir. Yeryüzünün biyolojik çeşitliliğinde parazit çiçekli bitkiler, angiospermilerin yaklaşık %1'ini kapsar ve 22 angiosperm familyasında 20 cins ile yaklaşık 4000 bitki türüne sahiptir. Parazit çiçekli bitkilerin başlıca ayırt edici özelliği; konukçularına tutunmayı ve beslenmeyi sağlayan havstoryumlarıdır. Havstoryum yapılarının keşfi ve incelenmesi daha önce parazit bitkiler olarak tanımlanan birçok hetetrofik bitki türünün farklı gruplarda değerlendirilmesine neden olmuştur. Parazit bitkilerin hayat döngülerinin tamamlanmasında konukçu organizmalar oldukça önemlidir. Tohum çimlenmesinden havstoryum oluşumuna, beslenme şekillerinden konukçu seçimine kadar birçok özelliğin konukçu-parazit arasındaki ilişkilere dayandığı belirlenmiştir. Ayrıca konukçu organizmalardan salınan farklı biyokimyasal uyarıcıların da parazit çiçekli bitkilerin gelişiminde etkili olduğu bulunmuştur. Konukçuya bağımlılıklarına göre parazit bitkiler önceleri tam ve yarı parazit olarak gruplandırılmışsa da elde edilen yeni bulgularla daha detaylı bir gruplandırma yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Parazit çiçekli bitkiler, *havstoryum*, *angiosperm*, morfoloji

## Development and Life Types of Parasitic Flowering Plants

**ABSTRACT:** Parasitic flowering plants, occupied an important place in the kingdom of plants, have been interesting for researchers because they have different features. These plants have been classified in a very simple manner; however developments in the science of biology requires re-classification. Not only morphological and anatomical features but also differences in physiology and life cycle stages should be taken into account for re-classification. Parasitic flowering plants represent about 1% of angiosperms plants in bio-diversity of the earth and they have got 22 angiosperm family and 270 genera, consequently have got approximately 4,000 parasitic flowering plant species. The main distinguishing feature of parasitic flowering plants is their "haustorium" which is plant parts for attachment to their hosts and penetration to host's xylem and floem. Discovery and investigation of haustorium structure caused re-classification of some heterotrophic plants which were previously described as parasitic plants. Host plants are very important for completion of the parasitic plants life cycle. Parasitic-host plants interactions support seed germination, haustorium formation, nutrition types and selection of host. Different biochemical stimulant molecules are effective on these important processes. Parasitic plants were grouped by holo and hemiparasite previously depending on host cell dependencies but due to new findings, they have been grouped again.

**Keywords:** Parasitic flowering plants, *haustorium*, *angiosperm*, morphology

<sup>1</sup> Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Kamil Özdağ Fen Fakültesi, Biyoloji, Karaman, Türkiye  
<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji, Samsun, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Burak SÜRME, buraksurmen@gmail.com

## GİRİŞ

Yeryüzünün biyolojik çeşitliliğinde önemli olan parazit çiçekli bitkiler son yıllara kadar bilim aleminde gereğince incelenmemiştir. Angiospermilerin yaklaşık %1'ini parazit çiçekli bitkiler oluşturmaktadır. Nickrent et al. (1998) 22 angiosperm familyasına ait 20 cins içinde yaklaşık 4000 parazit çiçekli bitki türü tespit edildiğini bildirmiştir.

Parazit çiçekli bitkilerin ayırt edici başlıca özelliği; konukçularına tutunmayı, beslenmeyi sağlayan ve bu bitkiler için özelleşmiş olan havstoryumlarıdır. Bunun yanı sıra fizyoloji ve biyokimyasal özelliklerinin tam olarak anlaşılabilmesi, her zaman için bu bitkilerin araştırılmaya değer olmasını sağlamıştır. Parazit çiçekli bitkilerin bir kısmı, tarım zararlısı iken bazı türler ise kozmetik, dekorasyon ve yem vb. amaçlarla da kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra çok çeşitli renklere ve ilginç çiçek yapılarına sahip olmaları kendilerine olan hayranlığı da arttırmaktadır.

Canlılar besin ihtiyaçlarını iki şekilde sağlarlar. Ya kendi besinlerini öncül bileşiklerden sentezleyerek ya da dışarıdan hazır alarak; çevresindeki inorganik maddelerden kendi besinini sentezleme yeteneğine sahip olmayan, besinleri hazır olarak temin edenler heterotrof canlılardır. Heterotrofik bitkiler ise havstoryumlu parazitler ve mikotroflar olmak üzere ikiye ayrılır. Havstoryumlu parazitler; havstoryum (parazit ve konukçu arasında fiziksel bağlantıyı sağlayan yapı) adı verilen özelleşmiş bir organ vasıtasıyla konukçularına tutunarak gerekli besin, su ve minerallerin alınmasını sağlar (McGraw, 2008). Mikotrof bitkiler ise mantarları parazitleyen bitkilerdir. Mikorizal bağlantılar keşfedilmeden önce bu bitkiler saprofit veya parazit bitkiler olarak tanımlanmıştır (Fuman et al., 1971).

Mikotrofluk, parazitlenen bir mikorizal mantar vasıtasıyla karbonhidrat ve diğer besinlerin elde edilmesidir. Mikorizalar yüksek yapıları bitkilerin kökleriyle birliktelik oluştururlar ve bu nedenle mikotrof bitkilerin, dolaylı olarak ağaçları parazitlediği de düşünülebilir. Mikotrof bitkiler, dikotil ve monokotil familyalara ait yaklaşık 400 üzerinde türe sahiptir. *Monotropa* sp. L. en çok karıştırılan mikotroftur (Bjorkmann, 1960). Klorofil olmaması ve heterotrofik olarak besinlerini temin etmesi, parazit bir bitki olarak yorumlanmasına neden olmaktadır. Bu bitkiler, ağaçların köklerine bağlı olan mikorizal mantarlarla ilişki kurdukları için

fotosentez yapmadan hayatlarını sürdürebilirler. Bu bitkiler mantarları parazitlediği halde bunlara parazit bitkiler denmemiştir. Çünkü havstoryumal parazitler gibi besinlerini havstoryum vasıtasıyla konukçu kökünden elde etmezler. Bidartondo (2005) yaptığı bir çalışmada, bazı bitkilerin (biryofitler, likofitler, eğreltiler, *Parasitaxus* sp., monokotil ve dikotiller) özellikle tohum ve gametofitlerin ilk yerleşmesinde ve hayat döngülerinin bazı safhalarında mikotrof olduklarını belirlemiştir. Örneğin; *Burmanna galeola* ve *B. flava* türleri erken hayat döngülerinde mikotrof olmalarına rağmen daha sonra fotosentez yeteneği kazandıkları görülmüştür.

Heterotrofik angiospermiler kadar yoğun popülasyona sahip olmamasına rağmen, dünyamızda yayılış gösteren gymnosperm heterotrofik bitkiler de vardır. Heterotrofik gymnosperm bir bitki türü olan *Parasitaxus usta* ilk defa Yeni Kaledonya'da yoğun ormanlık alanlarda Vieillard tarafından (1861) keşfedilmiş ve tanımlanmıştır (De Laubenfels, 1972). Podocarpaceae familyasından olan bu bitki, odunsu bir çalı veya küçük bir ağaç olarak tanımlanabilir. Bu bitki daima kendi familyasına (Podocarpaceae) ait olan *Falcatifolium taxoides* Brongn & Gris bitkisinin kökleriyle bağlantılıdır. Bu bitkide de havstoryum oluşmadığı için parazit olup olmaması konusunda bir çelişki vardır. Bu iki bitki arasındaki bağlantılar kök aşısına benzetilmiş (Köpke et al., 1981), yapılan son araştırmalar konukçu kambiyumunun hem *Parasitaxus* türü hem de bir mikoriza tarafından enfekte edildiği saptanmıştır (Woltz et al., 1995). Böylece parazit bir bitki olduğu düşünülen *Parasitaxus usta*'nın bir mikotrof olduğu ortaya çıkmıştır.

## PARAZİT ÇİÇEKLİ BİTKİLER

Parazit bitkiler kendileri için uygun habitatlardaki yeterli ışık ve besin için rekabet yeteneklerini kaybettiklerinden dolayı, genellikle besince fakir topraklarda görülürler. Bu bitkilerin evrimlerine bakıldığında; rekabetçi özelliklerini kaybettiklerinden dolayı daha az popülasyona sahip ve kendileri için daha az uygun olan habitatlara yerleşmek zorunda kaldıkları görünür. Böylece çok uygun olmayan habitatlara kolonize olabilmek, canlılıklarını sürdürebilmek için besinlerini başka bir bitkiden temin etme metodu geliştirerek diğer bitkiler için parazit olmaya başladılar. Parazitler saprofitlerin (çürükçül) tersine organik maddeleri ölü organizmalardan sağlamazlar.

Bunun yerine bir konukçuya nüfuz ederek (yapışarak) canlı organizmanın metabolizmasıyla direkt bağlantı kurarlar (Sauerborn, 1991).

Parazit bitkiler; geliştirmiş oldukları özel organlar vasıtasıyla konukçu bitkiye yerleşen ve konukçuların vasküler dokularına nüfuz ederek, besin, su ve mineral ihtiyaçlarını konukçu bitkiden karşılayan organizmalardır. Sahip oldukları bu özel organa **havstoryum** denir. Parazit bitkilerde başlıca şu değişiklikler meydana gelir: a) Yaprakların büyüklükleri azalır veya kaybolur. b) Vejetatif organların büyüklükleri kısalmış; örneğin yaprak saplarına ihtiyaçları yoktur. c) Köklerini kaybederler. d) Klorofillerini kaybederler (Yarıparazit olanlar hariç). e) Fotosentezden sorumlu olan genlerini kaybederler (Yarıparazit olanlar hariç). Bunun yanında bazı parazit bitkiler klorofile sahiptirler ve fotosentez yapabilirler. Parazit bitkiler hem bu özelliklerine hem de konukçuyla olan ilişkilerine göre gruplandırılmıştır.

**Tam parazitler:** Besin ve su ihtiyaçlarının tamamını konukçu ksilem ve floeminden sağlayan parazit bitkilerdir. Klorofil bulunmadığından fotosentez yetenekleri yoktur. Çoğu tam parazit, konukçu kökünde meydan gelir, ancak *Cuscuta* cinsinin bazı türleri (*Cuscuta europaea*) RUBİSCO, tilakoid, klorofil ve ışığa bağlı CO<sub>2</sub> fiksasyonunu kaybeden gövde parazitleridir (Machado and Zetsche, 1990). Rafflessiales takımının bazı üyeleri de gövde parazitleridir (*Apodanthes*, *Pilostyles*, *Rafflesia*). Fakat bu parazitlerin ilk olarak konukçu köküne yerleştiği ve endofit gelişiminin devam etmesi sonucu gövdeye yerleştiği bulunmuştur (Kuijt, 1969). Tam parazitler konukçu bitkide buldukları yere göre; kök tam parazitleri ve gövde tam parazitleri olarak da gruplandırılabilir.

**Yarı parazitler:** Klorofil bulunduran parazit bitkilerdir. Fotosentez (hayat döngülerinin en az bir safhası boyunca) yeteneklerine sahip olmalarına rağmen su ve mineralleri konukçu bitkiden havstoryum yoluyla alırlar. Yarı parazit bitkileri, konukçuya bağımlılık derecelerine göre iki gruba ayrılabiliriz.

**Seçici yarı parazit bitkiler:** Hayat döngülerini tamamlamak için konukçuya ihtiyaç duymayan fakat fotosentez yapabilmek için konukçuya bağımlı olan parazit bitkilerdir. Havstoryumları ile devamlı olarak konukçu köküne bağlantılıdır. Bazı parazit

Scrophulariaceae türlerinin (*Bartsia*, *Euphrasia*, *Melampyrum*, *Odontites*, *Pedicularis* ve *Rhinanthus*) konukçu olmadan çiçeklenip meyve meydana getirdikleri deneylerle gösterilmiştir (Weber, 1981; Mann and Musselman, 1981). Bazı parazit bitki türleri ise seçici ve zorunlu yarı parazitlik arasında bir geçici safhada bulunurlar. Meselâ, *Oxalis phyllanthi*'nin filizleri, havstoryum gelişiminden önce meydan gelir fakat konukçuyla bağlantı kuramazlarsa en fazla 6 ay hayatta kaldıkları görülmüştür (Pate et al. 1990a; Pate et al., 1990b). Seçici ve zorunlu yarı parazit bitkilerin ayrımını yapmada, parazitlik öncesi safha boyunca parazit bitkinin çiçek ve meyve oluşturabilme yeteneğine bakılır. Seçici yarı parazit bitkilere ilginç bir örnek *Osyris alba* bitkisi verilebilir. Bu bitki konukçusu olmaksızın saksıda birkaç yıl hayatta kalabilir ve çiçeklenebilir fakat bu saksı bitkisinin daha sonra ölmesinin sebebi belirlenememiştir.

**Zorunlu yarı parazit bitkiler:** Bu tip bitkiler yarı parazitlerin aksine hayat döngülerini tamamlamak için bir konukçuya tutunmak zorundadırlar. Zorunlu yarı parazitler, tam parazitliğe doğru bir ilerleme gösterirler. Zorunlu yarı parazit bitkiler primitif (ilkel veya basit) ve gelişmiş yarı parazit bitkiler olmak üzere iki tipe ayrılırlar.

**Basit zorunlu yarı parazitler:** Misodendraceae, Lorantheaceae ve bazı Viscaceae familyalarının gövde parazitleri bu gruptadırlar. Bu bitkiler fotosentetik beslenirler fakat gövde parazitleri olduklarından konukçu bitkiden bağımsız var olamazlar. Lorantheaceae familyasında bulunan bazı kök parazit bitkileri, (*Atkinsonia*, *Nuytsia*, *Gaiadendron*) familyanın diğer üyelerinin aksine bu gruptan hariç tutulabilir. *Atkinsonia* (Menzies, 1959), *Gaiadendron* (Kuijt, 1963), *Nuytsia* (Main, 1947) filizleri yılın çoğu ayında konukçudan bağımsız olarak bulunabilir. *Nuytsia* için bu safha geçicidir çünkü kendisi için bir konukçu bulamazsa 6 – 9 ay içinde ölecektir. Ancak diğer türlerin ilginç bir şekilde gübre veya hormon uygulamasıyla en az 3 yıl daha hayatları uzatılabilmiştir. Viscaceae familyasının *Arceuthobium* hariç diğer altı cinsi ise ilkel zorunlu parazittir. Çünkü *Arceuthobium* gelişme için gerekli olan enerjinin yaklaşık % 30'unu olgun sürgünleri vasıtasıyla elde eder (Hull and Leonard, 1964).

**Gelişmiş zorunlu yarı parazitler:** Bu parazit bitkiler sadece konukçu ksilemine tutunmakla kalmazlar aynı zamanda floeme bağlanarak konukçu

karbonunu da elde ederler (Nickrent, 2002). Bu beslenmenin sonucu olarak, bu parazit bitkiler hayat döngülerinin bazı safhalarında fotosentez yapma yeteneklerini kaybederler. Bu gruba giren parazit bitkiler; *Cuscuta*, *Cassytha*, *Phacellaria*, *Arceuthobium* cinlerine ait bazı türler ile *Striga gesnerioides* türüdür.

## PARAZİT ÇİÇEKLİ BİTKİLERİN GELİŞİMİ

Son zamanlarda biyoloji bilimindeki ilerlemeler parazit bitkilerin gelişimi hakkında daha güvenilir bilgiler sunmuştur. Bugün elde ettiğimiz bu bilgiler doğrultusunda parazit bitkilerin iki bilim dalına göre düzenlenebileceğini göstermiştir. Bu bilim dalları; moleküler gelişim ve moleküler filogeni basamaklarıdır. Gelişme biyolojisi alanındaki büyük ilerlemeler, bize parazit bitkilerin moleküler seviyede incelenmesini sağlamış ve genetik değişim üzerine yapılan çalışmalarda bilim insanlarına mükemmel modeller oluşturmuşlardır. Çünkü parazit bitkiler tipik kara bitkilerine göre farklı genetik mutantlar sunar (McGraw, 2008). Aslında tam parazitleri düşündüğümüzde bir bitki tanımlamak oldukça zordur. Çünkü tipik bitkilerin özelliği olan fotosentez yeteneği tam parazitlerde kaybolmuştur. Moleküler seviyede meydana gelen bu farklılıklar aynı zamanda morfolojik değişimlere de sebep olmuştur. Meselâ, bitkinin tipik fotosentez organlarının tamamen kaybolması veya körelmesi, bazı parazit bitkilerin sınıflandırma çalışmalarını zorlaştırmıştır. Fakat son zamanlarda, moleküler bilgiler kullanılarak bu durum düzeltilmeye başlanmış ancak karşımıza, başka şaşırtıcı durumları ortaya çıkarmıştır.

**Moleküler filogenetik gelişim:** Filogeni, ilk olarak bir organizma grubunun gelişimi boyunca gerçekleşen “kollara ayrılma” olaylarıyla ilgilidir. Parazit bitkilerin dikkate alınmasıyla şu soru ortaya çıkmıştır: “Parazitlik, angiospermiler arasında ne kadar sürede meydana gelmiştir?” Daha önceki morfolojik temelli sınıflandırmalar birçok hipotezin ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Nickrent et al., 1998). Fakat farklı araştırmacılar, bu bitkilerin özellikle de tam parazitlerin ilişkileri hakkında zıt fikirler öne sürmüşlerdir. Böylece son zamanlara kadar bu soruya kesin bir yanıt verilememiştir. Tüm parazit angiospermiler, angiosperm filogeninde yer alırlar. Çekirdek, plastid ve mitokondri genleri

kullanılarak yapılan analizler en doğru sonuçları verir. Bu sonuçlar, parazitliğin çiçekli bitkilerin 12 atasından bağımsız olarak meydana geldiğini gösterir (McGraw, 2008).

**Moleküler gelişim:** Makro moleküllerdeki (DNA, RNA ve protein) değişimlerin oranları, modelleri ve o değişiklikleri belirleyen mekanizmaları dikkate alır. Bu moleküller, filogeni ile çok yakın ilişkileri olan aktif bir alandır.

Önceki görüşlerden biri moleküler saatle ilgilidir. Yani birim zamanda DNA'daki baz sayısındaki değişimlerdir. Başlangıçta, farklı organizmal atalarda DNA'daki baz sayısındaki değişimlerin sürekli olduğu düşünülmüşse de sonraki çalışmalar, bu durumun tüm organizmalar ve genler için aynı olmadığını göstermiştir (McGraw, 2008). Yavaş üreyen organizmalar, hızlı üreyenlerden daha az yer değiştirmeye (DNA baz sayısı) sahiptir. *Balanophora* ve *Rafflesia* gibi angiosperm tam parazitinin ribozomal genlerinin DNA sekansları elde edildiğinde parazit olmayan ototrofik bitkilerde görülenden 3,5 kat daha büyük olan yer değiştirme oranlarına sahip olduğu bulunmuştur (Nickrent et al., 2004). Çünkü bu parazitler hızlı nesil verme sürelerine sahip değildir ve aynı zamanda bazı hızlı nesil veren bitki (*Arabidopsis* sp.) türleri gibi aynı oranda artış göstermediği de belirlenmiştir. Böylece nesil verme süresi üzerinde başka faktörlerinde etkili olduğu düşünülmüştür.

Parazit bitkiler plastid genomu gelişimini inceleyen çalışmalarda da önemlidir. Tam parazit bir angiospermin plastid ve plastomuna daha sonra ne oldu ki fotosentez yapma yeteneklerini kaybetmişlerdir? Bu soruya, Kuzey Amerika'daki kayın ağaçlarının köklerinde tam parazit olarak yaşayan *Epifagus* bitkisi üzerinde yapılan çalışmalarla cevap vermeye çalışılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar *Epifagus*'un tam plastom sekansı, tipik bir angiosperm plastomunun yaklaşık yarı büyüklüğünde olduğunu göstermiştir. Bu farklılığın başlıca fotosentez ve solunum genlerinin kaybıyla ortaya çıktığı düşünülmüştür. Yakın zamanda, *Cuscuta* ve *Pholisma* gibi parazit bitkilerinde de sekans belirleme çalışmaları yapılmış ve onlarda da bu genin olmadığı saptanmıştır. Bu değerlendirmeler parazit bitkilerin gelişiminde moleküler değişimlerin son derece etkili olduğunu göstermektedir (Nickrent et al., 2005).

## PARAZİT ÇİÇEKLİ BİTKİLERİN GELİŞİMİ VE BÜYÜMESİ

**Tohum çimlenmesi:** Parazit çiçekli bitkiler, diğer bitkilerin aksine gelişimlerinin ilk safhalarında tamamen konukçuya bağımlıdır. Bunun en bariz örneği; parazit çiçekli bitki tohumlarının çimlenmesi için konukçudan salınması gereken kimyasal uyarıcılardır. Scrophulariaceae, Orobanchaceae, Balanophoraceae, Rafflesiaceae, Hydnoraceae ve Lennoaceae familyalarına ait tohumlarının tümü çimlenmek için konukçu kökünden salınan kimyasal sinyale ihtiyaçları vardır. Bu kimyasal uyarılar sadece tohumun çimlenmesini değil aynı zamanda havstoryum gelişimi gibi diğer fonksiyonel özelliklerinde ortaya çıkmasını sağlarlar (Stewart and Press, 1990). Çimlenmeyi başlatan bu kimyasal sinyallerin dikkat çeken iki özelliği; düşük miktarda aktif ve kararsız yapıya sahip olmalarıdır. Bu nedenle araştırmacılar bu moleküllere yoğunlaşmışlardır. Çimlenmeyi uyarıcı kimyasal madde ilk olarak, parazit olmayan pamuk bitkisinden elde edilmiştir (Cook et al., 1966). Strigol adı verilen bu molekül toprakta düşük miktarlarda bulunmasına rağmen çimlenmeyi aktif hale getirmektedir (Bouwmeester et al., 2003).

Farklı bir uyarıcı, *Striga* sp. parazit bitkisinin konukçusu olan *Sorghum bicolor* (L.) Mohench var. *technicum* (Körn.) kökünden izole edilmiştir. İzole edilen bir başka bileşik ise, hem *Striga* sp. hem de *Alectra* sp. için konukçu olan börülce bitkisinin kök salgılarından izole edilen ve ksantin halkası, doymamış C<sub>12</sub>- karboksilik asit, glisin ve aspartik asidin bir dipeptidini içeren moleküldür (Stewart and Press, 1990). Pamuk, süpürge darısı ve börülcedeki çimlenme uyarıcıları çok farklı yapılara sahiptir ve bu moleküllerin belirli miktarlarda, canlıda çimlenme uyarıcısı olarak görev yaptığı belirlenmiştir. Bu uyarıcı bileşikler başlıca kinetin, absisik asit, skopoletin, inositol, metionin, sodyum hipoklorit ve etilen içerir (Visser et al., 1984). Fakat canlıda bu bileşiklerin hangisinin etkili olduğu hâlâ belirlenmemiştir. Bu bileşiklerinin sudaki yüksek ve aşırı düşük miktarlarının çimlenme uyarıcı yerine allelokimyasal özellikler gösterdiği tespit edilmiştir (Netzly et al., 1988).

**Havstoryum başlangıcı ve gelişimi:** Kimyasalların farklı bir çeşidinin de parazit bitkilerde, havstoryum başlangıcından sorumlu olduğu bulunmuştur. İlk izole edilen havstoryum

başlatıcı moleküller; *Astragalus gummifer*'den elde edilen ksenognosin A ve B olarak isimlendirilen fenilpropanoidlerdir (Lynn et al., 1981). *Agalinis* sp. tarafından parazitlenen *Lespedeza sericea*'nın köklerinden izole edilen pentasiklik triterpen ise havstoryum başlatıcısı olarak teşhis edilen soyasapoenoldir. Bu molekül fenilpropanoidlerden çok farklı biyosentetik orijinli olup ksenognosinlere göre daha az aktiviteye ve öneme sahiptir. Havstoryum başlatıcıları 10<sup>-8</sup>-10<sup>-10</sup> mol.m<sup>-3</sup> yoğunluk dizilerinin üstünde aktiftirler (Steffens et al., 1986).

Hem çimlenme uyarıcıları hem de havstoryum başlatıcıları, kök parazitlerinde yer ve konukçu seçiminde etkili olduğu düşünülmüştür. Herbivor böceklerde olduğu gibi parazit bitkilerin de tanıma ipuçları olarak konukçu koruyucu bileşiklerini kullanma ihtimalinden söz edilmiştir (Atsatt, 1977). Bu kimyasallar, normalde karşılaşılan yoğunluk üstündeki miktarlarda parazit bitkiler için zehirlidir. Kimyasalların çoğu ya allelopatik ya da biyosentetik olarak fitoaleksinlerle ilişkilidirler (Netzly et al., 1988).

**Havstoryum anatomisi ve morfolojisi:** Olgun bir havstoryum (*Amyema* sp. veya *Lysiana* sp.), parazit ve konukçu arasında güçlü bir aşılınmayı sağlayan, ikinci derecede kalınlaşmış karmaşık bir yapıya sahiptir (Pate, 2001). Batı Avustralya'da bulunan *Oxalophyllanthi* (Labill) R.Br. türündeki trakeit elementleri, havstoryumun iç yüzeyinde yer alan konukçu damarları arasında luminal devamlılık kurar (Kuo and Pate, 1990). Havstoryumu kuşatan parankima dokuları bulunur. Havstoryum fonksiyonlarından kaynaklanan anatomik özelliklerden bir diğeri ise, ikinci derece bir eş dokuya sahip olmasıdır. Bu doku sayesinde havstoryumun çevresel olarak bir genişleme kapasitesine sahiptir (Pate, 2001).

**Havstoryum görevi:** Havstoryum parazit angiospermlere özgü olarak 3 fonksiyona sahiptir; bağlanma/tutunma, nüfuz etme, su ve çözelti alımı. Bununla birlikte, farklı türlerde fonksiyonel, benzerlik, morfolojik ve anatomik olarak görev bakımından çeşitlilik gösterebilirler. Bunu takiben havstoryumun nüfuz etmesi ve bağlanması, kökten parazite su ve besin transferinde öncelikli fonksiyonlarıdır. Konukçu ve parazit arasındaki apoplastik devamlılığın varlığı, yarı parazit havstoryumlarının çözelti transferinde pasif bir rol oynadığı görülmüştür (Raven, 1983). Birkaç türün havstoryumunda yapılan çalışmalar,

mitokondri, ribozom, diktiyozom ve iyi gelişmiş endoplazmik retikulum gibi hücre organellerinin yüksek yoğunlukta olmasıyla parankimanın varlığını ortaya koymuştur (Kuo et al., 1989). Bu hücreler *Striga* sp.'de olduğu gibi ya havstoryumla ya da *Ola*x ve *Viscum* türlerinde olduğu gibi havstoryumun iç yüzeyi içindeki ksilem elementleriyle bağlantılıdır (Stewart and Press, 1990). Histokimyasal çalışmalar *Striga hermonthica*'nın havstoryumal hücrelerindeki yüksek enzim aktivitelerinin varlığını göstermiştir. *Striga hermonthica*'nın ksilem öz suyunda bulunan karbonhidratlar, amino asitler ve organik asitler *Sorghum bicolor* konukçusundakilerden farklıdır (Press, 1989). Parazit ksilem öz suyundaki karbonhidrat yoğunlukları konukçudaki yoğunluklarından 5 kat daha fazladır ve temel farklılık konukçu ksileminin öz suyunda bulunmayan mannitoldür. Organik asit kompozisyonunda da farklılıklar vardır. Süpürge darısının öz suyunun ana bileşenleri malat ve sitratdır. Vampir otunda ise sitrat yoktur; fakat süpürge darısı öz suyunda olmayan şikimik asit ise parazit bitkinin öz suyunda bulunur. Bu sonuçlar; kök ksileminden havstoryuma giren azot ve karbonlu bileşiklerin parazit bitkinin sürgününe girmeden önce havstoryum hücreleri içinde aktif olarak metabolizma faaliyetlerine katıldığını gösterir. Konukçu ve parazit bitki öz suyunun metabolit kompozisyonundaki farklılıklar, kök yarı parazitleri ve ökse otlarının diğer türleri için de aynı olduğu bulunmuştur. Çözelti transferinin düzenlenmesiyle ilişkili biyokimyasal fonksiyonlarını özelleştiren havstoryum hücrelerinin parazit bitkilerin beslenmesinde aktif metabolik bir rol oynadığını göstermiştir (Stewart and Press, 1990).

#### **Parazit bitkilerde büyüme düzenleyicileri:**

Parazit bitkiler, konağın ksileminden ve bazı durumlarda ise konukçunun floeminden faydalanır. Böylece konukçu içinde taşınan büyüme düzenleyicilere ulaşmış olurlar. Kusküt ve ökse otları gibi gövde parazitleri kök sistemlerinden yoksundurlar ve belirli bazı bitki büyüme düzenleyicilerinin sentezini gerçekleştirmek için konukçularına bağımlıdır. Rafflesiaceae'nin endofitik türleri çiçek ve konukçuya doğru çatallaşan vejetatif yapılarını bünyesinde bulundurlar. Bu gibi türlerde, büyüme ve çoğalma tepkileri konukçu bitkinin büyüme düzenleyicileri tarafından yönetilir (Stewart and Press, 1990). Günümüzde, bitki büyüme düzenleyicilerini sentezleme kapasiteleri için yüksek derece özelleşmiş parazit bitkiler için yeterli bilgi mevcut değildir.

Okonkwo (1987) parazit bitkinin eksojen büyüme düzenleyicileri için gerekli olmayan mineral tuzlar ve karbon kaynaklarıyla beraber yetiştirildiğinde *Striga hermonthica*'nın gelişim ve morfolojisinin normal olduğu, aksine *Striga asiatica*'nın normal tohum gelişimini gerçekleştirmesi için sitokin ve öksin ilavesine gerek duyduğunu belirtmiştir. Günümüzde, zorunlu parazitlerin bitki büyüme düzenleyicileri için konukçularına bağımlı olduğunun net bir kanıtı yoktur. Fakat farklı bir durum, dış morfolojisi bakımından konukçularına benzeyen Avustralya'daki bazı ökse otlarının yapraklarında görülür. Barlow ve Wiens (1997) konukçuya olan bu benzerliğin, parazit bitkinin herbivorlara karşı korunmasını sağladığını bildirmiştir. Atsatt (1977) bu benzerlikte, konukçu sitokininin bir rol oynadığını düşünmüş fakat konukçu ve parazit arasındaki bu benzerliğin önemli sebeplerinin ne olduğu net olarak bilinmemektedir. Onun hipotezi, konukçu ksilemindeki bitki büyüme düzenleyicilerin kompozisyonuyla parazit bitkinin yaprağındaki bitki büyüme düzenleyicilerin yoğunluklarının birbirine yakın olduğudur. Böylece ökse otu yapraklarında meydana gelen hücre bölünmeleri (büyüme) üzerinde etkili olduğunu düşünmüştür. Ökse otunun ksilem öz suyunda bulunan sitokinlerin analizi ile yine benzer türlerin öz suyundaki sitokinlerin tip ve miktarları incelendiğinde konukçularıyla arasında yakın bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur. Fakat *Amyema* sp.'nin canlı dışı kültür deneyleri incelendiğinde yaprak filizi şekillerinin doğadaki türleriyle benzer olduğu görülmüştür. *A. cambagei*'nin canlı dışında kültüre edilmiş filizleri ise *Casuarina cunninghamiana* konukçusunun yapraklarına (dar iğne benzeri yapraklar) şaşırtıcı bir benzerlik gösterdiği görülmüştür (Stewart and Press, 1990).

#### **SONUÇ**

Sonuç olarak parazit çiçekli bitkiler, angiospermlerin küçük bir grubunu oluşturmasına rağmen sahip oldukları farklı özelliklerden dolayı her zaman ilgi çekici olmuşlardır. Tarım zararlısı türlerinin yanı sıra bazı türleri insanoğlu tarafından çeşitli amaçlarla kullanılmakta; bunların başında dekorasyon, kozmetik ve hayvan yemi olarak kullanılması gelmektedir. En çok dikkat çeken özellikleri ise diğer çiçekli bitkilerden oldukça farklı olan fizyolojik ve biyokimyasal süreçlere sahip olmasıdır. Halen bir parazit bitkinin gelişimi özellikle konukçu seçimi

ve konukçu parazit arasındaki ilişkiler tam olarak açıklanamamıştır. Bu ilişkilerin sağlanması için konukçu ve parazit tarafından salınan sinyal moleküller halen araştırılmakta, konukçu parazit devamlılığının nasıl sağlandığı belirlenmeye çalışılmaktadır. Parazit çiçekli bitkiler için genel bir morfolojik tanım yapılamamış, yaşamış oldukları bölgelere göre oldukça farklı görünümlere sahip oldukları görülmüştür. Bu nedenle yapılan gruplandırma çalışmaları özellikle konukçuya bağımlılık derecelerine göre yapılmıştır.

### KAYNAKLAR

- Atsatt, P.R., 1977. The insect herbivore as a predictive model in parasitic seed plant biology. *American Naturalist*, 111:579-586.
- Barlow, B.A., Wiens, D., 1977. Host-parasite resemblance in Australian mistletoes: the case for cryptic mimicry. *Evolution* 31: 69-84.
- Bidartondo, M.I., 2005. The evolutionary ecology of myco-heterotrophy. *New Phytologist*, 167: 335-352.
- Bjorkmann, E., 1960. *Monotropa hypopitys* L., an epiparasite on tree roots. *Physiologia Plantarum*, 13:308-327.
- Bouwmeester, H.J., Matusova, R., Zhongkui, S., Beale, M.H., 2003. Secondary metabolite signalling in host-parasitic plant interactions. *Current Opinion in Plant Biology*, 6: 358-364.
- De Laubenfels, D.J., 1972. Flore de la Nouvelle Calédonie et Dependances. No. 4. gymnospermes. Muséum national d'histoire naturelle, Paris.
- Furman, T.E., Trappe, J.M., 1971. Phylogeny and ecology of mycotrophic achlorophyllous angiosperms. *Quarterly Review Biology*, 46: 219-225.
- Hull, R.J., Leonard, O.A., 1964. Physiological aspects of parasitism in mistletoes (*Arceuthobium* and *Phoradendron*). 2. The photosynthetic capacity of mistletoes. *Plant Physiology*, 39: 1008-1017.
- Köpke, E., Musselman, L.J., De Laubenfels, D.J., 1981. Studies on the anatomy of *Parasitaxus ustus* and its root connections. *Phytomorphology*, 31:85-92.
- Kuijt, J., 1963. On the ecology and parasitism of the Costa Rican tree mistletoe, *Gaiadendron punctatum* (Ruiz and Pavón) G. Don. *Canadian Journal of Botany*, 41: 927-938.
- Kuijt, J., 1969. *The Biology of Parasitic Flowering Plants*. University of California Press, Berkeley, CA.
- Kuo, J., Pate, J.S., 1990. Anatomy and ultrastructure of haustoria in selected West Australian parasitic angiosperms. In: *Proceedings of the XIIth International Congress for Electron Microscopy*. San Francisco Press, San Francisco, pp 690-691.
- Kuo, J., Pate, J.S., Davidson, N.J., 1989. Ultrastructure of the haustorial interface and apoplastic continuum between host and the root hemi-parasites *Oxalophyllanthi* (Labill.) R. Br. (Oxalaceae). *Protoplasma*, 150:27-39.
- Lynn, D.G., Steffens, J.C., Kamut, V.S., Graden, D.W., Shabonowitz, J., Riopel, J.L., 1981. Isolation and characterization of the first host recognition substances for parasitic angiosperms. *Journal of the American Cytological Society*, 103:1868-1870.
- Machado, M.A., Zetsche, K., 1990. A structural, functional and molecular analysis of plastids of the tapeworms *Cuscuta reflexa* and *Cuscuta europaea*. *Planta*, 181: 91-96.
- Main, A., 1947. Artificial propagation of *Nuytsia floribunda*. *Western Australian Naturalist*, 1: 25-31.
- Mann, W.F.J., Musselman, L.J., 1981. Autotrophic growth of southern root parasites. *American Midland Naturalist*, 106: 203-205.
- McGraw, H., 2008. *Yearbook of Science & Technology*. 251-253.
- Menzies, B.P., Mckee, H.S., 1959. Root parasitism in *Atkinsonia ligustrina* (A. Cunn. ex F. Muell.) F. Muell. *Linnean Society of New South Wales*, 84: 118-127.
- Netzly, D.H., Riopel, J.L., Ejeta, G., Butler, L.G., 1988. Germination stimulants of witchweed (*Striga asiatica*) from hydrophobic root exudate of sorghum (*Sorghum bicolor*). *Weed Science*, 36:441-446.
- Nickrent, D.L., 2002. Plantas parásitas en el mundo. Capítulo 2, pp. 7-27 In J. A. López-Sáez, P. Catalán and L. Sáez [eds.], *Plantas Parásitas de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Mundi-Prensa Libros, S. A., Madrid.
- Nickrent, D.L., Blarer, A., Qiu, Y.L., Russell, R.V., Anderson, F.E., 2004. Phylogenetic inference in Rafflesiales: the influence of rate heterogeneity and horizontal gene transfer. *BMC Evolutionary Biology*, 4:40 doi:10.1186/1471-2148-4-40.
- Nickrent, D.L., Der, J.P., Anderson, F.E., 2005. Discovery of the photosynthetic relatives of the "Maltese mushroom" *Cynomorium*. *BMC Evolutionary Biology*, 5:38 doi:10.1186/1471-2148-5-38
- Nickrent, D.L., Duff, R., Colwell, A., 1998. Molecular phylogenetic and evolutionary studies of parasitic plants. In: Soltis DE, Soltis PS, Doyle JJ (eds) *Molecular systematics of plants II: DNA sequencing*. Kluwer, Boston, pp 211-241
- Okonkwo, S.N.C., 1987. Developmental studies on witchweeds. *Parasitic weeds in agriculture 1. Striga*. Florida: CRC Press. pp. 63-74.
- Pate, J.S., 2001. Haustoria in action: case studies of nitrogen acquisition by woody xylem-tapping hemi-parasites from their hosts. *Protoplasma*, 215:204-217.
- Pate, J.S., Davidson, N.J., Kuo, J., Milburn, J.A., 1990a. Water relations of the root hemi-parasites *Oxalophyllanthi* (Labill) R. Br. (Oxalaceae) and its multiple hosts. *Oecologia*, 84: 186-193.
- Pate, J.S., Kuo, J., Davidson, N.J., 1990b. Morphology and anatomy of the haustorium of the root hemi-parasites *Oxalophyllanthi* (Oxalaceae), with special reference to the haustorial interface. *Annals of Botany*, 65: 425-436.
- Press, M.C., 1989. Autotrophy and heterotrophy in root hemi-parasites. *Trends in Evolution and Ecology*, 4:258-263.

- Raven, J.A., 1983. Phytophages of ksilem and phloem: a comparison of animal and plant sap-feeders. *Advances Ecological Research*, 13:135-234.
- Sauerborn, J., 1991. The economic importance of the phytoparasites *Orobanche* and *Striga*. In: Ransom, J.K., Musselman, L.J., Worsham, A.D., Parker, C. (Eds.), *Proceedings of the Fifth International Symposium of Parasitic Weeds*. CIMMYT, Nairobi, Kenya, pp. 137-143.
- Steffens, J.C., Lynn, D.G., Riople, J.L., 1986. An haustorial inducer for the root parasite *Agalinis purpurea*. *Phytoparasitology*, 25:2291-2298.
- Stewart, G.R., Press, M.C., 1990. The physiology and biocyaristry of parasitic angiosperms. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, 41:127-151.
- Visser, J.H., Dorr, I., Kollmann, R., 1984. The hyaline body of the root parasite *Alectra orobanchoides* Benth. (Scrophulariaceae) its anatomy, ultrastructure and histocyaristry. *Protoplasma*, 121:146-156.
- Weber, H.C., 1981. Untersuchungen an parasitischen Scrophulariaceen (Rhinanthoideen) in Kulture. I. Keimung und Entwicklungsweise. *Flora*, 171: 23-38.
- Woltz, P., Stockey, R.A., Gondran, M., Cherrier, J.F., 1994. Interspecific parasitism in the gymnosperms: unpublished data on two endemic New Caledonian Podocarpaceae using scanning electron microscopy. *Acta Botanica Gallica*, 141(6/7):731-746.

## Yüksek Organik Madde İçeren Endüstriyel Bir Atıksuyun Fenton Prosesi ile Arıtılabilirliğinin Araştırılması

Gökçe Didar DEĞERMENCİ<sup>1</sup>, Yalçın Kemal BAYHAN<sup>1</sup>, Nejdet DEĞERMENCİ<sup>1</sup>

**ÖZET:** Fenton prosesi gibi ileri oksidasyon prosesleri (İOP) biyolojik olarak ayrışamayan ve toksik madde içeren endüstriyel atıksu arıtımında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, yüksek organik madde içeren endüstriyel bir atıksuyun Fenton prosesi ile arıtılabilirliği araştırılmıştır. Bu tip atıksular yüksek kimyasal oksijen ihtiyaçları (KOİ) nedeniyle önemli çevresel problemlere sebep olabilirler. Fenton oksidasyon prosesi ile KOİ giderim verimini arttırmak amacıyla; Fe<sup>+2</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu ve pH parametrelerinin optimum değerleri araştırılmıştır. Optimizasyon çalışmaları sonucunda pH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve Fe<sup>+2</sup> dozu sırasıyla 4, 10 g L<sup>-1</sup> ve 1.61 g L<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Bu şartlar altında KOİ giderim verimi %88 olarak bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Fenton prosesi, ileri oksidasyon, endüstriyel atık su arıtımı

## Investigation of Treatability of Industrial Wastewater Containing High Organic Matter by Fenton Process

**ABSTRACT:** Advanced oxidation processes (AOPs) such as Fenton process have been used successfully treatment of industrial wastewater containing toxic and non-biodegradable substances. In this study, treatability of an industrial wastewater containing high organic matter has been investigated by fenton process. This type of wastewater contained high chemical oxygen demand (COD) may be caused important environmental problems. Optimal values of parameters such as the concentration of Fe<sup>+2</sup> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pH were investigated to increase the removal of COD of a raw wastewater by Fenton process. The optimum conditions were decided to be: pH 4, the dose of 10 g L<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and 1.61 g L<sup>-1</sup> for Fe<sup>+2</sup>. Under these conditions, COD removal was 88%.

**Keywords:** Fenton process, advanced oxidation, industrial wastewater treatment

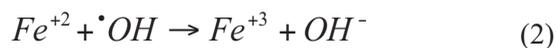
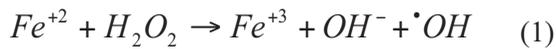
<sup>1</sup> Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Erzurum, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Gökçe Didar DEĞERMENCİ, gokceydidar@hotmail.com

## GİRİŞ

Endüstriyel atıksuların etkin bir arıtımı, günümüzde temel mühendislik araştırmalarını göz önünde bulundurmamız gereken önemli bir sorundur (Metcalf and Eddy, 2002). Doğal çevreyi korumak amacıyla çıkarılan yeni yönergeler ve yasalar, atıksuların arıtımında tehlikeli bileşiklerin deşarj limitlerini giderek düşürmektedir. Etkin bir arıtma için, mühendisler bu düşük limitleri sağlayacak prosesleri geliştirmeli ve uygulamalıdır (Bianco et al., 2011). Biyolojik arıtım, genellikle düşük maliyet ve çevresel etkisinden dolayı tercih edilse de atıksularda bulunan toksik maddeler, yavaş parçalanmış organikler ve yüksek organik madde içeren atıksularda uygulanabilirliğini kısıtlamaktadır. Bu sebeple toksik ve yüksek organik madde içeren atıksuların arıtımında yüksek oksidasyon potansiyeline sahip hidroksil radikalleri üretimine dayanan ileri oksidasyon prosesleri daha fazla tercih edilmektedir. Fenton, ileri oksidasyon prosesi olup toksik ve biyolojik olarak parçalanamayan organik maddelerin gideriminde yada bu maddelerin biyolojik olarak parçalanabilir forma dönüştürülmesinde sıklıkla kullanılan bir prosestir. Çevre dostu, diğer proseslere göre daha basit, düşük maliyet ve oda sıcaklığında uygulanabilir olması bu prosesin avantajlarıdır. Ancak pH ayarlama ve oluşan demir çamurunun ilave bir arıtım prosesine ihtiyaç duyması dezavantajlarıdır (Andreozzi et al., 1999; Neyens and Baeyens, 2003; Mitsika et al., 2013; Bagal and Gogate, 2014).

Fenton oksidasyonu, hidrojen peroksit ve  $Fe^{+2}$  tuzları karışımının doğrudan atıksuya ilave edildiği bir ileri oksidasyon teknolojisidir. Bu karışım hidrojen peroksitin katalitik dekompozisyonu yoluyla hidroksil radikallerinin ortaya çıkmasına ve zararlı organik kirleticilerin daha zararsız forma dönüşmelerine ( $CO_2$ , su ve inorganik tuzlar) yol açar (Gökkuş and Çiner, 2010; Bianco et al., 2011).

Fenton reaksiyonu asidik şartlar altında  $Fe^{+2}$  iyonunun hidrojen peroksit ile reaksiyonuna dayanmakta ve bu reaksiyon sonucu hidroksil radikalleri oluşmaktadır (Eşitlik1-2) (Benatti and Tavares, 2012; Ay ve Kargı, 2010).



Genel olarak bakıldığında Fenton prosesi dört basamaktan oluşmaktadır; bunlar pH ayarlama, oksidasyon reaksiyonları, nötralizasyon işlemi ve son olarak koagülasyon ile çöktürme işlemidir. Bu şekilde organik maddeler iki aşamada oksidasyon ve koagülasyon ile giderilmektedir (Birgül ve Solmaz Akal, 2007).

Bu çalışma kapsamında yüksek KOİ içeren, içerisinde anyonik yüzey aktif madde ve yağ bulunduran endüstriyel bir atıksuyun Fenton oksidasyon prosesi ile KOİ giderim verimini arttırmak amacıyla,  $Fe^{+2}$  konsantrasyonu,  $H_2O_2$  konsantrasyonu ve pH parametrelerin optimum değerleri araştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Fenton Prosesi Deneyleri

Fenton prosesi deneyleri Phipps&Bird marka dijital kontrollü Jar testi düzeneğinde gerçekleştirilmiştir. Bu proseste pH,  $Fe^{+2}$  ve  $H_2O_2$  optimum şartlar belirlenmeye çalışılmıştır. Deneyler, hacmi 500 mL olan beherlere 250 mL hacminde atıksu numuneleri alınarak gerçekleştirilmiştir. Fenton prosesi için uygulanan adımlar sırasıyla aşağıdaki gibi verilmiştir.

- Fenton prosesi düşük pH'larda gerçekleştiğinden dolayı  $H_2SO_4$  ilave edilerek pH ayarlaması yapılmıştır.

- pH'sı ayarlanan numuneye ilk aşamada  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  ikinci aşamada  $H_2O_2$  ilave edilmiştir.

- $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  ve  $H_2O_2$  ilavesinden sonra numuneler Jartest cihazında 150 rpm'de 5 dakika hızlı karıştırma (HK) ve 50 rpm'de 55 dakika yavaş karıştırma (YK) uygulanmıştır.

- Reaksiyonların tamamlanması için 2 saat bekletildikten sonra numunenin üst fazı alınarak pH'sı NaOH ile 7 – 8 aralığına getirilerek 6000 rpm de 5 dakika santrifüjlenmiştir.

- Üst fazdan numune alınarak KOİ ve  $H_2O_2$  analizleri yapılmıştır.

### Analiz Yöntemleri

Deneyde kullanılan atıksuyun pH değerleri WTW marka multiline P4 pH metre ile ölçülmüştür. KOİ ölçümleri Standart Metotlarda verilen yönteme göre belirlenmiştir (APHA et al., 1985). Ortamda kalan

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in KOİ ölçümüne girişim yapıp yapmadığını tespit etmek için tayin edilmesi gerekmektedir. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> analizi spektrofotometrik olarak 351 nm'de absorbans

değerine sahip I<sub>3</sub><sup>-</sup> yöntemine göre yapılmıştır (Klassen et al., 1994). KOİ deneylerinde H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> girişimi olması durumunda, bu girişimi elimine etmek için Eşitlik 3'ten faydalanılmıştır (Talinli and Anderson, 1992).

$$KOİ \text{ (mg/L)} = KOİ_{ölçülen} - a.b \quad (3)$$

Eşitlik 3'te bahsedilen "a" değeri numunede kalan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonunu (mg L<sup>-1</sup>), "b" değeri ise düzeltme faktörü olup 0.25 dir.

Çalışmada kullanılan tüm kimyasallar yüksek saflıkta ve Merck markadır. Deneysel verilerin ifade

edilmesinde kullanılan giderim verimleri Eşitlik 4'te verilen bağıntı yardımı ile hesaplanmıştır.

$$Verim \text{ (\%)} = \frac{C_o - C_s}{C_o} \times 100 \quad (4)$$

Eşitlik 4'te bahsedilen "C<sub>o</sub>" değeri başlangıç KOİ konsantrasyonunu (mg L<sup>-1</sup>), "C<sub>s</sub>" değeri ise fenton prosesi sonrası çıkış KOİ (mg L<sup>-1</sup>) konsantrasyonudur.

#### Atıksu Karakterizasyonu

Bu çalışmada kullanılan yüksek KOİ'li atık su İstanbul'da şampuan ve krem üretimi yapan bir fabrikadan herhangi bir ön arıtıma tabi tutulmadan dengeleme havuzundan temin edilmiştir. Bu atık suya ait karakteristik özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Atık suyun karakteristik özellikleri

Parametreler	Değerler
TKOİ (mg L <sup>-1</sup> )	13200
ÇKOİ (mg L <sup>-1</sup> )	10008
AKM (mg L <sup>-1</sup> )	1900
BOİ (mg L <sup>-1</sup> )	4000
pH	5.6
İletkenlik (µs cm <sup>-1</sup> )	2060
Anyonik Sürfaktan (mg L <sup>-1</sup> )	750
Yağ ve Gres (mg L <sup>-1</sup> )	32

## BULGULAR VE TARTIŞMA

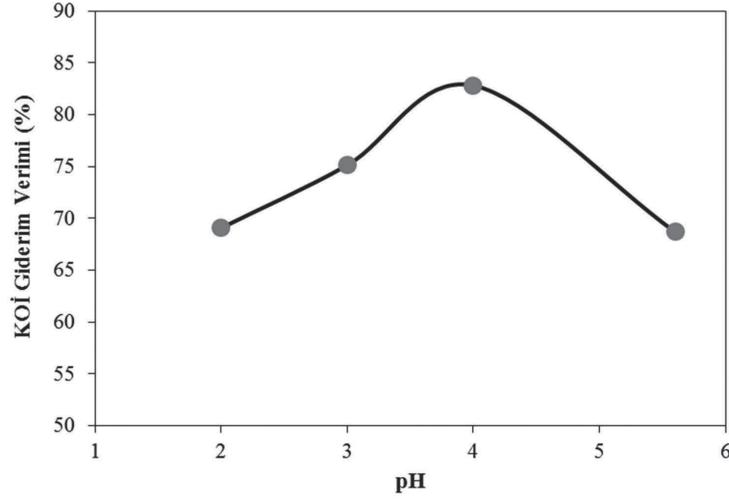
### KOİ giderim verimine pH'ın etkisi

Fenton oksidasyon prosesinde en önemli parametre pH olup 2.5 – 4 gibi dar bir aralıkta değişmektedir. Bu aralığın dışındaki pH değerlerinde daha az ·OH radikali üretildiğinden oksidasyon azalmaktadır.

Optimum pH değer aralığının üzerinde alkalinite tarafından H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin ayrışması, oluşan demir hidroksit komplekslerinin formasyonu ve ·OH radikallerinin süpürülmesi ile oksidasyon yeteneği düşmektedir (Singh and Tang, 2013). Düşük pH'larda ise [Fe<sup>+2</sup>(H<sub>2</sub>O)]<sup>+2</sup> oluşumu meydana geldiğinden daha

az hidroksil radikali üretilmektedir (Gürtekin ve Şekerdağ, 2008).

Fenton oksidasyonu sırasında Fe<sup>+2</sup> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> reaksiyonunun kararlılığı oldukça önemli olup pH'a bağlıdır. Öncelikle optimum pH değerinin belirlenmesi amacıyla pH 2 – 5.6 aralığında, sabit Fe<sup>+2</sup> (1.29 g L<sup>-1</sup>), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (10 g L<sup>-1</sup>) ve sıcaklıkta (T=25°C) fenton prosesi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 1'de verilmiştir. En yüksek KOİ giderim verimi %83 ile pH 4'te elde edilmiştir. Daha düşük ve yüksek pH değerlerinde proses veriminde azalmalar gözlenmiştir. En düşük giderim verimi ise %68 ile atıksuyun kendi pH değeri olan 5.6'da elde edilmiştir.

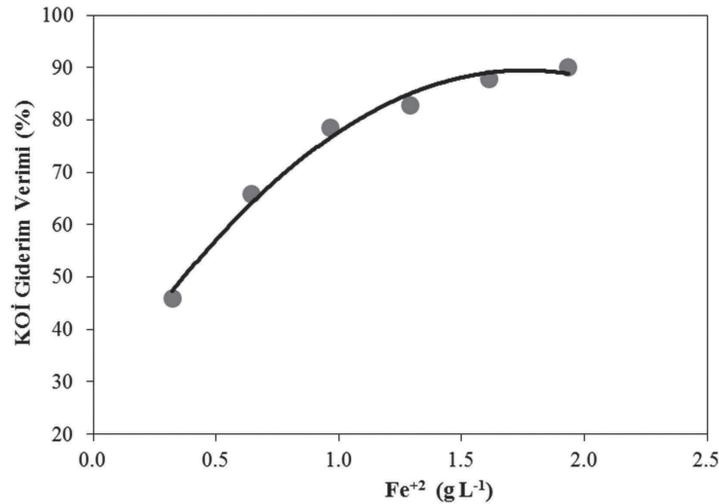


Şekil 1. Başlangıç pH değerinin KOİ giderimine etkisi (KOİ=13200 mg L<sup>-1</sup>)

### KOİ giderim verimine Fe<sup>+2</sup> dozajının etkisi

Fe<sup>+2</sup> iyonunun yokluğunda ortamda  $\cdot\text{OH}$  radikalini üretecek temel faktör bulunmadığından fenton oksidasyonuna dayalı etkin bir giderim gerçekleşmemektedir. Fe<sup>+2</sup> dozajının KOİ giderim verimine olan etkisini belirlemek amacıyla 0.32 ile 1.93 g L<sup>-1</sup> Fe<sup>+2</sup> arasında değişen konsantrasyonlarda, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu 10 g L<sup>-1</sup>, pH 4 ve sıcaklık 25°C sabit tutularak fenton prosesi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir. Deneyler sonucunda KOİ giderim verimi Fe<sup>+2</sup> dozajına bağlı

olarak %46 – 90 arasında değişmekte olup ortamdaki Fe<sup>+2</sup> konsantrasyonu arttıkça giderim verimlerinin de arttığı görülmektedir. Fe<sup>+2</sup> dozajı 1.61 g L<sup>-1</sup> den 1.93 g L<sup>-1</sup> ye çıkarıldığında KOİ giderim verimi %88'den %90 ulaşmıştır. Fakat maliyetin göz önünde bulundurulması halinde Fe<sup>+2</sup> dozajı 1.61 g L<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Fenton oksidasyonu ile yüksek KOİ (99 g L<sup>-1</sup>) içeriğine sahip ilaç sanayi atıksularının arıtımında optimum Fe<sup>+2</sup> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonunu belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, Fe<sup>+2</sup> konsantrasyonu 4 g L<sup>-1</sup> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu 50 g L<sup>-1</sup> de optimum KOİ gideriminin (%75) sağlanacağı bulunmuştur (Keriş, 2008).

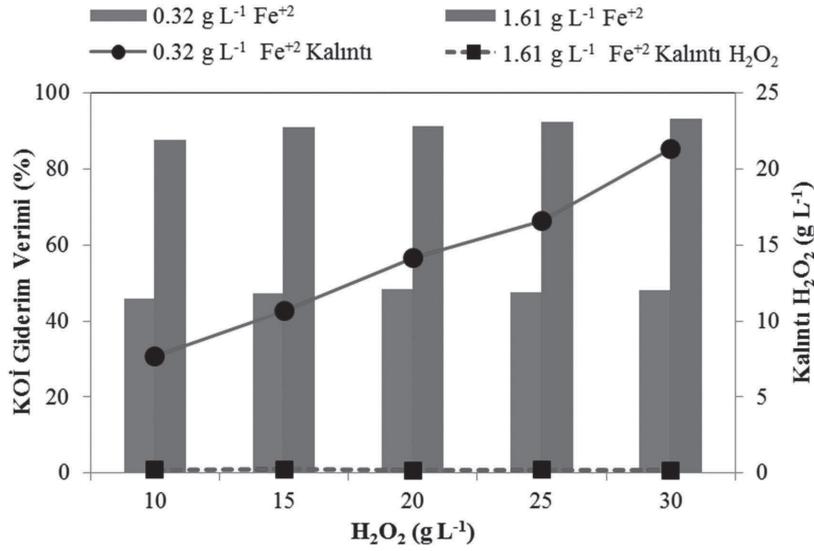


Şekil 2. Farklı Fe<sup>+2</sup> dozajının KOİ giderimine etkisi (KOİ=13200 mg L<sup>-1</sup>, pH=4, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>=10 g L<sup>-1</sup>, T=25°C)

### KOİ giderim verimine H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozajının etkisi

Fenton prosesinde en uygun H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarının belirlenmesi amacıyla farklı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonlarında pH, Fe<sup>+2</sup> konsantrasyonu ve sıcaklık sabit tutularak deneyler yapılmıştır. Literatürde Fenton oksidasyonunda atıksuların ihtiyaç duyduğu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarı KOİ değerlerine göre H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/KOİ oranı 2.12 olarak verilmiştir (Bautista et al., 2007; Altıkat, 2012). 10 – 30 g L<sup>-1</sup> arasında 5 farklı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonunda çalışılmıştır. Bu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonlarında, Fe<sup>+2</sup> konsantrasyonları 0.32 ve 1.61 g L<sup>-1</sup>, pH 4 ve sıcaklıkta 25°C’de sabit tutularak deneyler yapılmıştır. Elde edilen

sonuçlar Şekil 3’te verilmiştir. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarı arttıkça KOİ gideriminde fazla bir artış gözlenmemiştir. Düşük Fe<sup>+2</sup> konsantrasyonunda giderim verimleri %46 ile %48 arasında değişmekte olup kalıntı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu 7.5 g L<sup>-1</sup> den 21.3 g L<sup>-1</sup> ye kadar artış göstermiştir. Yüksek Fe<sup>+2</sup> konsantrasyonunda ise giderim verimleri %88 ile %93 arasında değişmek olup kalıntı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu 0.2 g L<sup>-1</sup> nin altında kalmıştır. Hem düşük hemde yüksek Fe<sup>+2</sup> konsantrasyonlarında giderim verimini arttırmak amacıyla H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonunu arttırmak çok etkili değildir. Bu sebeple optimum H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu olarak 10 g L<sup>-1</sup> seçilmiştir.



Şekil 3. Farklı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dozlarının KOİ giderimine etkisi (KOİ=13200 mg L<sup>-1</sup>, pH=4, Fe<sup>+2</sup>=0.32 ve 1.61 g L<sup>-1</sup>, T=25°C)

### SONUÇLAR

Yüksek KOİ içeren endüstriyel bir atıksuyun Fenton oksidasyonu ile arıtılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada ham atıksuya uygulanan fenton prosesi sonucunda optimum pH, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve Fe<sup>+2</sup> miktarları belirlenmiştir.

Öncelikle optimum pH değerinin belirlenmesi amacıyla pH 2 – 5.6 aralığında, sabit Fe<sup>+2</sup>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve sıcaklıkta fenton prosesi uygulanmıştır. Deneyler sonucunda en yüksek KOİ giderim verimi pH 4’te %83 olarak bulunmuştur.

Fe<sup>+2</sup> dozajının KOİ giderim verimine olan etkisini belirlemek amacıyla farklı Fe<sup>+2</sup> (0.32 – 1.93 g L<sup>-1</sup>) konsantrasyonlarında sabit H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, pH ve sıcaklıkta fenton prosesi uygulanmış olup KOİ giderim verimi

Fe<sup>+2</sup> dozajının artmasına bağlı olarak %46’dan %90’a kadar artmıştır. Fenton prosesinde optimum H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarının belirlenmesi amacıyla 10 – 30 g L<sup>-1</sup> arasında 5 farklı H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonunda çalışılmıştır. Bu H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonlarında yüksek Fe<sup>+2</sup> konsantrasyonunda (1.61 g L<sup>-1</sup>), pH 4’te sıcaklık 25°C’de yapılan deneyler sonucunda giderim verimleri %88 ile %93 arasında değişmektedir.

Fenton oksidasyon prosesi ile KOİ giderim verimini arttırmak amacıyla yapılan bu çalışmada; Fe<sup>+2</sup> konsantrasyonu, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu ve pH parametrelerinin optimum değerleri sırasıyla 1.61 g L<sup>-1</sup>, 10 g L<sup>-1</sup> ve 4 olarak belirlenmiş olup %88 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Fenton oksidasyon prosesinin yüksek KOİ içeren atıksularda uygulanabileceğini göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- Altıkat, A., 2012. Fenollerin ileri oksidasyon prosesleriyle giderimi ve toksisite üzerine etkisinin incelenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Andreozzi, R., Caprio, V., Insola, A., Marotta, R., 1999. Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery. *Catalysis Today*, 53(1): 51-59.
- Anonymus, 1985. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA, Washington DC, USA.
- Ay, F., Kargi, F., 2010. Advanced oxidation of amoxicillin by Fenton's reagent treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 179(1-3): 622-627.
- Bagal, M.V., Gogate, P.R., 2014. Wastewater treatment using hybrid treatment schemes based on cavitation and Fenton chemistry: a review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(1): 1-14.
- Bautista, P., Mohedano, A.F., Gilarranz, M.A., Casas, J.A., Rodriguez, J.J., 2007. Application of Fenton oxidation to cosmetic wastewaters treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 143(1-2): 128-134.
- Benatti, C.T., Tavares, C.R.G., 2012. Organic Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention Environmental and Analytical Update. Puzyn, D.T. (ed), p. 247, In Tech.
- Bianco, B., De Michelis, I., Veglio, F., 2011. Fenton treatment of complex industrial wastewater: Optimization of process conditions by surface response method. *Journal of Hazardous Materials*, 186(2-3): 1733-1738.
- Birgül, A., Solmaz Akal, S.K., 2007. Tekstil Endüstrisi Atıksuları Üzerinde İleri Oksidasyon ve Kimyasal Arıtma Prosesleri Kullanılarak KOİ ve Renk Gideriminin Araştırılması. *Ekoloji*, 15(62): 72-80.
- Gökkuş, Ö., Çiner, F., 2010. Dispers sarı 119 ve dispers Kırmızı 167 içeren atıksuların fenton oksidasyon prosesi ile renk ve KOİ giderimlerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 25(1): 49-55.
- Gürtekin, E., Şekerdağ, N., 2008. Bir İleri Oksidasyon Prosesi: Fenton Proses. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(3): 229-236.
- Keriş, Ü.D., 2008. Yüksek KOİ içeriğine sahip ilaç sanayi atıksularının arıtılabilirlik çalışmaları. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.
- Klassen, N.V., Marchington, D., McGowan, H.C.E., 1994. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Determination by the I<sup>-3</sup> Method and by KMnO<sub>4</sub> Titration. *Analytical Chemistry*, 66(18): 2921-2925.
- Metcalf and Eddy, 2002. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, McGraw-Hill.
- Mitsika, E.E., Christophoridis, C., Fytianos, K., 2013. Fenton and Fenton-like oxidation of pesticide acetamiprid in water samples: Kinetic study of the degradation and optimization using response surface methodology. *Chemosphere*, 93(9): 1818-1825.
- Neyens, E., Baeyens, J., 2003. A review of classic Fenton's peroxidation as an advanced oxidation technique. *Journal of Hazardous Materials*, 98(1-3): 33-50.
- Singh, S.K., Tang, W.Z., 2013. Statistical analysis of optimum Fenton oxidation conditions for landfill leachate treatment. *Waste Management*, 33(1): 81-88.
- Talinli, İ., Anderson, G.K., 1992. Interference of hydrogen peroxide on the standart COD test. *Water Research*, 26(1): 107-110.

## Kefirli Sağlık

Pınar KARATEPE<sup>1</sup>, Halil YALÇIN<sup>2</sup>

**ÖZET:** İnsanların gıdalardan şifa bulma umutları tarih boyunca süregelmiştir. Bu gıdaların çoğunluğu bitkiler olmakla beraber kefir gibi bazı ürünlerde insan eliyle şekillendirilmiştir. Kefir; kefir taneleri veya kefir kültürleri kullanılarak elde edilen fermente bir süt ürünüdür. Kefirin polisakkarit yapısı içerisinde bir çok faydalı mikroorganizma bulunmaktadır. Kefir Rusya’da uzun yıllar hastalıkların kontrolü ve tedavisi için kullanılmıştır. Bugün dünyanın bir çok yerinde kefirin tedavi edici etkisi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Epidemiyolojik çalışmalar beslenme ile hastalıklar arasında ilişki olduğunu göstermiştir. Kefir ilaveli diyetler kullanılarak yapılan çalışmalarda antikanserojenik, antibakteriyel, immunolojik, hipokolesterolemik, gastrointestinal ve metabolik faydalar görüldüğü belirtilmiştir. Bu derlemede kefirin insan sağlığı üzerine etkisi ile ilgili çalışmalar incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kefir, sağlık, diyet, beslenme, süt ürünü

## Health with Kefir

**ABSTRACT:** The expectations of people to find health in nutrition have continued along the history. While most of those nutritions are vegetables, some products such as kefir have been shaped in hands of human. Kefir is a fermented milk product which is prepared by using kefir grains and kefir cultures. There are many beneficial micro-organisms in polysaccharide structure of kefir. Kefir has been used in Russia for control and treatment of diseases for many years. Today, many studies are conducted in many points of world about the therapeutic effect of kefir. The epidemiological studies showed that there is a relationship between diet and diseases. In studies which have were conducted by using kefir-added diets, it was reported that there were anti-carcinogenic, anti-bacterial, immunologic, hypocholesterolemik, gastrointestinal and metabolic benefits. The studies about the effects of kefir on human health were evaluated within this review.

**Keywords:** Kefir, health, diet, nutrition, dairy products

<sup>1</sup> Bingöl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, BİNGÖL, Türkiye

<sup>2</sup> Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, BURDUR, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Halil YALÇIN, halilyalcin@yahoo.com

## GİRİŞ

Kefir; Kafkasya orijinli olup, inek, koyun, keçi ve kısrak sütüne, karnabahar benzeri kefir granülleri ilave edilerek elde edilen, ferahlık veren fermente bir süt ürünüdür (Anonim, 2010; Karatepe ve ark., 2012). Kefir granüllerinin etrafı bakteri ve mayalardan oluşan polisakkarit matriks ile çevrilidir. Bu matrikste bulunan laktik asit bakterileri (LAB) ve mayaların sütü fermente etmeleri sonucu laktik asit, CO<sub>2</sub>, az miktarda alkol ve aromatik moleküller oluşur. Oluşan bu moleküllerin hepsi kefirin kendine ait duyuşal karakterlerinin şekillenmesine katkı sağlar (Anonim, 2010). Fermentasyon sonrasında granüller tekrar kendini iyileştirerek bir sonraki süt için kullanılırlar. Sütün fermentasyonu sonucu oluşan bu ürün rahatlatıcı tarzda, düz tekstüre sahip, krema kıvamında, orta derecede asidik ve hafif maya aromasına sahiptir. Meyve ekleyerek tüketilebildiği gibi soslara, çorbalara ve keklere ilave edilip pişirilerek de tüketilebilir. Fermente gıdaların toplam ekonomik değerinin yaklaşık %20'sini fermente süt ürünleri oluşturmasına rağmen kefirin dünyadaki üretim miktarı hakkında kesin veriler yoktur. Uzun zamandan beri Kafkasya'da bilinmekte ve yöre halkı tarafından geleneksel olarak üretilip tüketilmektedir (Alptekin ve ark., 2004).

Kefirin bileşiminde % 1 kadar süt asidi ve % 0.5-2.0 düzeyinde etil alkol bulunmaktadır (Marshall and Cole, 1985). Kefirin duyuşal niteliklerini, içerdiği laktik asit, oksalik asit, a-ketoglutarik asit ve bazı uçucu yağ asitlerinin yanı sıra, az miktardaki CO<sub>2</sub>, alkol ve laktik asit bakterileri ile mayaların oluşturduğu fermentasyon sonucu açığa çıkan diğer bazı aromatik bileşikler (asetaldehit ve aseton) belirlemektedir (Güzel ve ark., 2000). Kefirin keskin asit tadı ve mayamsı lezzeti mayaların ürettiği CO<sub>2</sub>'den kaynaklanmaktadır (Duitschaever et al., 1987). Kefir üzerine ilk bilimsel çalışmalar 19. yüzyılın sonunda Rusya'da yapılmıştır. Tıp doktorları o zaman pratik bir ilaç olarak kefir bağırsak ve mide rahatsızlıkları olan hastalara tedavi amacıyla vermişlerdir (Karatepe ve ark., 2012). Kafkasya'da, deri tulumlar ya da meşeden yapılmış fiçiler içinde üretilen kefirin besleyici değeri ve fizyolojik özelliklerinin anlaşılmasından sonra, 19. yüzyılın sonlarına doğru Doğu ve Orta Avrupa ülkelerinde de üretilmeye başlandığı belirtilmektedir (Alptekin ve ark., 2004). Bu derleme ile, kefir üzerine çalışma yapan araştırmacıların yanı sıra diyetisyen, tıp hekimleri, sağlık çalışanları ve vatandaşların faydalanabileceği bilgiler konu ile ilgili yapılan son çalışmalar incelenerek bir araya getirilmiştir.

## Kefirin Özellikleri

İyi bir kefir akıcı kıvamda, homojen ve parlak görünümde olmalıdır. Topaklı yapı kusur sayılır. Kefir içildiği zaman hafif maya tat ve aroması hissedilmeli, serinletici bir his vermelidir. Muhafaza sırasında kefirde asitlik, CO<sub>2</sub> ve alkol miktarı artar. Bu nedenle kefir; tatlı kefir, orta sert kefir, sert kefir ve çok sert kefir olarak sınıflandırılır (Özdemir, 2005). Kefirin lezzeti ve içeriği, kullanılan sütün kaynağı (inek, koyun, keçi, kısrak) sütün yağ miktarı (yağlı, az yağlı, yağsız), kullanılan granül veya starterin kompozisyonu ve uygulanan üretim tekniğine bağlı olarak büyük değişiklikler gösterir (Zourari and Anifantakis, 1988).

Kefir bir kaç farklı süt türünden yapılabilir. (inek, keçi, koyun, deve, bufalo gibi) pH'sı yaklaşık 4.0 civarındadır. 4.2 ile 4.6 arasında değişiklik gösterir (Odet, 1995). Kefirin tadı; laktik asit, formik, süksinik, asetik ve propiyonik asit, asetaldehit, etanol, aseton, diasetilden kaynaklanmaktadır. Kefir, maya metabolizması ve az miktarda da heterofermentatif LAB'nin katılımıyla açığa çıkan % 0.08-0.2 CO<sub>2</sub>'den dolayı köpüren bir yapıya sahiptir (Cais-Sokolinska et al., 2008). Protein miktarı % 3-3.4 arasındadır. Kefir yararlı bakteri ve mayalara ilave olarak vitamin, mineral ve esansiyel aminoasitleri değişik oranlarda içerir (Zourari and Anifantakis, 1988).

Fermentasyon süresince B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> vitaminleri ve folik asit miktarlarında hafif artış görülür. *Propionibacterium* türlerinin varlığında B<sub>12</sub> miktarında belirgin bir artış olur (Pijanowski, 1971). Sinir sistemi üzerine etkili esansiyel aminoasitlerden biri olan triptofan ile kalsiyum ve magnezyumu bol miktarda bünyesinde bulundurur. Bunlara ilave olarak kefir fosfor yönünden de çok iyi bir kaynaktır (Zourari and Anifantakis, 1988). Fermentasyonun bir sonucu olarak b- galaktosidaz seviyesi arttığı için laktoz seviyesi de yoğurda kıyasla daha düşüktür. Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği (Tebliğ no: 2009/25)'ne göre kefir; en az % 2.7 süt proteini, % 0.6 titrasyon asitliği (laktik asit olarak ağırlıkça), 10<sup>7</sup> spesifik mikroorganizma (kob gr<sup>-1</sup>), 10<sup>4</sup> maya (kob gr<sup>-1</sup>) içermelidir (Anonim, 2009).

## Kefirin Önemi

Kefir, 21. yüzyılın yoğurdu olarak bilinir (Gorski, 1994). Süt içindeki tüm besin maddelerini içermesi ve kefir granüllerinin yapısında bulunan mikroorganizmaların etkisi ile meydana gelen

maddeler sonucunda besleyici değerinin artması ve vücut tarafından daha iyi absorbe edilebilmesi kefirin önemini ortaya koymaktadır (Karagözlü, 2003). Kafkas dağlarında yaşayan ve kefir içen insanların ömürlerinin uzun olduğu bilinmektedir. Bu durum kefirin yüksek derecede protein, mineral ve vitamin içermesinden dolayı sağlığa çok iyi geldiği şeklinde açıklanabilir. Kefir sindirim problemi olanlar için en iyi çarelerden biri olarak görülmektedir. Kolaylıkla sindirilebilen besleyici bir gıda olduğundan çocuklar, infantlar, hamile bayanlar, iyileşme dönemindeki hastalar, yaşlılar, kabızlık ve diğer sindirim problemlerini çeken insanlar için ideal bir içecektir.

Nobel ödüllü araştırmacı Elie Metchnikoff (1908), kefirin salya akışını aktive ettiğini ve intestinal bölgedeki sindirim salgılarını artırdığını bulmuştur. Bu nedenle çoğu abdominal operasyondan sonra kullanılması tavsiye edilir. Kefir maya hücrelerini yıkımladığından dolayı intestinal florada özellikle *Candida* gibi mayalara karşı korunmada yararlıdır. Kefir orta düzeyde laksatif etkiye sahiptir. Bu özelliğinden dolayı Almanya'da ve Asya'nın bir çok bölgesinde kronik konstipasyon vakalarında kullanılmaktadır. Ciddi bir hastalık geçirmiş ve antibiyotik tedavisine maruz kalmış kişilerde intestinal floranın düzelmesi açısından da kefir tüketilmesi tavsiye edilir (Odet, 1995). Fermente süt ürünlerinde L (+) laktik asit insan vücudunda kalıntısız ve hızlı şekilde parçalandığı için çok önemlidir. Kefirde fermentasyon sonucu oluşan laktik asidin % 90'dan fazlasını L (+) laktik asit oluşturmaktadır (Klupsch, 1984). Kefir granüllerini oluşturan mikroorganizmalar; laktik asit ve diğer biyolojik aktif komponentleri oluşturarak (Kaufmann,1997) sütün depolama kapasitesini artırır ve patojenik mikroorganizmaların büyümesini inhibe ederler (Libudzisz and Piatkiewicz, 1990; Takahaski and Kawakami, 2001). Kefirde oluşan asetik asit, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gibi antibakteriyel maddeler ile antibiyotikler *E. coli* ve *Salmonella* spp. gibi patojen bakterileri inhibe etmektedir. Asetik asit bakterileri, bağırsaktaki bakterilere karşı antibakteriyel etki göstermektedir. Çeşitli hastalıklar ya da antibiyotik tedavisi sonucunda bozulan bağırsak florasının yeniden düzenlenmesi amacıyla kefir tüketilmesi tavsiye edilmektedir. Bunun yanında kefir, bağırsakları çalıştırıp temizleyen, dışkının kolayca dışarı atılmasını sağlayan bir özelliğe de sahiptir (Anonim, 2013a).

Klupsch (1984), düzenli olarak günde en az 500 ml 6 ay süreyle tüketildiği zaman kefirin organizma

üzerine stabilize edici, gençleştirici bir etkiye sahip olduğunu; yaşlıların sağlığı üzerine çok yararlı etki yaptığını bildirmiştir. Ayrıca karaciğer, safra, böbrek, kan dolaşımı, kalp faaliyeti, metabolizma, beyinde kan dolaşımı üzerine olumlu etki yaptığı, kireçlenmeyi önlediğini belirten bilgilerin bulunduğunu açıklamıştır. Bazı bilim adamları kefiri 80 yaşın üzerinde yaşamın anahtarı olarak görmektedirler (Anonim, 2013b).

## KEFİRİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Kefir; antibakteriyel (Zacconi et al., 1995), immunolojik (Furukawa et al., 1990), antitümöral (Furukawa et al., 1991) ve hipokolesterolemik etkisinden (Tamai et al., 1996) dolayı çok yararlıdır. Ayrıca dünyanın bir çok bölgesinde tüberküloz, kanser ve gastrointestinal rahatsızlıklarda destek tedavi amaçlı olarak geniş çapta kullanılmaktadır (Çevikbaş ve ark., 1994). Eski Sovyetler Birliğinde kefir, hastanelerde ve sanatoryalarda metabolik bozukluklar, arterosklerozis ve alerjik hastalıklar gibi çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmıştır (Koroleva, 1998). Kefirin mide ve pankreas gibi bazı organların salgılarını artırdığı gibi sinirsel rahatsızlıklara, iştahsızlığa ve uykusuzluğa karşı iyi geldiği de bilinmektedir (Zacconi et al., 1995; Hosono et al., 1998; Osada et al., 1994). Kefir içerdiği esansiyel amino asitlerden triptofan yanında Ca ve Mg minerallerinden de zengin olması sinir sistemini rahatlatmasında etkili rol oynar (Anonim, 2013c). Düzenli olarak günde yarım litre tüketiminin metabolizma üzerinde stabilize edici etkisinin yanında karaciğer; safra, böbrek fonksiyonları ve kan dolaşımı üzerine olumlu etkiler gösterdiği belirtilmiştir (Zacconi et al., 1995; Hosono et al., 1998; Osada et al., 1994). Kefir yüksek oranda orotik asit içerir. Bu organik asit; kolesterolün biosentezini engellemede, karaciğeri korumada, nükleik asitlerin sentezinde ve proteinlerden yararlanmada büyük öneme sahiptir. Kefirin içilmesiyle kanda yüksek oranda orotik asit saptanması kefirin bağırsaklardan çok iyi emildiğine bir kanıttır.

Kefir (Furukawa et al., 1990; Furukawa et al., 1991; Çevikbaş ve ark., 1994) ve kefir granüllerinin (Shiomi et al., 1982) antikarsinogenik etkisinin olduğu ortaya konulmuştur. Kefirin immun sistemi sitümüle edici de etkisi vardır (Furukawa et al., 1991). Kefir, Gram pozitif (Zacconi et al., 1995) ve Gram negatif bakteriler ile bazı mantar (Çevikbaş ve ark., 1994) çeşitlerine karşı antimikrobiyel etkiye sahiptir. Zacconi ve arkadaşları (Zacconi et al., 1995) kefirin yapısında bulunan

mikrofloranın canlılığı ve karmaşıklığının katkısıyla kefirin *Salmonella kedougou*'ya karşı antagonistik etkisi olduğunu ortaya koymuşlardır (Anonim, 2010). Kefir granüllerinde bulunan mikroorganizmalar laktik asit, antibiyotik ve bakteriyosin üreterek bozulmaya neden olan ve patojen mikroorganizmaların gelişmesini önlerler. Bunlara ilave olarak kefiranın (granülleri saran polisakkarit matriks) kendi başına antimikrobiyel, antimikotik ve antitümöral özelliği olduğu konusunda raporlar da sunulmuştur (Liu and Lin, 2000; Micheli et al., 1999). Ülkemizde de kefirin tedavi edici özelliği üzerine yapılan bir araştırma sonucunda 25-65 yaşları arasında 100 kişide 6-9 aylık kullanım sonucunda bağırsak bozukluklarında % 100, uykusuzlukta % 60-70, sinirsel depresyonlarda % 50-80, yüksek tansiyonda % 30-50 oranında düzelme saptanmıştır. Kefir kullananların % 70'inin kullandıkları diğer ilaçları bıraktıkları açıklanmıştır (Anonim,2011).

**Antimikrobiyel etki:** Kefirde oluşan laktik asit, asetik asit, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gibi antibakteriyel maddeler *E.coli*, *Salmonella* spp. gibi patojen bakteriler üzerine negatif etkilidir. Laktik asidin ortam pH'sını düşürerek diğer bakterilerin gelişmesi için uygun olmayan ortam, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in bağırsak patojenlerine karşı antagonistik etki yarattığı ve asetik asidin de antibakteriyel etki gösterebildiği belirtilmiştir (Shahani and Chandan,1979). Kefirin, *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus* ve *E.coli* gibi patojen bakterilere karşı antibakteriyel bunun yanında antiinflamatuvar etkiye de sahip olduğu belirtilmiştir (Anonim, 2013d). Kefirin bu iki özelliğinden yararlanılarak, tek veya birden fazla organizmayla enfekte olmuş hastaları iyileştirmek için kefir kullanımı alternatif bir yöntem olarak önerilebilir. Kefir ve kefiranın antimikrobiyel ve sikatrizan etkisini ölçmek için yapılan bir çalışmada agar difüzyon metodu kullanılarak birkaç bakteri türü ve *Candida albicans* üzerine etkisi test edilmiştir. Hem kefir hemde kefiranın test edilen tüm mikroorganizmalara karşı etkili olduğu ama en yüksek etkinin *Streptococcus pyogenes* üzerinde olduğu görülmüştür. % 70'lik kefir jeli kullanılarak yapılan sikatrizan denemelerinde deri konnektif dokuda koruyucu etkisinin olduğu ve 5 mg kg<sup>-1</sup> neomycin-clostebol emülsiyon ile kombine edilerek kullanıldığında 7 gün içinde yaranın iyileştiği sonucuna varılmıştır (Rodrigues et al., 2005).

Garrote ve arkadaşlarının, yaptıkları çalışmada süt ve MRS broth'un, kefir granülleri ile fermentasyonu sağlanmış ve yapılan testlerde *E. coli*'ye karşı inhibitör etkisi saptanmıştır. Bu etkiye fermentasyon

sonucu açığa çıkan laktik asit ve asetik asidin neden olduğu bildirmektedirler (Garrote et al., 2000). Kefir antibakteriyel aktivitesini daha çok Gram-pozitif koklar, *Staphylococcus* ve Gram-pozitif basillere karşı göstermektedir. Kefir daneleri kefire göre daha yüksek bir antibakteriyel aktivite gösterir. Aynı zamanda kefir *Candida*, *Saccharomyces*, *Rhodotorula*, *Torulopsis*, *Microsporum* ve *Trichopyton* türlerine karşı antifungal aktiviteye sahiptir. Elde edilen sonuçlar kefirin antibakteriyel, antifungal ve antineoplastik (kansere hücrelerinin hızlı çoğalmasını ve tümörlerin büyümesini önleyen ya da engelleyen) aktivitelere sahip olduğunu göstermiştir (Çevikbaş ve ark., 1994).

**Antikanserojenik etki:** Kefir, mutasyon ve DNA hasarını azaltarak, kanser oluşumuna zemin hazırlayan enzimlerin (β-glukuronidaz, nitroredüktaz, azoredüktaz) aktivitelerini düşürerek, kanser yapan maddeleri (mutajen) etkisizleştirerek, kısa zincirli yağ asitlerinin üretimini artırması ve asiditenin artmasını sağlayarak ve kanserli hücre intiharını (apoptoz) hızlandırarak antikanserojen etki göstermektedir (Anonim,2013b). Kefirden izole edilen spesifik kültürlerin indol, imidazol gibi mutajenik maddeleri bağladığı görülmektedir (Hosono et al., 1998; Osada et al., 1994). Son yıllarda kefirin kanseri kontrol etme etkisi üzerine yapılan çalışmalarda olumlu sonuçlar alındığı bildirilmiştir (Alptekin ve ark., 2004). Kefir ve kefir tanelerinin antikanserojen etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, kefirin içerdiği mikroorganizmaların fekal enzim aktivitesini büyük ölçüde azaltması sonucunda, özellikle bağırsak kanseri riskini azatlığı bildirilmektedir. Kefirin bileşimindeki selenyum; E vitamini, katalaz ve süperoksitdismutaz enzimleri ile birlikte hücreler üzerine antioksidatif etki göstermektedir. Bu da antikanserojenik bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Karagözlü ve Kavas, 2000).

Japonya'da Shiomi ve arkadaşları (Shiomi et al., 1982), kefir granülünden izole ettikleri, suda çözünebilir bir polisakkarit olan KGF-C'yi, saflaştırmışlar ve bunu oral yoldan farelere vermişlerdir. KGF-C'yi deney farelerine içme suyu ile % 0.02-0.1 oranında ya da intraperitoneal olarak günde 0.05-2 mg dozunda vererek Ehrlich carcinoma hücrelerinin gelişmesini % 40-64 oranında ve Sarcoma 180 kanser hücrelerinin gelişmesini de % 20-90 oranında engellemiştir. Başka bir çalışmada suda çözünebilir, kefir danesinden elde edilmiş olan polisakkarit (KGF-C), 5-200 mg kg<sup>-1</sup> oranında gastrik intubasyon ya da % 0.0015 veya % 0.03 oranında içme suyu ile birlikte farelere verildiğinde,

farelerde % 5 picryl chloride duyarlılığın arttığı ve Ehrlich carcinoma hücrelerinin azaldığı görülmüştür. Duyarlılığa cevap ile tümör ağırlığı arasında negatif bir korelasyon olduğu bildirilmiştir (Murofushi et al., 1983). KGF-C oral yoldan alındığında tümör büyümesini geciktirici özellik göstermektedir. Bunun yanında KGF-C'nin, oral yoldan alınmasından sonra gecikmiş tip aşırı duyarlılık (delayed-type hypersensitivity: DTH) üzerine etkisi de farelerde test edilmiştir. KGF-C vücudun DTH tepkisini artırmıştır. Sağlıklı farelerde DTH tepkisi ile anti-tümör aktivitesi arasında önemli bir bağlantı olduğu belirtilmiştir (Zubillaga et al., 2001). Bir başka çalışmada yoğurt ve kefirin antitümöral aktivitesi incelenmiş ve bu amaçla BDF1 kodlu fareler kullanılmıştır. Bu farelere  $7.2 \times 10^5$  düzeyinde Lewis akciğer kanser hücreleri (3LL) sağ koltuk altından deri altına enjekte edilmiştir. Fareler, tümör hücrelerinin inokulasyonundan sonra 1. günden itibaren 9. güne kadar her gün pastörize edilmiş yoğurt ve kefirden oluşan karışım ile beslenmişlerdir (2 g kg<sup>-1</sup> vücut ağırlığı). Tedavi edilmemiş farelere göre oral yoldan kefir alınması % 62 ve polisakkarit Kureha (PSK) alınması da % 46 oranında 3LL'nin gelişimini inhibe etmiştir (Furukawa et al., 1990).

Kefirin antitümöral etkisi üzerine yapılan diğer bir çalışmada ise fusiform kanser hücreleri nakledilmiş farelere intraperitoneal yoldan 20 gün süreyle, günlük 0.5 ml kefir verilmiş ve sonuçta tümör boyutunda önemli küçülme gözlenmiştir. Aynı zamanda kefirin tümörel nekrozun (kangren) ortadan kalkmasında da etkili olduğu saptanmıştır. 0.5 ml kefir ile 20 gün tedavi edildikten sonra, 2 farede tümör hücreleri görülmezken, 5 farede ise tümör boyutlarında küçülme olmuş, 4 farede tümör boyutlarında bir değişiklik gözlenmemiştir. Tedaviden önceki tümör boyutları ortalama  $0.06 \pm 0.05$  cm<sup>3</sup> iken, tedaviden sonraki ortalama değerler  $0.02 \pm 0.02$  cm<sup>3</sup> olarak tespit edilmiş ve tümör boyutlarındaki bu azalma istatistik olarak önemli ( $P < 0.05$ ) bulunmuştur (Çevikbaş ve ark., 1994).

**İmmün sistem üzerine etki:** Bu etki; kefirin lipitlerinden izole edilen sfingomyelin aracılığıyla oluşmaktadır (Osada et al., 1994). Bu invitro ve invivo çalışmalarla ortaya konulmuştur. Kefirde bulunan laktik asit bakterilerinin alınmasından sonra insanlarda ve çeşitli hayvanlarda immün faaliyetler gözlenmiş ve laktik asit bakterilerinin insan ya da hayvan bünyesinde tümörler ya da enfeksiyonlara karşı spesifik olmayan direnci artırdığı ya da spesifik immün reaksiyonları kuvvetlendirici bir etki yaptığı görülmüştür. Laktik asit bakterileri

immün sistem üzerine adjuvant etki göstermektedir. Laktik asit bakterilerinin immün sistemdeki etkisi oral ya da parenteral olarak verilmesinden hemen sonra gözlenebilmektedir (Schiffrin et al., 1995). Oral yoldan alınan laktik asit bakterilerinin insan vücudunda immün sistemin reaksiyonlarını düzenleyici etkisine dair yapılan bir çalışmada (Schiffrin et al., 1995) sağlıklı ve gönüllü insanlardan oluşan iki gruptan birincisine *Lactobasillus acidophilus* suşu La1, diğer gruba ise *Bifidobacterium bifidum* suşu Bb12 içeren fermente süt ürünü 3 hafta süreyle verilmiştir. Çalışma süresince kan örnekleri alınmış ve fermente ürünleri aldıktan hemen sonra lenfosit subsets ya da lökosit fagositik aktivitedeki değişimler saptanmıştır. Lenfosit popülasyonunda bir değişiklik saptanamamıştır. Bunun tersine invitro denemede *Escherichia coli* sp.'nin fagositozu her iki fermente ürünün alınmasında artmıştır. Laktik asit bakterilerinin fekal kolonizasyonu ve 6 hafta süreyle aralıksız olarak fermente ürünlerin verilmesi fagositozu artırmıştır. Aynı zamanda fekal laktobasil ve bifidobakteri sayımları tüketim öncesi değerlerine geri dönmüştür. Savunma sisteminin spesifik olmayan, anti-infektif mekanizmaları spesifik laktik asit bakteri suşlarının alınmasıyla gelişebilir. Bu suşlar belirli yaş gruplarının (doğmuş bebekler ve yaşlılar) immün fonksiyonlarını düzeltmek için besinsel takviye olarak verilebilmektedir (Schiffrin et al., 1995). Thoreux ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada, kefirle beslenen genç farelerin bağırsak bağışıklık sisteminin güçlendiğini, buna karşın yaşlı farelerde herhangi bir gelişmenin olmadığını göstermişlerdir. Bu çalışmada 6 aylık (genç) ve 26 aylık (yaşlı) fareler, 28 gün boyunca standart diyetlerine kefir eklenerek beslenmiş, kontrol grubu olan farelere ise sadece standart diyet verilmiştir. 7. ve 21. günlerde intraduodenal olarak kolera toksini (CT) enjekte edilmiştir. Kefir ile beslenen genç farelerde anti-CT IgA konsantrasyonunun arttığı saptanırken, yaşlılarda ve kontrol grubunda ise herhangi bir değişiklik görülmemiştir (Thoreux and Schmucker, 2001). Bundan başka kefir radyasyonun olumsuz etkilerine karşı organizmayı korumak ve bağışıklık sisteminin onarılmasına yardımcı olmak amacıyla da kullanılmaktadır (Anonim, 2013a).

**Kolesterol düşürücü etkisi:** Kolesterol, hayvanlar alemindeki tüm canlıların hücre duvarında bulunan ve insan metabolizmasında önemli rol oynayan organik bir maddedir. Araştırma sonuçlarına göre, bazı bağırsak bakterilerinin kolesterolü düşürme mekanizmaları şu şekilde açıklanmaktadır. Vücutta sentezlenen

ve gıdalarla alınan kolesterol, safra asitlerine dönüşmektedir. *Lb. acidophilus* gibi bazı bağırsak bakterileri ise oluşan bu safra asitlerini dekonjuge edebilme yeteneğine sahiptir. Dekonjuge olan safra asitleri, lipitlere oranla daha kolay emilir. Bu nedenle de kan kolesterol düzeyinde azalma meydana geldiği belirtilmektedir (Harrison and Peat, 1975). İnsanlarda yapılan *in vivo* testlerde fermente süt ürünlerinin ve bunların kültürlerinin kolesterolü asimile edici etkisi olduğu belirtilmiştir (Alptekin ve ark., 2004). Kefirde bulunan laktik asit bakterilerinden *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Streptococcus lactis* subsp. *diacetylactis*, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Leuconostoc cremoris*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* ve *Lactobacillus helveticus* ve sakarozu fermente edemeyen (invertaz içermeyen) *Saccharomyces cerevisiae* mayasının suşlarından seçilmiş starter ile üretilen fermente sütün, yüksek kolesterol içerikli diyet verilen farelerde serum kolesterol ve karaciğer yağ konsantrasyonlarını düşürücü etkileri belirlenmiştir. Yüksek kolesterol içerikli diyetle bu fermente süt ürününün eklenmesi, farelerde toplam serum kolesterol ve fosfolipit seviyelerini önemli ölçüde düşürmüştür (Tamai et al., 1996).

### **Gastrointestinal Kanal Üzerine Etkileri:**

**Laktoz intolerant kişilerde;** Laktoz, laktaz enzimi ile glikoz ve galaktoza parçalanmaktadır. Fakat etnik orijine bağlı olmakla birlikte, yetişkin insan popülasyonunun % 15-80 arasında değişen oranlarda, bağırsak mukozalarında b-galaktosidaz (laktaz) aktivitesi düşüktür. Bu durumda, laktozun bağırsağın ilerleyen kısımlarına ulaşmasıyla birlikte ozmotik etkiden kaynaklanan ve tolere edilemeyen bazı belirtiler ve rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır. Sindirilmemiş laktozun bakteriyel fermentasyonu ile uçucu bazı bileşikler açığa çıkar. Bunlar organik asitler, CO<sub>2</sub>, metan ve hidrojen olarak sayılabilir. Kefirde bulunan laktoz miktarının süte oranla % 30 daha düşük olması ve b-galaktosidaze enziminin miktarının artması nedeniyle laktoza duyarlı kişiler (laktoz intolerans) tarafından rahatlıkla tüketilebilir. Birçok laboratuvar çalışmasıyla laktobasil içeren fermente süt ürünleri tüketildiğinde laktozun bağırsaklarda hidrolizinin artırılacağı kanıtlanmıştır. Laktoz intolerans kişilerde yapılan bir denemede, kişilere 500

ml düşük yağlı süt verildiğinde karın ağrıları ve ishal semptomları görülürken aynı miktarda yoğurt, kefir ya da asidofilus sütü tüketiminde buna benzer olumsuz herhangi bir belirti görülmemiştir. Bu nedenle fermente süt ürünleri, laktoz intolerant kişiler için formüle edilen dietler içinde yer almalıdır (Zubillaga et al., 2001).

**Patojen bakterilere karşı;** Sürekli içildiğinde kefirle birlikte vücuda alınan yararlı bakteriler, özellikle de laktobasiller bağırsaklara yerleşerek, buradaki mikroflorayı düzeltmekte ve ürettikleri asit bileşiklerle hastalık yapan bakterilerin ortadan kalkmasını sağlamaktadırlar (Anonim, 2013a). Yapılan bir çalışma ile koliform bakterilerin, doğal kefir mikroflorasında bulunan bakteriler tarafından inhibe edildiği gösterilmiştir. *Shigella* ve *Salmonella* spp. gibi patojen bakteriler süte kefir starteriyle birlikte katıldığında, söz konusu patojenlerin gelişemedikleri görülmüştür (Nefedjeva and Sedova, 1975). Kefir ishale yol açan *E.coli* ve *Salmonella* spp. gibi patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyel etkisiyle onların gelişimini önlemekte ve ishale iyi gelmektedir (Bayliss, 2013). Laktik asit bakterileri ve mayaların mikroflorada bulunmalarından dolayı, kefir dış kaynaklı bağırsak mikroorganizmalarına karşı yüksek derecede antibiyotik etki gösterir (Libudzisz and Piatkiewicz, 1990). Yapılan bir çalışmada, kefir mide suyu ile sinerjistik etki göstererek patojenlerin özellikle de *Salmonella Typhimurium*'u 1 saat içerisinde tamamen inhibe ettiği belirtilmiştir (Zubillaga et al., 2001). Günümüzde *E. coli* O157:H7'den kaynaklanan zehirlenmeler ile sıklıkla karşılaşmaktadır. *E. coli* O157:H7 enfeksiyonlarına karşı etkili ve kolay korunma yöntemi yoğurt ve özellikle de kefir tüketilmesi ile bağırsaklarda çok sayıda bifidobakteri ve laktik asit bakterilerinin kolonize olmasını sağlamaktır (Ota, 1999). Ayrıca oral yoldan alınan kefirdeki probiyotik mikroorganizmalar sadece bağırsaklar üzerine etki yapmakla kalmazlar, aynı zamanda bu bakterilerin bazı suşları diğer organlarda meydana gelen bakteriyel, fungal ya da viral enfeksiyonları, vücudun immün sistemini stimüle ederek yavaşlatırlar ya da tamamen engellerler (De Vrese and Schrezenmeir, 2002).

***Helicobacter pylori* enfeksiyonunun tedavisinde;** Taze kefir mide kaslarının çalışmasını ve midenin daha hızlı boşalma fonksiyonunu teşvik edici etkiye sahiptir. *H.pylori*'nin neden olduğu ülserlerin tedavisinde alkali

yapılmış kefir kullanıldığında *H. pylori*'nin üremesinin engellendiği görülmüştür. Bununla birlikte mide asitliğinin düştüğü, ağrı ve sindirim rahatsızlıklarının azaldığı bildirilmektedir (Zubillaga et al., 2001).

## SONUÇ

Kefirin sağlık üzerine etkileri ve çok fazla sayıda farklı tür bakteri ve mayaları barındırmasından dolayı kompleks bir probiyotik olduğu ortadadır. Kefir, antimikrobiyel ve antikanserojenik etkisinin yanısıra değişik beslenme ve büyüme faktörlerini içermesi bakımından her yaşta insan tarafından tüketebilir/tüketilmelidir. Yüksek besin değeri ve sağlık üzerine etkilerinden dolayı prematüre bebeklerin, çocukların, hamilelerin, bakıma muhtaç kişilerin, destek tedaviye ihtiyacı olanların, laktoz intolerans kişilerin ve yaşlıların günlük diyetlerinde kefir tüketmeleri tavsiye edilir. Gelecekte yapılacak çalışmalarla kefirin tedavi edici ve besleyici özellikleri daha çok ortaya konulacaktır. “Sağlıklı bir nesil için, kefir için”.

## KAYNAKLAR

- Alpkent, Z., Demir, M., 2004. Kefir ve kefirin sağlık üzerine etkileri. I. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 23-24 Eylül, Van, Türkiye, 257-262.
- Anonim, 2009. Türk Gıda Kodeksi. Fermente Sütler Tebliği (2009/25). Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı. 16 Şubat 2009 tarih ve 27143 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Anonim, 2010. Danone, Kefir. www.danonevitapole.com (Erişim tarihi 30 Ekim 2010).
- Anonim, 2011. Ayın konusu: Kefir. <http://www.veterinerhekim.net/ayinkonusu/> (Erişim tarihi 04.10.2011).
- Anonim, 2013a. Kefir, Health and wellness. www.kefir.com (Erişim tarihi 30.05.2013).
- Anonim, 2013b. Altıncılıç, Kefir nedir. [http://www.altinkilic.com/kefir\\_nedir.html](http://www.altinkilic.com/kefir_nedir.html) (Erişim tarihi 21.04.2013).
- Anonim, 2013c. Kefir, Nutritional content of kefir. www.kefir.net/nutritional-content-of-kefir/ (Erişim tarihi 22.05.2013).
- Anonim, 2013d. Kefir sağlığınıza kefir. <http://www.dunyagida.com.tr/yazar> (Erişim tarihi 25.06.2013).
- Bayliss, D. 2013. Safe food rapid response network. <http://www.ext.colostate.edu/safefood/> (Erişim tarihi 12.07.2013).
- Cais-Sokolinska, D., Danków, R., Pikul, J., 2008. Physicochemical and sensory characteristics of sheep kefir during storage. ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 7(2): 63-73.
- Çevikbaş, A., Yemni, E., Ezzedenn, F. W., Yardımcı, T., Çevikbaş, U., Stohs, S. J., 1994. Antitumoral, antibacterial and antifungal activities of kefir and kefir grain. Phytotherapy Research, 8: 78-82.
- De Vrese, M., Schrezenmeir, J., 2002. Probiotic and non-intestinal infectious conditions. British Journal of Nutrition, 88(suppl 1): 59-66.
- Duitschaeffer, C. L., Kemp, N., Emmons, D., 1987. Pure culture formulation and procedure for the production of kefir. Milchwissenschaft, 4: 80-82.
- Furukawa, N., Matsuoka, A., Yamanaka, Y., 1990. Effects of orally administered yogurt and kefir on tumor growth in mice. Journal of Japanese Society of Nutrition and Food Science, 43(6): 450-453.
- Furukawa, N., Matsuoka, A., Takahashi, T., Yamanaka, Y., 1991. Effects of fermented milk on the delayed type hypersensitivity response and survival day in mice bearing meth-A. Animal Science and Technology, 62: 579-585.
- Garrote, G. L., Abraham, A. G., De Antoni, G. L., 2000. Inhibitory power of kefir: The role of organic acids. Journal of Food Protection, 63(3): 364-369.
- Gorski, D., 1994. Kefir: 21<sup>st</sup> century yogurt? Dairy Foods, 95 (2): 49.
- Güzel-Seydim, Z. B., Seydim, A. C., Greene, A. K., Bodine, A. B., 2000. Determination of organic acids and volatile flavor substances in kefir during fermentation. Journal of Food Composition and Analysis, 13(1): 35-43.
- Harrison, C., Peat, G., 1975. Serum cholesterol and bowel flora in the new born. American Journal of Clinical Nutrition, 28(12): 1351-1355.
- Hosono, A., Tanabe, T., Otani, H., 1990. Binding properties of lactic acid bacteria isolated from kefir milk with mutagenic amino acid pyrolyzates. Milchwissenschaft, 45: 647-651.
- Karagözlü, C., Kavas, G., 2000. Alkollü fermente süt içecekleri: Kefir ve kıymızın özellikleri ile insan beslenmesindeki önemi. Dünya Gıda, 6(7): 86-93.
- Karagözlü, C., 2003. Kefir probiotic fermented milk product. 50 th Anniversary of The University of Food Technology HIFFI 15 – 17 Oct. 2003 Plovdiv – Bulgaria. Collection of Scientific Works of the HIFFI Plovdiv, 50(2): 404-409.
- Karatepe, P., Yalçın, H., Patır, B., Aydın, I., 2012. Kefir ve kefirin mikrobiyolojisi. Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR, 10(1):1-10. [www.mikrobiyoloji.org/pdf/702120101.pdf](http://www.mikrobiyoloji.org/pdf/702120101.pdf) (Erişim tarihi 05.12.2012).
- Kaufmann, K., 1997. *Kefir rediscovered*. Alive Boks, Burnaby, Canada, pp.54.
- Klupsch, H. J., 1984. Saure milcherzeugnisse, milchmischgetranke und desserts. Gelsenkirchen-Buer : Mann. Deutschland, pp.36-38.
- Koroleva, N. S., 1988. Technology of kefir and kumys. International Dairy Federation Bulletin, 22: 96-100.
- Libudzisz, Z., Piatkiewicz, A., 1990. Kefir production in Poland. Dairy Industries International, 55(7): 31-33.
- Liu, J.R., Lin, C., 2000. Production of kefir from soymilk with or without added glucose, lactose or sucrose. Journal of Food Science, 65(4): 716-719.
- Marshall, V. M., Cole, W. M., 1985. Methods for making kefir and fermented milks based on kefir. Journal of Dairy Research, 52(3): 451-456.

- Micheli, L., Uccelletti, D., Pallesschi, C., Crescenzi, V., 1999. Isolation and characterisation of a ropy lactobacillus strain producing the exopolysaccharide kefiran. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 53(1): 69-74.
- Murofushi, M., Shiomi, M., Aibara, K., 1983. Effect of orally administered polysaccharide from kefir grain on delayed type hypersensitivity and tumor growth in mice. *Japanese Journal of Medical Science and Biology*, 36(19): 49-53.
- Nefedjeva, N. P., Sedova, N. N., 1975. Cultured milk products as a possible medium for multiplication of dysentery bacteria. *Moloch Prom*, 11: 16-19.
- Odet, G., 1995. Fermented milks. *International Dairy Federation Bulletin*, 300: 98-100.
- Osada, K., Nagira, K., Teruya, K., Tachibana, H., Shirahata, S., Murakami, H., 1994. Enhancement of interferon- $\beta$  production with sphingomyelin from fermented milk. *Biotherapy*, 7(2): 115-123.
- Ota, A., 1999. Protection against an infectious disease by Enterohaemorrhagic *E.coli* O157. *Medical Hypotheses*, 53(1): 87-88.
- Özdemir, P., 2005. Kefir, özellikleri ve sağlıkla olan ilişkisi. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Doktora Semineri, Elazığ, Türkiye, 4 s.
- Pijanowski, E., 1971. *Zarys Chemii I Technologii Mleczarstwa*, PWR i L, Warszawa, Vol I.
- Rodrigues, K. L., Caputo, L. R. G., Carvalho, J. C. T., Evangelista, J., Schneedorf, J.M., 2005. Antimicrobial and healing activity of kefir and kefir extract. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 25(5): 404-408.
- Schiffirin, E. J., Rochat, F., Link-Amster, H., Aeschlimann, J. M., Donnet-Hughes, A., 1995. Immunomodulation of human blood cells following the ingestion of lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, 78(3): 491-497.
- Shahani, K.M., Chandan, R.C., 1979. Nutritional and healthful aspects of cultured and culture containing dairy foods. *Journal of Dairy Science*, 62(10): 1685-1694.
- Shiomi, M., Sasaki, K., Murofushi, M., Aibara, K., 1982. Antitumor activity in mice of orally administered polysaccharide from kefir grain. *Japanese Journal of Medical Science and Biology*, 35(2): 75-80.
- Takahaski, F., Kawakami, H., 2001. Antibacterial action of kefir against *E.coli* O157:H7. *Japanese Journal of Food Microbiology*, 16(4): 245-247.
- Tamai, Y., Yoshimitsu, N., Watanabe, Y., Kuwabara, Y., Nagai, S., 1996. Effect of milk fermented with various lactic acid bacteria and a yeast on serum cholesterol level in rats. *Journal of Fermentation Bioengineering*, 81: 181-182.
- Thoreux, K., Schmucker, D.L., 2001. Kefir milk enhances intestinal immunity in young but not old rats. *Journal of Nutrition*, 131(3): 807-812.
- Zacconi, C., Parisi, M.G., Sarra, P.G., Dallavalle, P., Bottazzi, V., 1995. Competitive exclusion of *Salmonella Kedougou* in kefir fed chicks. *Microbiologie, Aliments, Nutrition*, 12: 387-390.
- Zourari, A., Anifantakis, E.M., 1988. Lé Kéfir: Caractères physicochimiques, microbiologiques et nutritionnels, technologie de production (Une Revue). *Le Lait*, 68: 373-392.
- Zubillaga, M., Weill, R., Postaire, E., Golman, C., Caro, R., Boccio, J., 2001. Effect of probiotics and functional food and their use in different diseases. *Nutrition Research*, 21(3): 569-579.

## İnönü Üniversitesi Biyoloji ve Gıda Mühendisliği Bölümü Öğrencilerinde Genetiği Değiştirilmiş Organizma Bilinci ve Bilgi Düzeyi

Zeynep Merve ABACI<sup>2</sup>, Zehra Tuğba ABACI<sup>1</sup>

**ÖZET:** Son yıllarda biyoteknolojik uygulamalar içerisinde en çok tartışılan konular arasında genetik mühendisliği ve bu teknik ile elde edilen genetiği değiştirilmiş organizmalar yer almaktadır. Bu çalışmada üniversite öğrencilerinin genetiği değiştirilmiş organizmalar konusundaki bilincini ve bilgi düzeyini ölçmek amaçlanmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak 22 sorudan oluşan bir anket formu kullanılmıştır. Araştırma evrenini İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği ve Biyoloji bölümü lisans, yüksek lisans ve doktora öğrencilerinden oluşan 158 kişi oluşturmuştur. Öğrencilerin GDO hakkındaki bilgi ve görüşlerine yönelik değerlerin belirlenmesinde frekans (n) ve yüzde (%) değerleri kullanılmıştır. Elde edilen veriler bölüm ve cinsiyet değişkenleri açısından bağımsız gruplar t testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda öğrencilerin genelinde genetiği değiştirilmiş organizmalarla ilgili bilgi eksiklikleri olduğu ve genetik değişime yönelik olumsuz tutum sergiledikleri görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** GDO, biyoteknoloji, bakış açısı



## Genetically Modified Organism Conscious and Information Level in Biology and Food Engineering Students in Inonu University

**ABSTRACT:** Recently, there are genetic engineering and genetically modified organisms obtained by this technique among the most discussed matters within biotechnologically applications. In this study, it was aimed to measure the conscious and information level of university students regarding genetically modified organisms. In the study, questionnaire form consisting of 22 questions was used as data collection tool. The population of the research was consisted of 158 undergraduate, post graduate and doctorate students studying at Food Engineering and Biology Department in İnönü University. The frequency (f) and percentage (%) values were used for determination of information and opinion of students about GMO. The data was analyzed by using the independent group t test for department and sex variables. In conclusion, it is found that students do not have enough knowledge and they have negative attitudes about GMO.

**Keywords:** GMO, biotechnology, perspective

<sup>1</sup> Ardahan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Ardahan, Türkiye

<sup>2</sup> İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Malatya, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Zehra Tuğba ABACI, ztugbaabaci@hotmail.com

## GİRİŞ

Açlıkla mücadele için daha ekonomik ve daha çevreci tarımsal üretim sağladığı öne sürülerek yaygınlaştırılan transgenik (GDO) ürünlerin üretildikleri alanlar gün geçtikçe artan hızla büyümektedir. GDO'lu ürünlerin 1996 yılında ilk defa ticarileşmesinden bu yana üreticiler GDO'lu ürünlerin ekim alanını her yıl en az % 10 artırmaktadırlar (Aslan ve Şengelen, 2010).

Modern biyoteknolojik çalışmaların aşamaları sırasıyla, (i) istenen genlerin bulunması, (ii) karakterize edilmesi, (iii) izolasyonu ve (iv) hedef türe aktarılmasıdır. Canlılara gen aktarımında kullanılan tekniklerin esasını; istenilen geni taşıyan bir DNA parçasının doku içerisindeki hücrelerin kromozomlarına yerleştirilmesi, daha sonra bu hücrelerden transgenik bitki ve hayvanların elde edilmesi oluşturmaktadır (Haspolat, 2012).

Ticari amaçlı genetiği değiştirilmiş organizmaların üretildiği alanlar dört temel grup altında toplanabilir; hastalıklara ve böceklere dayanıklı, herbisitlere toleranslı, ürün kalite ve miktarı yüksek, abiyotik streslere dayanıklı bitki ve hayvanlar üretmektir (Bayraç ve ark., 2007; Çelik ve Balık, 2007; Atsan ve Kaya, 2008). Bunlar dışında ilaç ve aşı yapımında, insan sağlığı açısından önemli olan maddelerin yeterli seviyede üretilmesi amacıyla gıdaların besin değerlerinin artırılmasında da kullanılmaktadır (Lan, 2006). GDO'lar sayesinde tarım alanlarında daha az ilaç ve gübre kullanılarak çevre kirliliğinin azaltılacağı, ürün kalite ve veriminin artırılacağı, önemli ilaç ve aşuların üretimini yapılarak insan sağlığı açısından daha faydalı olunabileceği düşünülmektedir (Uzogara, 2000; Kıyak, 2004). Bununla birlikte GDO'ların zararlı olabileceğine yönelik düşünceler de bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi GDO'ların gen kaçışına neden olarak biyolojik çeşitliliği azaltacağı görüşüdür (Yanaz, 2003; Tüysüzoğlu, 2004). Tarım alanlarında genetiği değiştirilmiş üstün özellikli çeşitlerin yetiştirilmesi sonucunda monokültür tarım uygulanacak ve özellikle toprak yapısında çeşitli sorunlar ortaya çıkacaktır (Zülal, 2003).

GDO'ların insan sağlığı üzerinde de bir takım sorunlar oluşturacağı düşünülmektedir. Transgenik bitkilerin insanlarda alerjik reaksiyonlara neden olduğu kanıtlanmıştır. Bununla birlikte ilerleyen zamanlarda kanser, bağışıklık sistemi bozuklukları gibi sorunlar ortaya çıkarabileceği tahmin edilmektedir (Uzogara, 2000; Yanaz, 2003; Zülal, 2003; Fagan, 2005).

Bu çalışmada İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği ve Biyoloji bölümü lisans ve lisansüstü öğrencilerinin genetiği değiştirilmiş organizmalar hakkındaki bilinci ve bilgi düzeylerinin ölçülmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Anket sorularının hazırlanmasında Demir ve Pala (2007)'nin yaptığı araştırmadan yararlanılmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak 22 sorudan oluşan bir anket formu kullanılmıştır. Araştırma evrenini İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği ve Biyoloji bölümü lisans ve lisansüstü öğrencilerinden oluşan 158 kişi oluşturmuştur. Anket formunun başında yaş, cinsiyet, bölüm gibi kişisel bilgiler, devamında ise 22 soruluk GDO'lar hakkında bilgi ve bilinç düzeylerini ölçmeye yönelik sorular yer almıştır.

Araştırma sonuçları SPSS 15 paket programında değerlendirilmiştir. Öğrencilerin GDO bilgi ve görüşlerine yönelik değerlerin belirlenmesinde frekans (n) ve yüzde (%) değerleri kullanılmıştır. Öğrencilerin GDO sorularına verdikleri cevaplar bölüm ve cinsiyet değişkenleri açısından bağımsız gruplar t testinden yararlanılarak değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki farkın anlamlılık düzeyi belirlenmeye çalışılmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Anket çalışması 18 ile 35 yaş arası, 80'i bayan ve 78'i erkek olmak üzere toplam 158 kişi ile yapılmıştır. Ankete katılan öğrencilerin % 10'u lisansüstü, % 90'ı lisans öğrencilerinden oluşmaktadır. Öğrencilerin % 58.9'u Gıda Mühendisliği, % 41.1'i Biyoloji Bölümünde öğrenim görmektedirler (Çizelge 1).

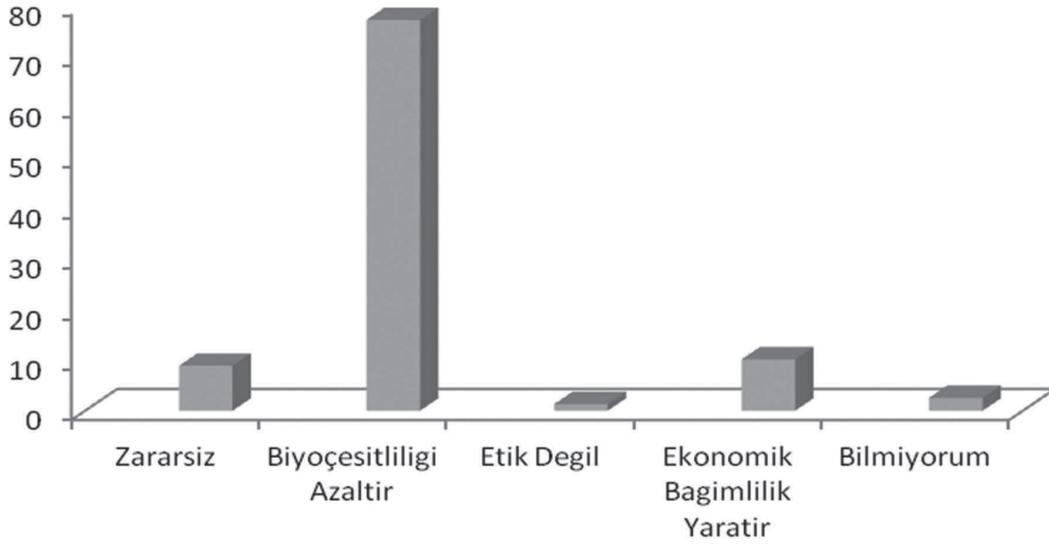
**Çizelge 1.** Ankete katılan öğrencilerin demografik durumları

		n	%
Cinsiyet	Kız	80	50.6
	Erkek	78	49.4
Yaş	18-23	106	67.1
	24-29	30	19
	30-35	22	13.9
Bölüm	Biyoloji	65	41.1
	Gıda M.	93	58.9

“Sizce GDO nedir?” sorusunu öğrencilerin sadece % 11’i doğru cevaplarırken, % 79’u soruyu boş bırakmıştır. Hemen hemen her gün gazete, televizyon ve internet gibi haber kaynaklarında sıklıkla avantaj ve dezavantajlarından bahsedilen GDO teriminin hâlâ üniversite öğrencilerince bilinmemesi veya cevaplama tereddüt edilmiş olması düşündürücüdür. Soru doğru yanlış veya çoktan seçmeli tarzda sorulduğunda doğru cevap oranı daha yüksek bulunmuştur. Öğrencilerin % 77.8’i GDO teriminin transgenik canlı olarak tanımlanabileceğini düşünmektedir. Benzer şekilde genetiği değiştirilmiş organizmalara başka organizmalardan gen aktarıldığını düşünen öğrenciler toplamın % 69’unu oluşturmaktadır (Çizelge 2).

GDO terimini ilk nereden duyduunuz sorusuna öğrencilerin % 62.7’si televizyon, % 21.5’i gazete cevabını vermiş, % 4.4’ü ise terimi ilk defa bu ankette

gördüğünü bildirmiştir. Öğrencilerin % 49.4’ü GDO hakkında yeterince bilgiye sahip olmadığını düşünmekteyken % 38.6 gibi büyük bir kısmı kararsız kalmıştır. Koçak ve ark. (2010), GATA’da okuyan öğrencilerle yaptıkları bir çalışmada GDO konusunda yeterince bilgiye sahip olmadığını düşünen öğrencilerin oranını % 71.9 olarak bulmuştur. Öğrencilerin genetiği değiştirilmiş organizmaların risklerine yönelik düşünceleri Şekil 1’de verilmiştir. Genetik değişimin zararsız olduğunu düşünenler toplamın % 8.9’unu oluşturmaktadır. Benzer şekilde Kaya ve ark. (2012), yaptıkları bir çalışmada, Atatürk Üniversitesi öğrencilerinden ankete katılan öğrencilerin % 37.3’ünün GDO konusunda yeterince bilgiye sahip olmadığını, % 12.2’sinin genetiği değiştirilmiş organizmaların zararsız olduğunu düşündüğünü bildirmişlerdir.



Şekil 1. Öğrencilerin “Genetiği Değiştirilmiş Organizmaların Riskleri Nelerdir?” Sorusuna Cevapları (%)

**Çizelge 2.** Öğrencilerin GDO Anket Sorularına Verdikleri Cevaplar

	Katılıyorum		Katılmıyorum		Kararsızım	
	n	%	n	%	n	%
Bütün canlıların hücreleri DNA içermektedir	126	79.7	31	19.6	1	0.6
GDO'lar transgenik ürünler olarak tanımlanabilirler	123	77.8	7	4.4	28	17.7
Transgenik ürünlere başka organizmalardan gen aktarımı gerçekleştirilmiştir	109	69	4	2.5	45	28.5
GDO hakkında yeterli bilgiye sahibim	19	12	78	49.4	61	38.6
Ürünlerin üzerinde GDO olup olmadığı belirtilmelidir	152	96.2	5	3.2	1	0.6
Türkiye’de GDO üretimi yasaldır	40	25.3	52	32.9	66	41.8
Genetiği değiştirilmiş ürünlerin ülkemize girişi serbesttir	81	51.3	12	7.6	65	41.1
Canlıların genetiğinin değiştirilmesi kanunen düzenlenmelidir	100	63.3	39	24.7	19	12
Meyve ve sebzelerin tat ve görünüşlerini düzeltmek amacıyla yapılan gen değişikliklerine karşı değilim.	25	15.8	118	74.7	15	9.5
Yiyecek üretilmeyen durumlarda (ilaç üretimi vb.) gen değişikliklerinin yapılmasına karşı değilim.	64	40.5	71	44.9	23	14.6
Dünyadaki açlığa çare olacaksa gıdaların genetiğinin değiştirilmesini doğru buluyorum	74	46.8	57	36.1	27	17.1
Genetik yapıları müdahale etmenin ekolojik dengeye zarar vereceğini düşünüyorum	33	20.9	118	74.7	7	4.4
Türkiye’de genetiği değiştirilmiş tohumlarla üretim yapılmasını doğru buluyorum	118	74.7	36	22.8	4	2.5
Genetik yapıları değiştirilmiş ürünlerin üretimini ve satışını engelleyecek bir kanunu desteklerim.	151	95.6	6	3.8	1	0.6

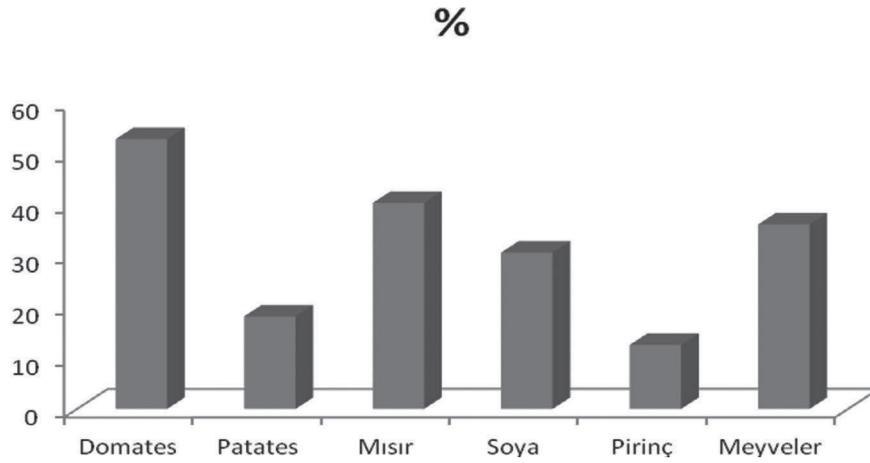
“Genetiği değiştirilmiş organizmaların bildiğiniz bir sağlık riski var mı?” sorusunu öğrencilerin % 54.2’si boş bırakırken, % 25’i kanser ve bağışıklık sistemi sorunlarına, % 13.9’u ise obezite ve hormonal bozukluklara neden olabileceğini belirtmiştir. Öğrencilerin % 96.2’si ürünlerin üzerindeki etiketlerde üründe genetik değişiklik yapıldığının yazılmasının gerekli olduğunu düşünmektedir.

Ürün etiketlerini okuma alışkanlıklarının bayanlarda erkeklerden daha fazla olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Demir ve Pala (2007)’nin, çalışmasında da bayanların ürün etiketlerini okuma alışkanlıklarının erkeklerden fazla olduğu ve öğrencilerin % 70.8’inin tükettiği ürünlerin genetiğinin değiştirilip değiştirilmediğini bilmediği belirtilmiştir. Ergin ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada bu değer % 66.7 olduğunu bildirmişlerdir.

Kaya ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada öğrencilerin % 19.4’ünün GDO’lu ürünlerin açık sorununu çözeceğini, % 19.7’sinin ise Türkiye’nin rekabet gücünü artıracaklarını düşündüğünü bildirmişlerdir.

Çalışmamızda “Meyve ve sebzelerin tat ve görünüşlerini düzeltmek amacıyla yapılan gen değişikliklerine karşı değilim” ifadesine kız öğrencilerin erkek öğrencilere oranla ve Gıda Mühendisliği öğrencilerinin Biyoloji öğrencilerine oranla daha yüksek oranda katıldıkları belirlenmiştir. “Günlük tükettiğim bazı ürünlerin genetiğinin değiştirildiğini tahmin ediyorum” ifadesine erkekler kızlara oranla daha çok katılmıştır (Çizelge 3).

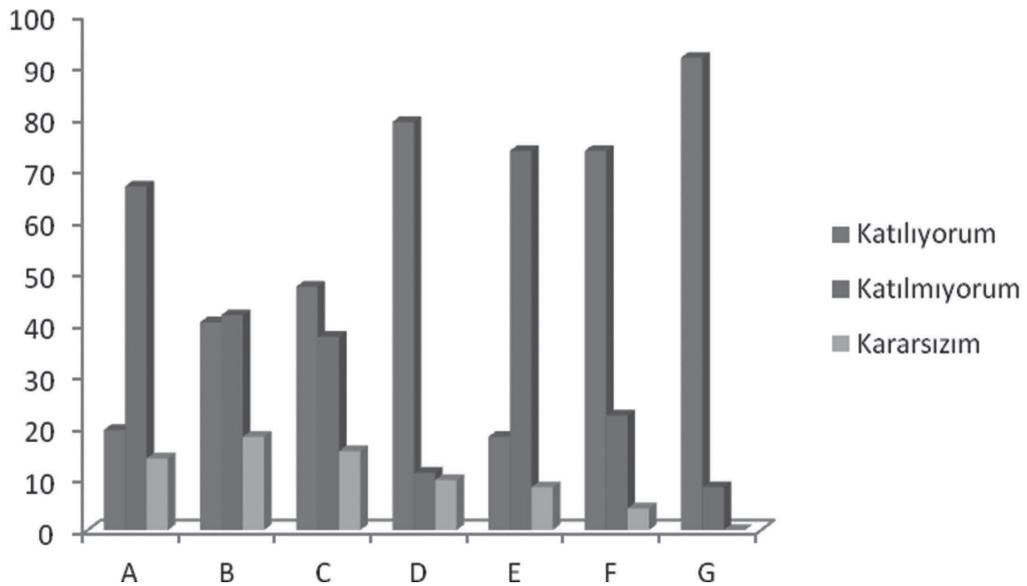
Öğrenciler genetik değişikliğin en fazla domateste yapıldığını düşünmektedirler (Şekil 2).



Şekil 2. Öğrencilerin “Genetik Uygulamalar Hangi Bitkisel Ürünlerde Daha Çok Yapılmaktadır?” Sorusuna Cevapları (%)

2009 yılında ülkemizde tarımsal alanlarda genetiği değiştirilmiş ürün ekimi yasaklanmış, 1 yıl sonra ise bu kanun kaldırılmıştır. Biyogüvenlik Kanununa göre GDO’lu ürünlerin piyasaya sürülmesinden sonra insan, hayvan, bitki sağlığı ile çevre ve biyolojik çeşitlilik üzerinde herhangi bir beklenmeyen etkisinin olup olmadığının denetimi yapılmaktadır (Anonim, 2013). Çalışmada öğrencilerin % 25.3’ü Türkiye’de GDO üretiminin yasal olduğunu düşünürken, %

41.8’i bilmediğini, benzer şekilde % 51.3’ü bu ürünlerin ülkemize girişinin serbest olduğunu, % 41.1’i bilmediğini ifade etmiştir. Canlıların genetiğinin değiştirilmesi konusundaki kanunun düzenlenmesinin gerekli olduğunu düşünen öğrenciler toplamın % 63.3’ünü oluşturmaktadır. % 12’si bu konuda kararsız olduğunu belirtmiştir. Öğrencilerin Genetiği Değiştirilmiş Organizmaların tüketimine yönelik tutumları Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Öğrencilerin Genetiği Değiştirilmiş Organizmaların Tüketimine Yönelik Tutumları (A: Meyve ve sebzelerin tat ve görünüşlerini düzeltmek amacıyla yapılan gen değişikliklerine karşı değilim, B: Yiyecek üretilmeyen durumlarda (ilaç üretimi vb.) gen değişikliklerinin yapılmasına karşı değilim, C: Dünyadaki açlığa çare olacaksa gıdaların genetiğinin değiştirilmesini doğru buluyorum, D: Genetik yapıları müdahale etmenin ekolojik dengeye zarar vereceğini düşünüyorum, E: Türkiye’de genetiği değiştirilmiş tohumlarla üretim yapılmasını doğru buluyorum, F: Genetik yapıları değiştirilmiş ürünlerin üretimini ve satışını engelleyecek bir kanunu desteklerim, G: Genetik yapısı değiştirilmiş organizmalarla ilgili daha çok bilgi sahibi olmayı isterim).

Şekil 3'den de görüldüğü gibi öğrencilerin büyük kısmı genetiği değiştirilmiş ürünlere negatif bakmaktadır. Bayanlar bu konuda erkeklere oranla daha olumsuz bir tutum sergilemiştir. Benzer şekilde Hill ve ark (1998), kadınların GDO'lara, erkeklerden daha şüpheli yaklaştıklarını bildirmişlerdir.

“Dünyadaki açlığa çare olacaksa gıdaların genetiğinin değiştirilmesini doğru buluyorum” ifadesine verilen cevaplarda Gıda Mühendisliği öğrencileri ve Biyoloji Bölümü öğrencileri arasında anlamlı bir fark bulunmuştur. Gıda Mühendisliği öğrencilerinin bu ifadeye daha çok katıldıkları görülmüştür.

**Çizelge 3.** Öğrencilerin; cinsiyet ve bölümlerine göre GDO bilgi düzeyleri arasındaki fark (t Testi)

			x	SS	t	P
CİNSİYET	Günlük tükettiğim bazı ürünlerin genetiğinin değiştirildiğini düşünüyorum	K	1.0250	.63133	327.229	0.000
		E	1.3590	.36701		
	Türkiye’de GDO üretimi yasal mıdır?	K	2.2125	.65010	8.731	0.022
		E	1.9359	.84269		
	Genetiği değiştirilmiş ürünlerin ülkemize girişi serbest midir?	K	2.2125	.65010	5.349	0.046
		E	1.9359	.84269		
	Meyve ve sebzelerin tat ve görünüşlerini düzeltmek amacıyla yapılan gen değişikliklerine karşı değilim.	K	2.7125	.65976	13.261	0.035
		E	2.4615	.81690		
	Yiyecek üretilmeyen durumlarda (ilaç üretimi vb.) gen değişikliklerinin yapılmasına karşı değilim.	K	2.2250	.89972	0.252	0.013
		E	1.8590	.92195		
	Dünyadaki açlığa çare olacaksa gıdaların genetiğinin değiştirilmesini doğru buluyorum	K	1.7500	.80347	29.043	0.045
		E	2.0385	.98617		
BÖLÜM	Bütün canlıların hücreleri DNA içermektedir	B	1.0923	.42290	124.745	0.000
		G	1.6129	.92116		
	Ürünlerin üzerinde GDO olup olmadığı belirtilmeli midir?	B	1.1385	.49614	17.716	0.044
		G	1.0215	.20739		
	Canlıların genetiğinin değiştirilmesi kanunen düzenlenmelidir	B	1.3846	.74356	15.419	0.005
		G	1.7742	.89842		
	Meyve ve sebzelerin tat ve görünüşlerini düzeltmek amacıyla yapılan gen değişikliklerine karşı değilim	B	2.4154	.86408	21.666	0.015
		G	2.7097	.63555		
	Yiyecek üretilmeyen durumlarda (ilaç üretimi vb.) gen değişikliklerinin yapılmasına karşı değilim	B	1.8462	.93926	1.310	0.024
		G	2.1828	.89620		
	Dünyadaki açlığa çare olacaksa gıdaların genetiğinin değiştirilmesini doğru buluyorum	B	1.6308	.87624	0.000	0.002
		G	2.0753	.88755		
	Genetik yapılara müdahale etmenin ekolojik dengeye zarar vereceğini düşünüyorum	B	1.1846	.58342	17.363	0.046
		G	1.0430	.29170		

## SONUÇ

Çalışmamıza katılan öğrencilerin genelinde GDO'lara yönelik olumsuz tutum görülmüştür. Çalışmada bayanların erkeklere oranla GDO'lu ürünlerin tüketimine daha olumsuz baktıkları belirlenmiştir.

Ankete katılan öğrencilerin çoğunun bu ürünleri bir risk olarak algıladıkları ancak bu konuda yeterince

bilgiye sahip olmadıkları görülmüştür. Geleceğin Gıda mühendisi ve Biyologlarının GDO gibi önemli bir konudaki bilgi eksikliklerinin bir an önce giderilmesi gerekmektedir. Bu durum üniversitelerde yapılacak olan eğitim faaliyetleri ile giderilebileceği gibi, basın ve yayın organlarında da bu konuda çeşitli bilgilendirme projeleri düzenlenebilir. Böylece daha bilinçli ve sağlıklı nesiller yetiştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2013. Gıda ve Yem Amaçlı Genetik Yapısı Değiştirilmiş Organizmalar ve Ürünlerinin İthalatı, İşlenmesi, İhracatı, Kontrol ve Denetimine Dair Yönetmelik. www. tarim.gov. tr. (Son erişim tarihi: 03.05.2013).
- Aslan, D., Şengelen, M., 2010. Farklı Boyutlarıyla Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar. Ankara Tabip Odası, Ankara.
- Atsan, T., Kaya, T.E., 2008. Genetiği değiştirilmiş organizmaların (GDO) tarım ve insan sağlığı üzerine etkileri. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 22: 1-6.
- Bayraç, A.T., Baloğlu, M.C., Kalemtaş, G., Kavas, M., 2007. Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar. Ankara: ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık, 4-5.
- Çelik, V., Balık, T.D., 2007. Genetiği değiştirilmiş organizmalar. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 23: 13-23.
- Demir, A., Pala, A., 2007. Genetiği Değiştirilmiş Organizmalara Toplumun Bakış Açısı. Hayvansal Üretim , 48(1): 33-43.
- Ergin, I., Gürsoy, Ş.T., Öcek, Z.A., Çiçeklioğlu, M., 2008. Sağlık meslek yüksek okulu öğrencilerinin genetiği değiştirilmiş organizmalara dair bilgi tutum ve davranışları. TAF Prev Med Bull., 7: 503-508.
- Fagan, J.B., 2005. Genetically Engineered Food-A Serious Health Risk., <http://www.netlink.de/gen/fagan.html> (Son erişim tarihi: 06.09.2013).
- Haspolat, I., 2012. Genetiği değiştirilmiş organizmalar ve biyogüvenlik. Ankara Üniv Vet Fak Derg, 59, 75-80.
- Hill, R., Stanisstreet, M., Boyes, E., O'Sullivan, H., 1998. Reactions to a new technology: students' ideas about genetically engineered foodstuffs. Research in Science and Technological Education 16: 203-216.
- Lan, L., 2006. Chinese public understanding of the use of agricultural Biotechnology. A case study from Zhejiang Province of China. Lü / J Zhejiang Univ Science B, 7: 257-266.
- Kaya, E., Gürbüz, H., Derman, M., 2012. Üniversite Öğrencilerinin Genetiği Değiştirilmiş Gıda Ürünlerine Bakışı. İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Der., 2(3): 55-60.
- Kıyak, S., 2004. Genetik Olarak Değiştirilmiş Gıdalar, Cartagena Biyogüvenlik Protokolü ve Türkiye'de Durum (1). Çevreye Genç Bakış, 4: 14-22.
- Koçak, N., Türker, T., Kılıç, S., Hasde, M., 2010. Tıp fakültesi öğrencilerinin genetiği değiştirilmiş organizmalar hakkındaki bilgi, tutum ve davranışlarının belirlenmesi. Gülhane Tıp Dergisi, 52: 198-204.
- Tüysüzoğlu, B.B., 2004. Türkiye'de GDO, Bilim ve Teknik, 443: 36-43.
- Uzogara, S.G., 2000. The Impact of Genetic Modification of Human Foods in The 21st Century. Biotechnology Advances, 18: 179-206.
- Yanaz, S., 2003. Genetik Olarak Değiştirilmiş Organizmalar (GDO) Konusu ve Cartagena Biyogüvenlik Protokolü, T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı Dergisi, <http://www.dtm.gov.tr/ead/DTDERGI/nisan2003/genetik.htm> (Son erişim tarihi: 07.05.2013).
- Zülal, A., 2003. Gen Aktarımlı Tarım Ürünleri. Bilim ve Teknik, 426: 38-43.



## Türkiye’de Hava Ulaşım Talebinin Arıma Modelleri ile Tahmin Edilmesi

Ahmet TORTUM<sup>1</sup>, Oğuzhan GÖZCÜ<sup>1</sup>, Muhammed Yasin ÇODUR<sup>2</sup>

**ÖZET:** Ülkemizdeki ulaşım ağları içerisinde gittikçe önem kazanan ve yaygınlaşan havayolu ulaşımı, dış hatlar diye nitelenen ülkeler arası ulaşımında ilk tercih edilen ulaşım yolu olmasının yanında, iç hatlar diye nitelenen şehirlerarası yolculukta da geçmişe nazaran çok daha fazla ilgi görmekte ve havayolu ulaşımına talep gün geçtikçe artmaktadır. Havayolu ulaşım talebinin bilinmesi, kurumlar ve şirketler için strateji belirleme, fiyat politikalarını oluşturma ve altyapı çalışmaları açısından büyük bir avantaj sağlayacaktır. Bu çalışmada, tek değişkenli zaman serileri analizlerinde kullanılan ARIMA modelleri çerçevesinde, 1991–2008 yılları arasındaki süre zarfında, havayolu ulaşımının kendi dinamiklerinden hareketle 2009 yılı için aylık yolcu sayılarının tahmin edilmesi gerçekleştirilmiş ve elde edilen tahminlerin güvenilirliği değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Zaman serileri, havayolu ulaşımı, talep tahmini, ARIMA modelleri

## Air Transportation Demand Estimation in Turkey by Arima Models

**ABSTRACT:** The air transportation, which is gradually become more important and widespread in our country, is as the day goes on getting more attention and more demand in domestic flights except for using just for internal flights. In terms of knowing the demand for air transportation, institutions and companies determine of the strategy, pricing policy and infrastructure work. In this study, under the framework of ARIMA models which were used in univariate time series analysis and based on the internal dynamics of air transport between 1991-2008, monthly number of passengers forecasts for the year 2009 are carried out and reliability of the forecasts evaluated.

**Keywords:** Time series, air transport, demand estimation, ARIMA models

<sup>1</sup> Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup> Erzurum Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Erzurum, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Muhammed Yasin ÇODUR, mycodur@erzurum.edu.tr

## GİRİŞ

Kişilerin ve yüklerin yer ve zaman yararı sağlamak üzere bir yerden başka bir yere taşınması hizmetine “Ulaştırma” denmektedir.

Ulaştırma, toplumun gelişmesi üzerinde sosyal, ekonomik, kültürel ve siyasal etkilere sahiptir.

Ulaştırma sistemi ise, insan ve yüklerin bir yerden başka bir yere iletimlerinin, istenilen koşullara uygun, iyi tanımlanmış bir şekilde sağlanması amacıyla bir araya getirilmiş, işlevleri ve karşılıklı etkileşimleri organize edilmiş, ilgili tüm fiziksel, sosyal, ekonomik ve kurumsal bileşenlerin kümesi olarak tanımlanmaktadır (Erel, 2001; Yayla, 2002; Çodur, 2012).

Diğer yandan ülkemizdeki özelleştirme çalışmaları ve yasal düzenlemeler ile birlikte havayolu ulaşım sektörü daha ticari bir boyut kazanarak, tüketici taleplerinin arttığı büyük bir pazar haline dönüşmüştür.

Son yıllarda yapılan bu çalışmalar ve izlenen politikalar neticesinde, iç hat uçuşlarında hizmet sunan özel havayolu işletmeleri sayısı artmıştır. Oluşan rekabet ortamı ile birlikte havayolu ulaşımındaki yolculuk fiyatları ciddi oranlarda düşüş göstermiş ve şehirlerarası ulaşımında neredeyse karayolu ulaşımı ile rekabet edebilir hale gelmiştir.

Hava ulaşım talebinin artması neticesinde, yeni uçuş hatları oluşmuş ve sefer sayılarında artışlar görülmüştür.

Bununla beraber ülkemiz havayolu ulaşım talebinin büyük bölümü dış hat gelen-giden yolcu seferleri için oluşurken, son yıllarda iç hat uçuş taleplerinin artmasıyla sayısal olarak talep dengesinin oluşmaya başladığı görülmüştür.

ARIMA modelleri ulaştırma literatüründe genişçe yer almaktadır. Bazı çalışmalar; yük ve ulaştırma talep modellenmesinde (Garrido and Mahmassani, 1998; Godfrey and Powell, 2000; Babcock and Lu, 2002; Jeong and Rilett, 2005), hava ulaştırmasında (Polhemus, 1980; Pitfield, 2007), turist talebinde (Cho, 2003), hava kalitesi ve ulaşım emisyonunda (McCollister and Wilson, 1957; Sharma and Khare, 2000; Gokhale and Khare, 2004). Ayrıca yol güvenlik analizlerinde kullanılan

ARIMA modellerinden bazıları; (Voas and DeYoung, 2002; Abdel-Aty and Abdelwahab, 2004; Masten and Hagge, 2004; Raeside and White, 2004; Van den Bossche et al., 2007 ) bunlardır. Trafik akış modellemeye de yoğun olarak ARIMA modelleri kullanılmıştır (Vlahogianni et al., 2006; Ahmed and Cook, 1979; Levin and Tsao, 1980; Davis et al., 1991; Hamed et al., 1995; Williams, 2003; Stathopoulos and Karlaftis, 2001; Stathopoulos and Karlaftis, 2003).

Bu çalışmanın amacı, en hızlı ulaşım yöntemi olan havayolu ulaşımının ülkemiz boyutunda talep değerlendirmesini tahmin edebilmek ve bu hizmeti sağlayan kurum kuruluş ve firmalar için strateji planlaması ve yatırım öngörüsü için değerlendirme kriterlerinden birisini oluşturabilmektir.

Havayolu ulaşımında gelecek zamanlar için yapacağımız talep tahmini çalışmasını, havayolu ulaşım talebine etki eden faktörlerden bağımsız olarak kendi iç dinamiklerinden toplam yolculuk sayısının temel alındığı ve tek değişkenli zaman serileri analizlerinden olan ARIMA modelleri ile talep tahmininin öngörülmesi olarak değerlendirebilir, araştırma yapılan model ile, ele alınan birimsel değişkenin geçmiş değerlerinden hareketle, ileriye yönelik değerlerini tahmin etme, öngörme çabası olarak tanımlanabilir.

## Yolcu trafiği

Havacılık sektörünün özel havayolu şirketlerine açılması ile başlayan yükseliş sonucunda, Eurocontrol ve IATA gibi uluslararası kuruluşların Türkiye için 2015 yılı itibariyle öngördüğü toplam trafik artışı 2005 yılında yakalanmıştır.

Türkiye için 2015 yılı itibarıyla tahmin edilen “50 milyon yolcu trafiği” hedefi 2005 yılında gerçekleşmiş ve uluslararası havacılık kuruluşlarının

Türkiye tahminlerini değiştirmesine neden olmuştur. 2008 yılı itibariyle uçak ve yolcu trafiği artışına en güçlü katkıyı iç hat ve dış hat yolcu trafiği toplamının % 60’ını, dış hat yolcu trafiği toplamının ise %76’sını karşılayan, İstanbul Atatürk ile Antalya Hava Limanları sağlamıştır (Anonim, 2008).

**Tablo 1.** DHMİ verilerine göre 1991-2008 yılları arası yolcu trafiği

Yıllar	İç Hat	Dış Hat	Toplam Yolcu Sayısı
1991	4 009 724	7 009 740	11 019 464
1992	5 445 081	11 050 037	16 495 118
1993	7 403 941	13 270 590	20 674 531
1994	8 784 310	13 549 976	22 334 286
1995	10 347 528	17 419 851	27 767 379
1996	10 862 539	19 918 123	30 780 662
1997	12 413 720	21 982 614	34 396 334
1998	13 238 832	20 960 847	34 199 679
1999	12 931 771	17 079 887	30 011 658
2000	13 339 039	21 633 495	34 972 534
2001	10 057 808	23 562 640	33 620 448
2002	8 695 726	24 927 311	33 623 037
2003	9 125 298	25 141 870	34 267 168
2004	14 427 969	30 361 171	44 789 140
2005	19 942 692	34 583 035	54 525 727
2006	26 644 450	32 133 481	58 777 931
2007	29 310 333	37 152 953	66 463 286
2008	32 889 593	42 078 736	74 968 329

DHMİ Genel Müdürlüğü sorumluluğu altında bulunan kırk adet havaalanındaki yolcu trafiği verileri; 1991-2008 yılları arasında gerçekleşen ve çalışmaya esas olan toplam yolcu trafiği serisinin, yıllık toplamı Tablo 1’de verilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Çalışma kapsamında; ülkemizdeki havayolu ulaşım talebinin tahmin edilmesi sürecinde kullanılacak olan tek değişkenli zaman serilerinde Box-Jenkins yöntemi için 1991-2008 yılları arasında Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) Genel Müdürlüğü işletimindeki havaalanlarından yapılan iç hat ve dış hat yolculuklar toplamını oluşturan, aylık toplam yolcu sayıları seçilmiştir.

### Yöntem

#### Zaman serilerinin genel özellikleri

Zaman serisi, bir değişkene ilişkin zamanın belli düzenli periyotlarında ortaya çıkan nümerik verilerin kronolojik dizilişle oluşan veri setleridir.

Zaman serilerine ilişkin veriler stokastiktir, diğer bir ifadeyle, zamanın belli anlarında rastsal değerler alırlar ve aldıkları bu değerlerin önceden kestirilebilmesi mümkün değildir (Gujarati, 2004).

Zaman serilerinin özelliği, verilerin zamana göre sıralanması ve ardışık gözlemlerin genellikle birbirlerine bağımlı olmasıdır. Dönemler arasındaki bu bağımlılık sayesinde güvenilir öngörüler oluşturulabilmektedir (Vandaele, 1983).

### Zaman serilerinde ARIMA modelleri (Box-Jenkins)

Box-Jenkins yaklaşımı zaman serisi verileri analizleri için oldukça yaygın kullanılan yöntemlerden birisidir. Yöntemin bu kadar popüler olması, ele alınan herhangi bir seri durağan olsun ya da olmasın, mevsimsel unsur içersin ya da içermesin bilgisayar paket programlarıyla bir çözüm olanağı sağlamasından kaynaklanmaktadır. Box-Jenkins metodu, zaman serisi analizlerinde ve ön raporlamada (kestirim) uygulanan genel ARIMA modelleri ile eş anlamlıdır (Sevüktekin ve Nargeleşkenler, 2005). Box-Jenkins yaklaşımında otoregresif hareketli ortalama ARMA(p,q) sürecine entegrasyon I(d) sürecinin eklenmesiyle otoregresif-entegre-hareketli ortalama ARIMA(p,d,q) süreci geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Durağan ARMA sürecinin korelogram davranışlarından farklı düzeylerde entegrasyona başvurarak durağan olmayan süreçlerin durağan hale getirilmesi önerilmiştir. Bir otoregresif-entegre-hareketli ortalama ARIMA(p,d,q) sürecine ulaşmak için denklem eşitlik 1'deki gibi yazılır (Griffiths, 1993).

$$\Phi(L)\Delta^d Y_t = \Theta(L)\epsilon_t \quad (1)$$

### Durağan olmayan doğrusal stokastik modeller ARIMA(p,d,q)

Durağan olmayan doğrusal modeller, “d” sayı- da farkı alınmış olan serilere uygulanan AR ve MA modellerinin kombinasyonu olan modellerdir. Eğer otoregresyon parametresi derecesi “p”, hareketli ortalama parametresi derecesi de “q” ise ve “d” kez fark alma işlemi yapılmışsa, bu modele (p,d,q) dereceden “otoregresif entegre hareketli ortalama modeli” adı verilir ve ARIMA (p,d,q) şeklinde yazılır (Box and Jenkins, 1970).

### ARIMA $e_t = Y_t - \hat{e}_{t-1}$ $e_t = Y_t - \hat{e}_{t-1}$ model kurma ve tahminleme süreci

#### Veri analizinin yapılması

Zaman serileri modellerinde en önemli noktalardan bir tanesi ele alınan değişkenlerin zaman içerisinde nasıl hareket ettiği. Bazı seriler belli bir ortalama etrafında kısa dalgalanmalar gösterirken, bazıları ise zaman içerisinde yükselme ya da azalma yönünde

belirgin trendler takip edebilir. Aynı zamanda bu seriler artış veya azalış yönünde istikrar göstermeyen trendlere de sahip olabilirler. Trend içeren zaman serileri, zamandan bağımsız ortalama ve varyansa sahip değildir. Bununla beraber, bazı seriler uzun dönemde sabit ortalama ve varyansa sahipken kısa dönem aralıklarında aşırı dalgalanma gösterebilirler (Enders, 1995). ARMA modelleri, ele alınan serilerin durağan olmasını gerektirir. Diğer bir ifadeyle, serilerin trend içermemesi gerekir. Trend içeren serilerin trendden arındırılarak ARIMA modelleri ile modellenmesi veya alternatif model seçeneklerinin düşünülmesi gerekir (Subaşı, 2005).

Zaman serilerinde ele alınan değişkene ait veri setinin düzey, fark ve logaritmik farkları alınarak zamana karşı grafiklerinin incelenmesi, çeşitli gecikme uzunluklarındaki otokorelasyonlarının ve kısmi otokorelasyonlarının analizi ilk bakışta serilerin karakteristik özellikleri hakkında ön fikir sağlamada yardımcı olurlar (Poo, 2003). Bunun yanında, daha güvenilir tespitlerin yapılabilmesi ancak uygulanabilir test ve analizlerin kullanılması ile gerçekleştirilebilir.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde zaman serilerinin modellenmesinde karşılaşılan trend unsurunun bulunması, mevsimsellik sorunları ve bu sorunların tespiti ve arındırılmasına yönelik kullanılan test ve analiz yöntemleri irdelenecektir.

### Durağanlık tetkiki

Zaman serilerinin durağan olmasının sağladığı en önemli avantaj, yeterince geniş bir örneklem kullanıldığında bu serilerin ortalama ve varyansının etkin bir şekilde kestirilebilmesidir. Ekonometri literatüründe durağanlık kavramı katı durağanlık ve zayıf durağanlık olarak iki türlü ele alınmaktadır. Zayıf durağan seriler aynı zamanda ortak varyans durağan, ikinci dereceden durağan olarak da adlandırılmaktadır (Enders, 2003).

### Mevsimsel özellik

Birçok ekonomik süreçte mevsimsellik göze çarpar. Örneğin yaz aylarında turizm faaliyetlerine bağlı olarak ekonomik canlanma görülür. Bazı dönemlerde ekonomik faaliyetlerde yıl içinde periyodik artış ve azalışlar göze çarpar. Bu dönemlerde ekonomik

değişkenlerin zaman içerisindeki seyrinde de paralel olarak periyodik dalgalanmalar gözlemlenir. Mevsimsel etkilerin göz ardı edilmesi, tahminlemede kullanılan modellerin varyansının yüksek çıkmasına neden olur (Kutlar, 2000).

Zaman serilerinin mevsimsel etkilerden arındırılmasına yönelik farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bulardan bazıları, Census X-11, Census X-12, Tramo/Seats, ve hareketli ortalama prosedürleridir (Subaşı, 2005).

Bu çalışmada “U. S. Department of Commerce ve U. S. Census Bureau” tarafından geliştirilen standart Census X-12 prosedürü EViews yazılımı aracılığıyla yolcu serisine uygulanmıştır.

SARIMA (p,d,q) (s,P,D,Q) modellerinin notasyonunda;  $p$  ve  $q$  daha önce olduğu gibi modelin standart otoregresif ve standart hareketli ortalama derecelerini gösterirken,  $P$  ve  $Q$  modelin mevsimsel otoregresif ve mevsimsel hareketli ortalama derecelerini temsil etmektedir. Notasyonda  $d$  ve  $D$  serinin durağanlığının sağlanabilmesi için sırasıyla kaçınıcı dereceden standart ve mevsimsel farkların alındığını ve son olarak  $s$  mevsimsel farkın periyodik aralığını göstermektedir.

## Model seçimi

### Box-Jenkins yaklaşımı

Box ve Jenkins tutumlu modellerin aşırı parametrelili modellerden daha iyi kestirim değeri ürettiklerini öne sürer. Tutumlu bir modelin verilere uyumu gereksiz herhangi bir katsayının ilave edilmesinden daha

iyidir. Amaç tam süreci elde etmek olmasa da, doğru veri üretme sürecine yaklaşımdır (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2007). Zaman serisi model kurma Box-Jenkins yaklaşımındaki temel adımlar genel hatlarıyla zaman serisi modelinin belirlenmesi, tahmin, test veya ayırt edici kontrol ile kestirim olmak üzere dört aşamada ele alınabilir (Enders, 1995).

Gretl, Eviews gibi yazılımlar her bir gecikme uzunluğuna ilişkin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon katsayılarını hesaplamaktadır. Bu yazılımlar, korelogram olarak adlandırılan grafikler yardımıyla, katsayıların artan gecikme uzunluklarına göre seyrini ve iki standart hata koridoru (yaklaşık %95 güven aralığına tekabül etmektedir) bazında istatistiki olarak anlamlılıklarını da hesaplamaktadır (Enders, 1995).

Box-Jenkins model belirleme yaklaşımı, salt AR(p) veya MA(q) süreçlerini teşhis etmede kolaylık sağlamakla beraber, ileri düzey AR, MA ve özellikle ARIMA süreçlerinin bu yöntemle teşhisi çok karmaşıklaşabilmektedir. Her ne kadar ekonometri yazılımları, tüm hesaplamaları yapıyorsa da bulunan katsayıların ve korelogramların yorumlanması, çalışmayı yürüten araştırmacıya kalmaktadır bu bağlamda model belirleme prosedürü araştırmacının bilgi ve tecrübesine bağlı olarak belli ölçüde subjektiflik taşımaktadır (Quinn et al., 1998).

Fakat model seçimindeki bu subjektiflik, model belirleme sürecinde “Akaike Information Criterion” (AIC) veya “Schwarz Information Criterion” (SIC) gibi genel kabul gören objektif model seçim kriterlerine de başvurmak suretiyle belli ölçüde giderilebilir. Bu kriterler eşitlik 2 ve eşitlik 3 de gösterilmektedir:

$$AIC = e^{2k/n} \frac{\sum \epsilon_i^2}{n} = e^{2k/n} \frac{RSS}{n} \Rightarrow \ln AIC = \left(\frac{2k}{n}\right) + \ln\left(\frac{RSS}{n}\right) \quad (2)$$

$$SIC = n^{k/n} \frac{\sum \epsilon_i^2}{n} = n^{k/n} \frac{RSS}{n} \Rightarrow \ln SIC = \frac{k}{n} \ln n + \left(\frac{RSS}{n}\right) \quad (3)$$

Burada,  $k$  regresyonda açıklayıcı değişkenlerinin sayısını,  $n$  gözlem sayısını, RSS hata terimleri kareleri toplamını ve  $s$ , model hata terimlerini göstermektedir. AIC ve BIC istatistiklerinde yer alan ilk terim model

hata kareleri ortalaması (RSS/n) küçüldükçe modelin açıklayıcılık gücü artar. Daha küçük AIC veya SBC istatistiğine sahip olan model daha tercih edilir olacaktır (Griffiths et al., 1992).

Modeli belirleme aşamasında tahmin edilen otokorelasyon (ACF) ve kısmi otokorelasyon (PACF) fonksiyonlarına dayanarak örneklem verileri için deneme niteliğinde bir ARIMA modeli belirlenir.

### Parametrelerin hesabı ve tahminleme süreci

ARIMA modelleri tahminleri için doğrusal veya doğrusal olmayan en küçük kareler koşullu veya tam bilgi maksimum benzerlik yöntemlerini içerecek biçimde bilgisayar yazılımlarından yararlanır. Bu programlardan parametrelerin başlangıç değerleri uygun biçimde otomatik olarak bulunur ve sonra ardışık biçimde parametrelerin optimum değerleri bulunana kadar süreç devam ettirilir. Eviews ve Gretl yazılımları aracılığıyla model parametreleri hesap edilebilmekte ve bununla birlikte parametrelere ilişkin standart hatalar bulunabilmektedir.

Box-Jenkins metodolojisi dâhilinde, ARIMA modeli belirlendikten, parametreleri hesaplandıktan ve modelin uygunluk analizleri gerçekleştirildikten sonraki aşaması ilgili değişkenin örneklem içi ve ötesi değerlerinin model aracılığıyla tahminlenmesidir. Zaman serileri analizleri ile tahminlemede amaç değişkenlerin belli dönemlerde aldıkları veya alacakları gerçek değerlerine “yakın” tahminler elde edebilmektir. Bununla beraber, modellerin belirlenme ve hesaplanma aşamalarındaki teknik hatalara ve gerçek veri yaratım mekanizmasının rastsal unsurlar içermesine bağlı olarak yapılan tahminler kaçınılmaz olarak farklı

büyükliklerde hata payı içerir. Tahminleme işlemi,  $(Y_t)_{t=-\infty}^{\infty}$  gibi bir değişkene ilişkin örneklem veri seti  $y_1, \dots, y_T$  iken,  $y_t$  değişkeninin  $T$  anında her bir  $l$  için,  $l$  periyot ileriye yönelik koşullu tahmin değeri ile gerçekleşen değeri arasındaki hata paylarının karelerinin ortalamasının (Mean Square Error, MSE) minimize edilmesine dayanır (Griffiths et al., 1992).

ARIMA(p,d,q) modelleri ile tahmin değerlerinin hesaplanması benzer bir teorik çerçeve içerisinde ele alınabilir. ARIMA(p,d,q) süreci takip eden bir serinin parametreleri, daha öncede ele alındığı üzere, serinin  $d$ . farkının alınmasından sonra durağan bir ARIMA(p,0,q) modeli elde edildikten sonra hesaplanmaktadır. Fakat tahminlemede amaç serinin değişim değerlerinin değil düzey, yani farkı alınmadan önceki değerlerinin bulunması ise, tahmin değerlerinin bulunması sürecin tekrar bütünleştirilmesini gerektirir.

Burada, ARIMA süreci aşağıda gecikme operatörü cinsinden ifade edilirse;

$$\Phi_p(L)(1-L)^d y_t = \Theta_q(L) \epsilon_t \quad (4)$$

Bütünleştirme işlemi eşitlik 4'deki otoregresif polinomun derecesini  $d$  kadar artırır. Bu bağlamda,  $(p+d)$  dereceden gecikme operatörü otoregresif polinomu  $\Pi$  ile gösterildiğinde, bütünleştirilmiş süreç eşitlik 5'deki gibi gösterilebilir (Poo, 2003).

$$y_T(L) = \sum_{i=1}^N \left[ \sum_{j=1}^{m_i-1} k_{ij}^T l^j \right] + (R_i^{-1})^l \quad l > q - p - d \quad (5)$$

Burada  $k_{ij}^T$ 'ler sabitler olup koşullu tahminlerin yapıldığı anda veri olarak bulunan bilginin zaman orijinine,  $T$ , bağlıdır (Subaşı, 2005).

## ARAŞTIRMA BULGULARI

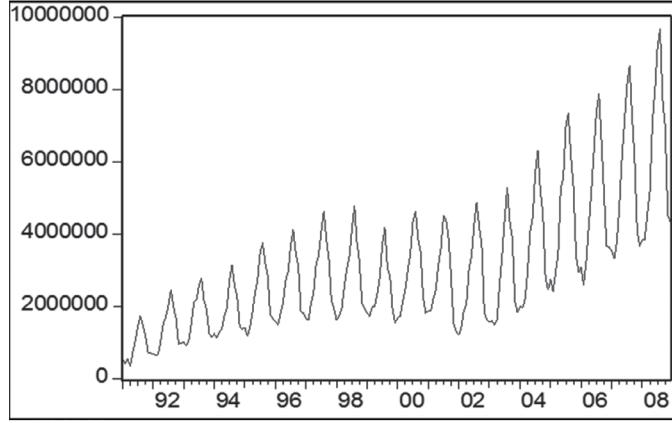
### Veri analizi

ARIMA modelleri Türkiye'de hava ulaşımını kullanan yolcu sayılarını tahmin etmek için kullanılmıştır.

Çalışmada yapılacak olan modelleme için gerekli olan istatistik veriler, ekonometrik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan Eviews ve Gretl paket programları

kullanılarak elde edilmiş ve veri analizleri yine bu program yardımı ile yapılmıştır.

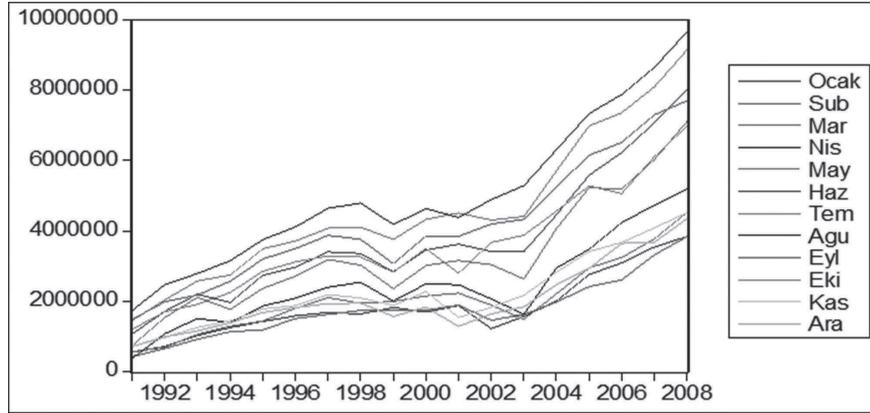
ARIMA tahminleme sürecinin en önemli kısmı tahminlenmeye çalışılan değişkene ilişkin veri setinin analiz edilmesidir. Modelleme için Box-Jenkins'in tahmin algoritması kullanılmıştır. Modelin belirlenmesi aşamasında Box-Jenkins modelleme yöntemindeki durağanlık şartının sağlanması gerekir. Türkiye için hava ulaşımı yolcu sayısına dayanan zaman serisi verileri, 1991 Ocak ayı ile 2008 yılı Aralık ayları arasındaki, aylık iç hat ve dış hat yolcuları toplamından müteşekkil 216 veri kullanılarak modellenmiştir. Bu bağlamda, belirtilen zaman diliminde oluşturulan serinin grafiği Şekil 1'de gösterilmektedir.



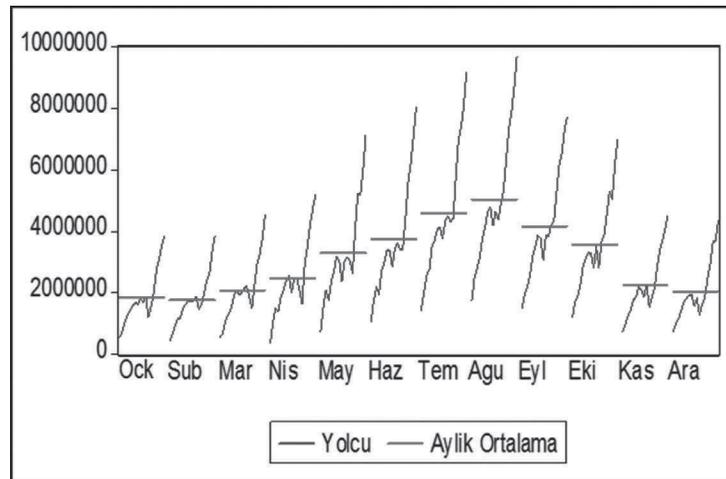
Şekil 1. Aylık yolcu sayısı grafiği (1991:1-2008:12)

Yolcu serisi grafiği incelendiğinde ilk olarak, serinin yıllara bağlı olarak artış göstermekle beraber, belli aylarda düzenli yükselişler fark edilmektedir. Yükselişlerin sistematik olarak belli periyotlar halinde görülmesi, serinin mevsimsel etkilere maruz

kaldığı izlenimini vermektedir. Bu bağlamda daha net değerlendirme yapabilmek için, Şekil 2’deki her bir ay için yolcu sayılarının zaman içerisindeki seyrine ve yolcu sayılarının aylar bazında ortalamalarına bakmak uygun olacaktır.



Şekil 2. Aylara göre yolcu sayılarının seyri



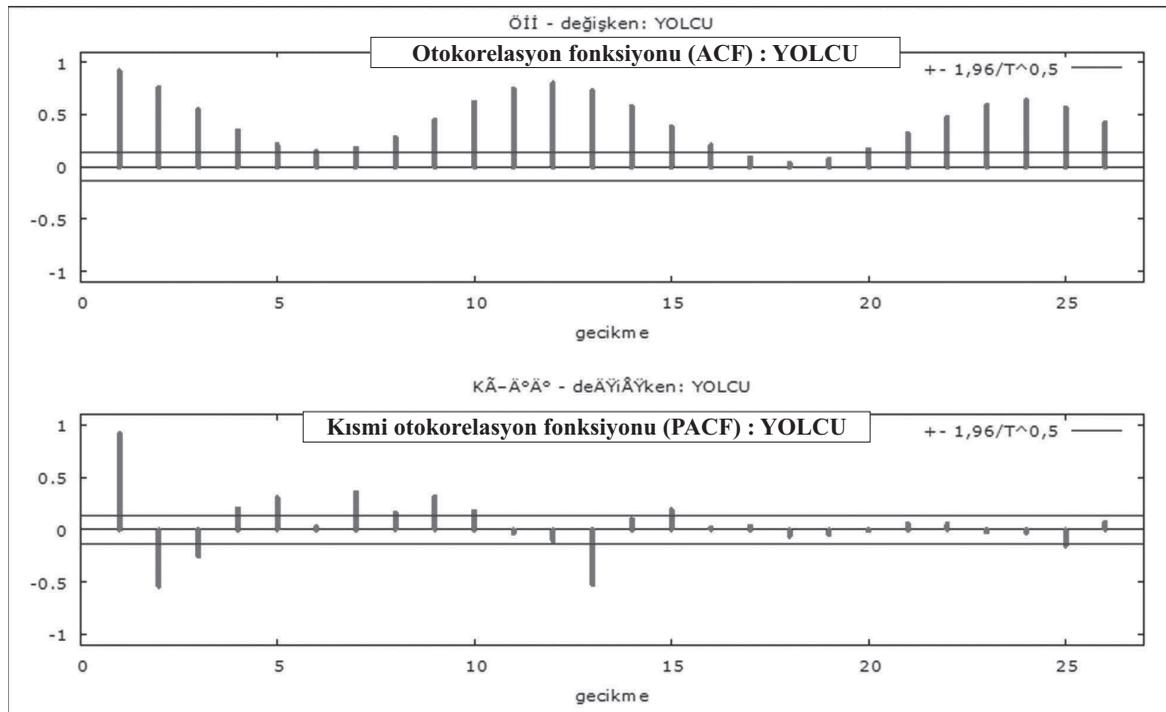
Şekil 3. Aylara göre yolcu sayılarının ortalamaları

Şekil 3’de yılın her bir aya ilişkin yolcu sayılarının zaman içerisindeki seyri gösterilmiştir. Bu grafikte ortaya çıkan yapı, aylar bazında özellikle Mayıs ve Eylül ayları arasında yolculuk sayısının düzenli bir seyir izleyerek artma eğilimi içerisinde olduğu, diğer aylarda ise yakın ortalama değerler etrafında kümelendiği görülmektedir.

Aylardaki artmaların düzenli olması, mevsimsel etkilere bağlı olarak, serinin her bir ayı ile bir önceki yılın aynı ayı arasında bir çeşit ilişkinin var olma olasılığını gündeme getirmektedir. Verilerin hazırlanması aşamasında, Türkiye’de havayolu ulaşımını tercih eden yolcu sayısına ilişkin serinin durağan olup olmadığına bakılmıştır. Şekil 1 incelendiğinde, gözlemsel olarak serinin artan bir trende sahip olduğu

ve mevsimsellik özelliği taşıdığı, yani durağan olmadığı şüphesi oluşmaktadır. Şekil 4’de Gretl paket programı kullanılarak serinin otokorelasyon (ACF) ve kısmi otokorelasyon (PACF) fonksiyonları %5 anlamlılık sınırları gösterilerek verilmiştir. Ham seriye ait fonksiyon grafikleri incelendiğinde, gecikmelerle birlikte ACF grafiğindeki sinüs dalgalanması mevsimsel etkinin var olduğunu göstermekle beraber, PACF ile birlikte değerlendirildiğinde serinin durağan dışı olduğunu söyleyebiliriz.

Gözlemsel olarak anlaşılan durağan dışılık, gerçek veriler ışığında değerlendirilmek üzere birim kök testi analizine tabi tutulmuştur. Bunun için, Artırılmış Dickey-Fuller (ADF) testi, E-Views programı yardımı ile yapılmıştır ve sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 4. Ham yolcu serisine ait (ACF) ve (PACF) fonksiyon grafikleri

**Tablo 2.** Ham seriye ait Artırılmış Dickey-Fuller Test (ADF) sonuçları

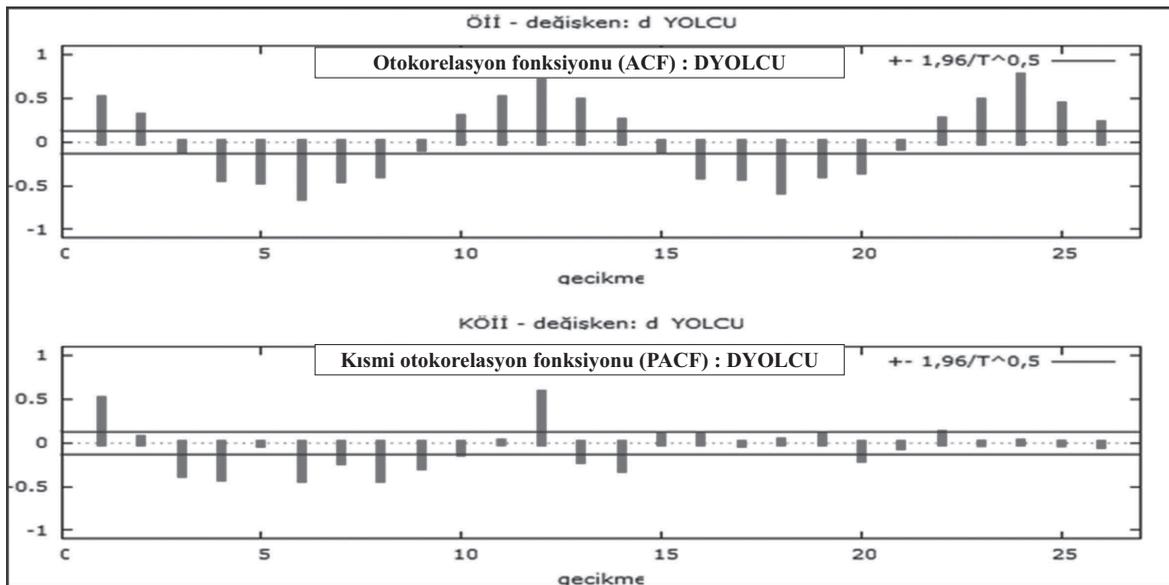
Sıfır Hipotezi: YOLCU birim kök		
Dışsal: Yok		
Lag Uzunluk: 9 (Otomatik SIC, MAXLAG=9)		
	t- İstatistik	Prob.*
<b>Geliştirilmiş Dickey-Fuller test istatistik</b>	<b>3,872893</b>	1,0000
Test kritik değerleri	1% Düzeyi	-2,576236
	5% Düzeyi	-1,942376
	10% Düzeyi	-1,615674

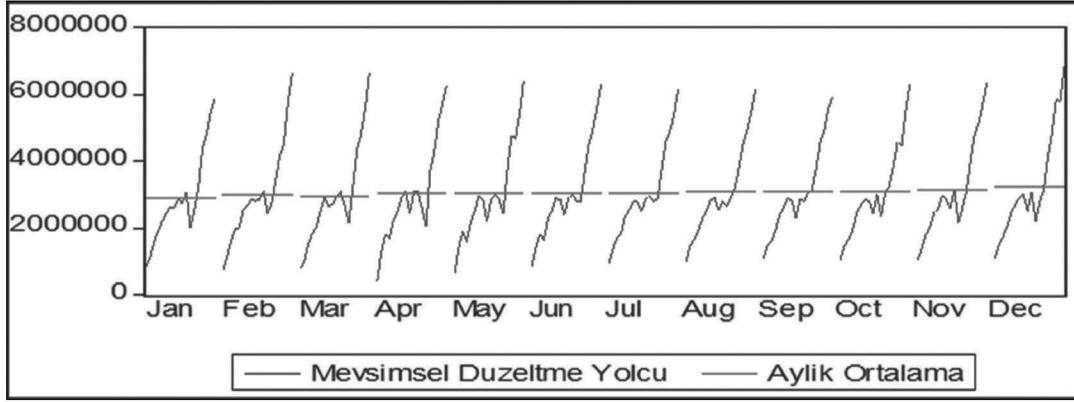
Tablo 2’de verilen sonuçlara göre test istatistiğinin değeri olan 3,87, kritik değer -1,95’den daha büyüktür. Buna göre serinin durağan olmadığı sonucuna ulaşılır. Sonuç olarak yolcu serisinin durağan olmadığı söylenebilir.

Mevsimsel etkiler göz önüne alınmadan, durağanlık için serinin birinci dereceden farkının alınmasından sonraki ACF ve PACF fonksiyon grafikleri Şekil 5’de gösterilmiştir.

Buradan da anlaşılacağı üzere mevsimsellik etkilere dayalı olarak durağanlık sağlanamamıştır.

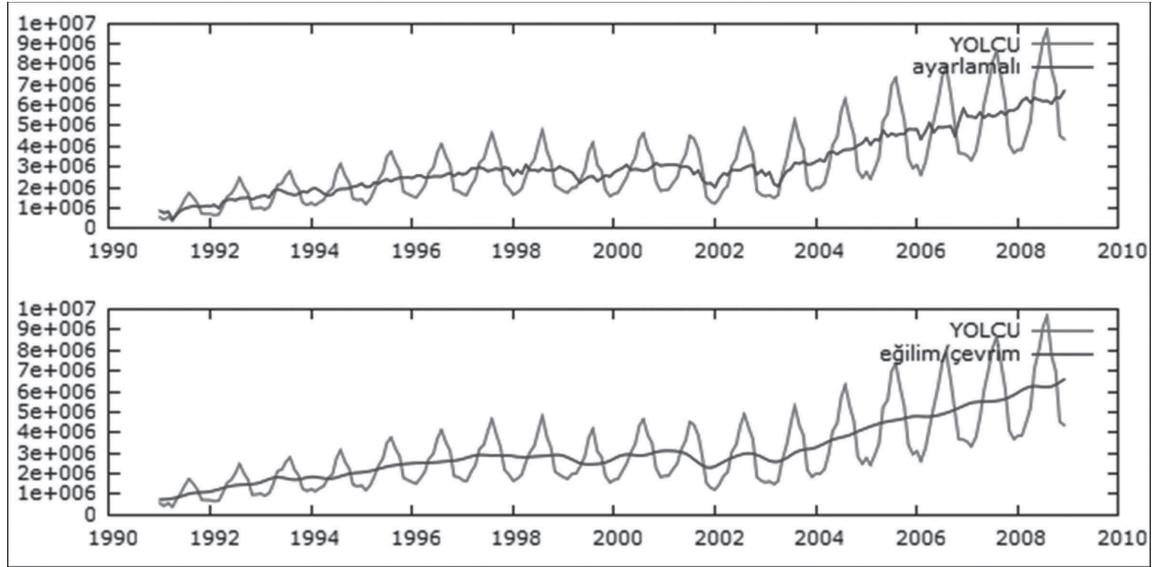
Bu bağlamda seriye fark alma işlemi uygulanmadan önce, durağanlık koşulunun sağlanması serinin mevsimsel etkilerden arındırılmasını bir gereklilik haline getirmiştir. Mevsimsel etkilerden arındırma süreci Eviews ve Gretl programları ile ayrı ayrı uygulanmış olup Census X-12 Additive yöntemi ile ulaşılan sonuçlar Şekil 6 ve 7’de gösterilmiştir.

**Şekil 5.** Birinci dereceden farkı alınmış serinin (ACF) ve (PACF) grafikleri



Şekil 6. Mevsimsel etkilerden arındırılmış yolcu sayılarının aylık ortalamaları

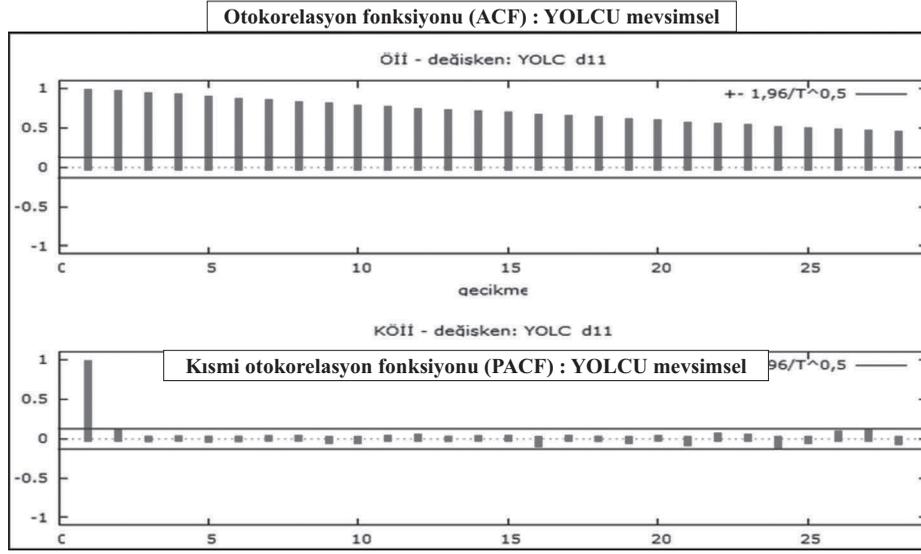
Şekil 6 incelendiğinde ise; aylar bazında ortalamaların hemen hemen düz bir çizgi haline gelmesi, mevsimsel etkiden arındırma işleminin seri üzerindeki etkisini aylık ortalamalar bazında göstermektedir.



Şekil 7. Mevsimsel etkilerden arındırılmış karşılaştırmalı yolcu serisi grafiği

Census-X12 sürecinden sonra yolcu serileri ham ve mevsimsellikten arındırılmış olarak karşılaştırmaları Şekil 8'de görülmektedir. Ayrıca Census X-12

sürecinin düzey etkisi ile durağanlık öncelikle ACF ve PACF grafikleri üzerinden incelenmiş ve Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Census-X12 sürecinden sonra seriye ait ACF ve PACF grafikleri

Census-X12 sürecinden sonra mevsimsellikten arındırılmış seriye ait ACF ve PACF verileri Şekil 8 aracılığı ile incelendiğinde seriye ait kısmi otokorelasyon fonksiyon değerleri (PACF), 1. gecikmeden sonra hızlı bir düşüşle %5’lik güven aralığı içerisinde kaldığı ve azalma etkisinde olduğu görülmüştür. Bununla beraber otokorelasyon fonksiyon değerlerinin gecikme sayısına

bağlı olarak ağır düşüşler gösterdiği ancak durağanlığın sağlanmasına yeterlilik göstermediği düşüncesi oluşmuştur. Gözlemsel olarak anlaşılan durağan dışılık, değerlendirilmek üzere birim kök testi analizine tabi tutulmuştur. Bunun için, Artırılmış Dickey-Fuller (ADF) testi, E-Views programı yardımı ile yapılmıştır ve sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir.

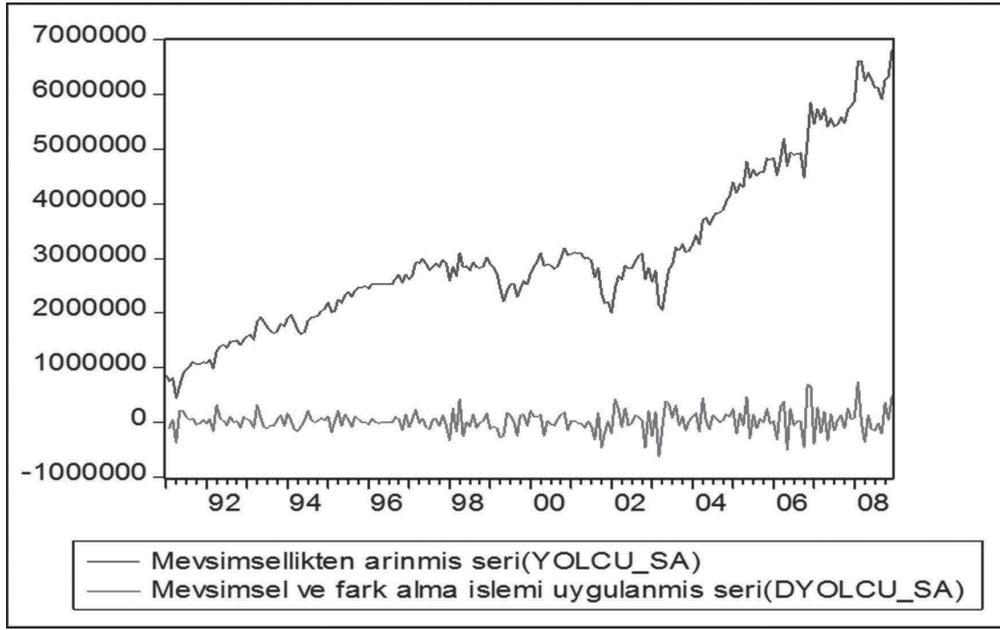
Tablo 3. Mevsimsel düzeltilmiş seriye ait Birim Kök Testi (ADF) sonuçları

Sıfır Hipotezi: YOLCU_mevsimsel birim kök		
Dışsal: Yok		
Lag Uzunluk: 1 (Otomatik SIC, MAXLAG=9)		
		t- İstatistik
		Prob.*
<b>Geliştirilmiş Dickey-Fuller test istatistik</b>		<b>2,554260</b>
		0,9976
Test kritik değerleri	1% Düzeyi	-2,575813
	5% Düzeyi	-1,942317
	10% Düzeyi	-1,615712

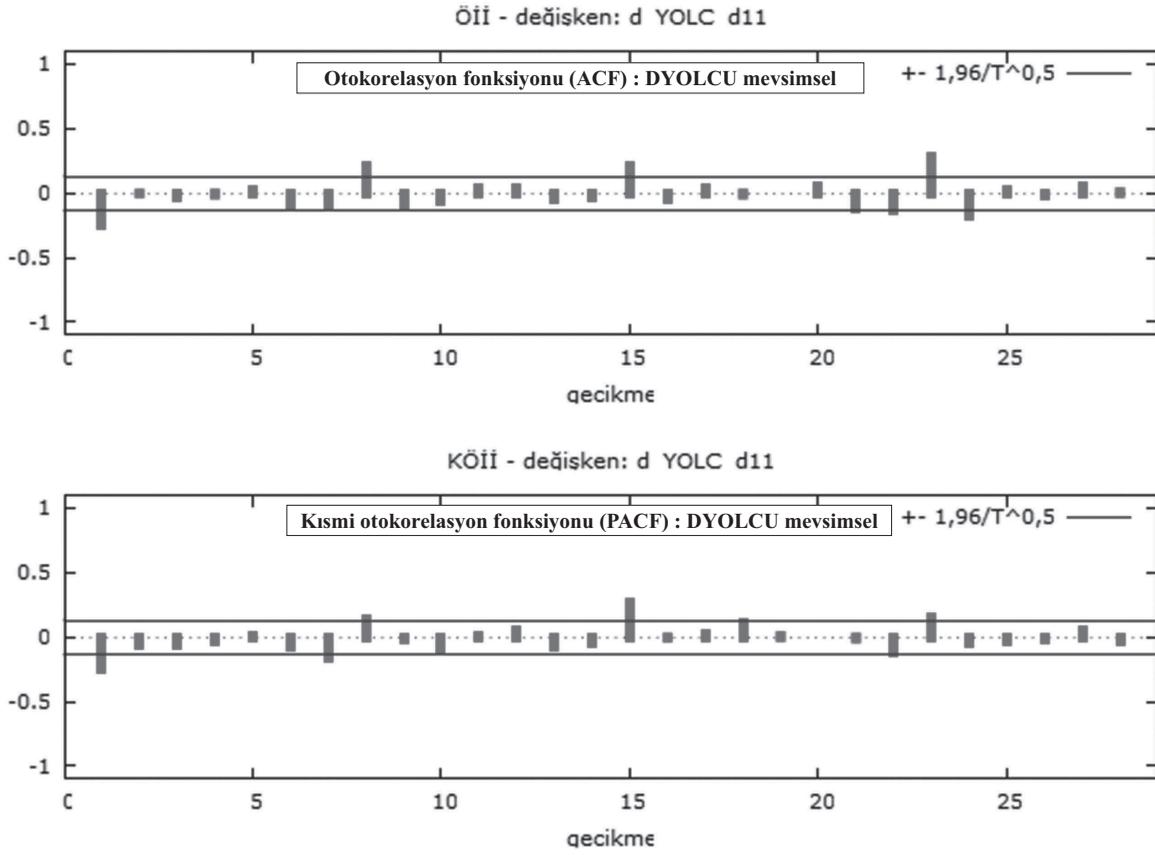
Tablo 3’de verilen sonuçlara göre test istatistiğinin değeri olan 2,55, kritik değer -1,95’den daha büyüktür. Buna göre mevsimsellikten arındırılmış serinin durağan olmadığı sonucuna ulaşılır. Yani mevsimsellikten arındırma işlemi sonucunda yolcu serisinin durağan hale gelmediği ve durumun trend etkisinden kaynaklanabileceği söylenebilir. Seriyi durağan hale getirmek için, mevsimsellikten arındırılmış seriye fark alma işlemi uygulanacaktır. Fark alma işlemi 1.dereceden uygulanmış olup seriye ait karşılaştırmalı

zaman serisi grafiği ve farkı alınmış serinin ACF-PACF grafikleri sırası ile Şekil 9 ve Şekil 10’da verilmiştir.

Fark alma işleminden sonra ACF ve PACF incelendiğinde otokorelasyon ve kısmi otokorelasyonların gecikme sayılarına bağlı olarak azaldığı ve sifıra yaklaştığı görülmüştür. Buda serinin artık durağan hale geldiğinin bir işaretidir. Durağanlığı netleştirmek üzere seriye birim kök testi (ADF) analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4’de verilmiştir.



Şekil 9. Mevsimsellikten arınmış ve fark alınmış serinin karşılaştırmalı grafiği



Şekil 10. Mevsimsellikten arınmış ve fark alınmış serinin ACF ve PACF grafikleri

**Tablo 4.** Mevsimsel düzeltilmiş ve farkı alınmış serinin (ADF) test sonuçları

Sıfır Hipotezi: DYOLCUSA birim kök		
Dışsal: Yok		
Lag Uzunluk: 0 (Otomatik SIC, MAXLAG=9)		
	t- İstatistik	Prob.*
<b>Geliştirilmiş Dickey-Fuller test istatistik</b>	<b>-17,82611</b>	0,0000
Test kritik değerleri:	1% Düzeyi	-2,575813
	5% Düzeyi	-1,942317
	10% Düzeyi	-1,615712

Tablo 4’de verilen sonuçlara göre test istatistiğinin değeri olan -17,82 kritik değer -1,95’den daha küçüktür. Buna göre serinin artık durağan hale geldiği sonucuna ulaşılır.

Sonuç olarak yolcu serisine uygulanan mevsimsel düzeltme ve birinci dereceden fark alma işlemi sonrasında, serinin durağan hale getirildiği söylenebilir. Modelin belirlenmesi aşamasında Box-Jenkins modelleme yöntemindeki durağanlık şartının

sağlandığı ve artık modellemenin yapılabileceği söylenebilir.

#### Model tahmini

Teorik çerçevesi sunulan yöntem dâhilinde, mevsimsel etkilerden arındırılmış ve birinci farkı alınmış 1991-2008 yıllarına ait hava yolu ulaşımı aylık yolcu sayılarından oluşan zaman serisi için, en uygun ARIMA modelleri belirlenmeye çalışılmış ve tahmin modelinin parametreleri hesaplanmıştır (Tablo 5).

**Tablo 5.** Model tahmin kriterleri

Bağımlı Değişken: DYOLCU				
Metot: Least Squares				
Örnek (ayarlanmış): 1992M08 2008M12				
Gözlemler içermiş: 197 ayarlamaadan sonra				
12 iterasyondan sonra yakınsama sağlanmıştır				
Backcast: 1989M12 1990M12				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İstatistik	Prob.
AR(6)	-0,186211	0,073934	-2,518603	0,0126
SAR(12)	1,072136	0,005381	199,2547	0,0000
MA(1)	-0,248703	0,074874	-3,321598	0,0011
SMA(12)	-0,889335	0,024716	-35,98245	0,0000
R-Kare	<b>0,924199</b>	Ort. bağımlı değ.	11763,86	
Ayarlanmış R kare	<b>0,923021</b>	S.D. bağımlı değ	744871,5	
S.E. regresyon	206665,9	Akaike Bil Kri.	<b>27,33569</b>	
Karesel top. kal.	8,24E+12	Schwarz Kri.	<b>27,40235</b>	
Log likelihood	-2688,565	Durbin-Watson ist.	1,999494	
<b>DYOLCU = 0 + [AR(6) = -0,1862113307, SAR(12) = 1,072135768, MA(1) = -0,2487025986, SMA(12) = -0,8893347595, BACKCAST=1991M01]</b>				

Uygun modelin belirlenmesi için birçok modelin denenmesi gerekmektedir. Bu yüzden bu kısımda model seçenekleri arasından seriyi en iyi açıkladığı düşünülen model ele alınacaktır.

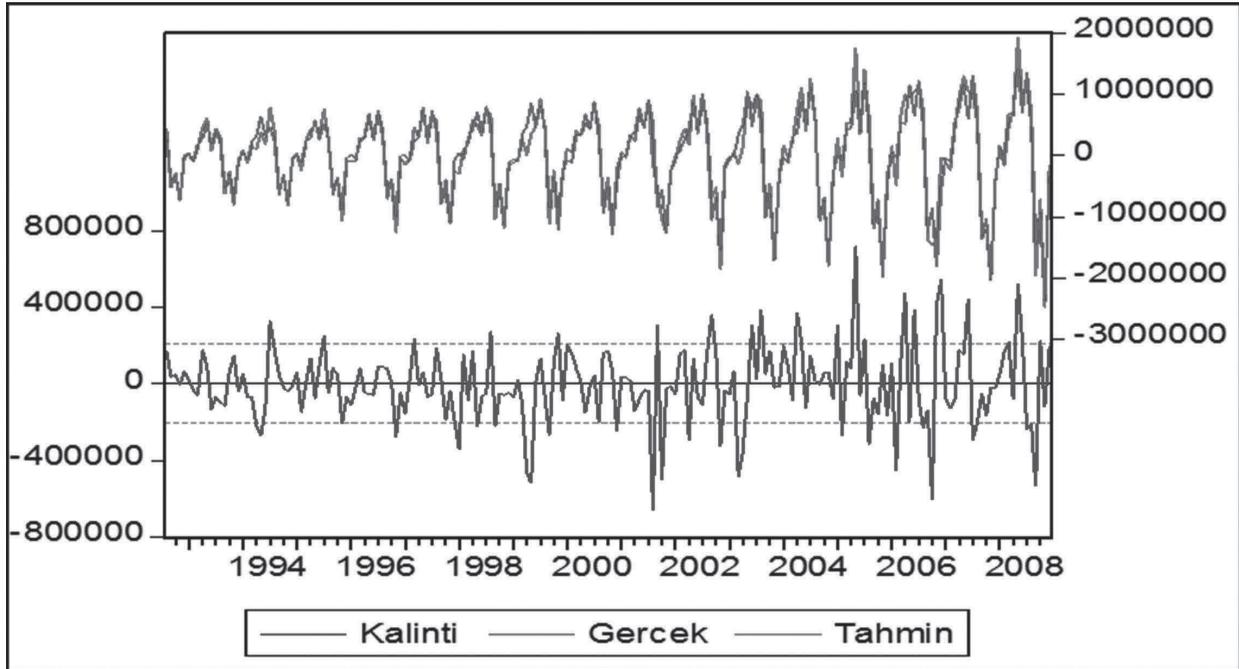
Modelleme aşamasında sürecin durağan hale getirilmesi için mevsimselliğin arındırılması ve 1. dereceden fark alma işlemi göz önüne alındığında; SARIMA (p,d,q) (s,P,D,Q) modelleme notasyonunda;  $p$  ve  $q$  daha önce olduğu gibi modelin standart otoregresif ve standart hareketli ortalama derecelerini gösterirken,  $P$  ve  $Q$  modelin mevsimsel otoregresif ve mevsimsel hareketli ortalama derecelerini temsil etmektedir.

Modelin belirlenmesi aşamasında AR ve MA'nın derecesini belirlemek için mevsimsel düzeltilmiş yolcu serisinin ACF ve PACF grafiklerine bakılmaktadır.

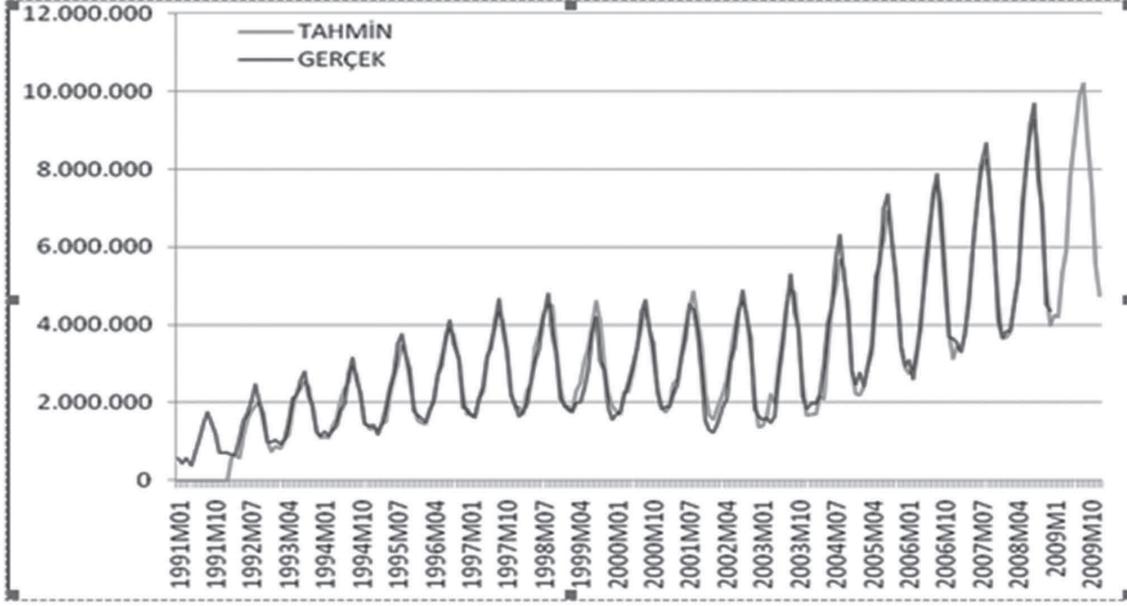
Serinin kısmi otokorelasyonlarına bakıldığında 1. ve 12. gecikme uzunluklarında görülen yüksek değerler ve takip eden kısmi otokorelasyonların yavaş hızda azalması serinin birinci dereceden standart ve mevsimsel hareketli ortalama bileşenlerine sahip olabileceğini göstermektedir.

Bu yargı, serinin 1. ve 12. gecikmelerdeki otokorelasyon katsayılarının yüksek ve anlamlı olmasıyla ve hemen takip eden gecikmelerde kesilmesiyle desteklenmektedir. Buradan hareketle seri sabitsiz SARIMA(6,1,1)(12,0,12) şeklinde modellenebilir. Kısmi otokorelasyon katsayılarına bakıldığında ise birinci ve altıncı gecikme uzunluklarında anlamlı olduğu ve daha sonra anlamsız hale geldiği görülmektedir.

Bu ipuçları serinin AR(6) ve MA(1) bileşenleri içerebileceğini düşündürmektedir. 12. gecikme uzunluğuyla beraber anlamlı hale gelen otokorelasyon katsayısı ve 12. gecikmeden sonra yavaşça azalan kısmi otokorelasyon katsayısı serinin mevsimsel hareketli ortalama SMA(12) ve SAR(12) bileşenine sahip olabileceğine işaret etmektedir. Bu ipuçlarından hareketle seri detrend edilmeden önceki haliyle SARIMA(6,1,1)(12,0,12) olarak modellenebilir. Şekil 11 1991-2008 yıllarına ait verilerle gerçek değerler ile model tahmin değerleri ve kalıntı yolcu serisi değerlerini göstermektedir. Şekil 12 yolcu serisi gerçek değerlerinin ve model tahmin değerlerinin grafiğini göstermektedir.



Şekil 11. Model tahmin değerleri ve kalıntı yolcu serisi



Şekil 12. Yolcu serisi ve model tahmin değerleri (Passenger series and the model predicted values)

## SONUÇLAR

Havayolu ulaşımında gelecek zamanlar için yapılan talep tahmini çalışmasını, havayolu ulaşım talebine etki eden faktörlerden bağımsız olarak kendi iç dinamiklerinden toplam yolculuk sayısının temel alındığı ve tek değişkenli zaman serileri analizlerinden olan ARIMA modelleri ile talep tahmininin öngörülmesi olarak değerlendirilebilir, araştırma yapılan model ile, ele alınan birimsel değişkenin geçmiş değerlerinden hareketle, ileriye yönelik değerlerini tahmin etme, öngörme çabası olarak tanımlanabilir.

Çalışmada Box-Jenkins metodolojisinin temel varsayım ve kriterleri birebir sağlanmak koşuluyla metodoloji adım adım takip edilerek, aylık yolcu serisini en iyi açıklayan modeli SARIMA (6,1,1) (12,0,12) olarak bulunmuştur. Modelde gerçekleşen yolculuk sayıları çok yakın tahmin sonuçları ile verilmiştir. Gerçekleşen yolculuk sayılarını oluşturulan modelden elde edilen tahmin değerlerine ilişkin çizilen standart hata koridorunun içerisinde kalması bu modellerden elde edilen tahminlerin güvenilirliğini göstermesi noktasında önem taşımaktadır.

Model kullanılarak yolculuk serisinin 1991–2008 yılları arası örneklem içi ve 2009 yılı için örneklem dışı tahminleri gerçekleştirilmiş ve bu tahminler gerçekleşen yolculuk sayıları ile karşılaştırılmıştır. Modellerden elde edilen yolculuk tahminleri Türkiye’de

iç hatlarda son yıllardaki artış eğilimine paralel olarak bir seyir izlemekle beraber, SARIMA (6,1,1) (12,0,12) modelinden elde edilen tahmin değerleri, aylık yolculuk sayılarını yakınsama eğiliminde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Abdel-Aty, M., Abdelwahab, H., 2004. Analysis and prediction of traffic fatalities resulting from angle collisions including the effect of vehicles’ configuration and compatibility, *Accident Analysis and Prevention* 36: 457–469.
- Ahmed, M.S., Cook, A.R., 1979. Analysis of freeway traffic time-series data by using Box–Jenkins techniques”, *Transportation Research Board* 722: 1–9.
- Anonim,, 2008. “SHGM 2008-2012 Stratejik Plan”, Ankara,.
- Babcock, M.W., Lu, X., 2002. Forecasting inland waterway grain traffic, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 38 (1): 65–74.
- Box, G.E.P. and Jenkins G.M., 1970. *Time Series Analysis Forecasting and Control*, Holden Day Inc., 185 p, San Fransisco.
- Cho, V., 2003. A comparison of three different approaches to tourist arrival forecasting, *Tourism Management* 24 (3): 323–330.
- Çodur, M.Y., 2012. *Trafik Kaza Tahmin Modelleri: Erzurum İli Çevre Karayolları İçin Uygulamalar*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü.

- Davis, G.A., Niham, N.L., Hamed, M.M., Jacobson, L.N., 1991. Adaptive forecasting of freeway traffic congestion, *Transportation Research Record* 1287: 29–33.
- Enders, W., 1995. *Applied Time Series Analysis*, John Wiley and Sons Inc., 236 p, New York.
- Enders, W., 2003. *Applied Time Series Analysis*, John Wiley and Sons, Inc., Second Edition, 277 p, New York.
- Erel, A., 2001. Ulaşım Planlaması I ve II Basılmamış Ders Notları, İstanbul.
- Garrido, R.A., Mahmassani, H.S., 1998. Forecasting short-term freight transportation demand: Poisson STARMA model, *Transportation Research Record* 1645: 8–16.
- Godfrey, G.A., Powell, W.B., 2000. Adaptive estimation of daily demands with complex calendar effects for freight transportation, *Transportation Research Part B: Methodological* 24: 451–469.
- Gokhale, S., Khare, M., 2004. A review of deterministic, stochastic and hybrid vehicular exhaust emission models, *International Journal of Transport Management* 2 (2), 59–74.
- Griffiths, W.E., Hill C.R., and Judge G. G., 1992. *Learning and Practicing Econometrics*, John Wiley and Sons Inc., 670 p, New York.
- Griffiths, W.E., 1993. *Learning and Practicing Econometrics*, John Wiley and Sons Inc., 224 p, New York.
- Gujarati, D., 2004. *Basic Econometrics*, The McGraw Hill Companies, 796 p, USA.
- Hamed, M.M., Al-Masaeid, H.R., Bani Said, Z.M., 1995. Short-term prediction of traffic volume in urban arterials, *ASCE Journal of Transportation Engineering* 121 (3), 249–254.
- Jeong, R., Rilett, L.R. 2005., “Prediction model of bus arrival time for real-time applications”, *Journal Transportation Research Record* 1927: 195–204
- Kutlar, A., 2000. *Ekonometrik Zaman serileri:Teori ve Uygulama*, Gazi Kitabevi, 429 s, Ankara.
- Levin, M., and Tsao, Y.D., “On forecasting freeway occupancies and volumes”, *Transportation Research Record* 773: 47–49.
- Masten, S.V., Hagge, R.A. 2004, “Evaluation of California’s graduated driver licensing program”, *Journal of Safety Research* 35 (5): 523–535.
- McCollister, G.M., Wilson, K.R., 1957. Linear stochastic models for forecasting daily maxima and hourly concentrations of air pollutants, *Atmospheric Environment* 9 (4): 417–423.
- Pitfield, D.E., 1980. The impact on traffic, market shares and concentration of airline alliances on selected European. US routes, *Journal of Air Transport Management* 13 (4). 192–202.
- Polhemus, N.W., 1980. The construction and use of continuous autoregressive models for traffic indices, *Transportation Research Part B: Methodological* 14 (3). 271–279.
- Poo, J.M.R., 2003. *Computer Aided Introduction to Econometrics*, Springer Verlag GmbH & Co.KG, 226 p, New York.
- Quinn, T., Kenny G., Meyler A., 1998. Forecasting Irish Inflation Using ARIMA Models, *Central Bank of Ireland*, 3/RT, 17 p, Ireland,.
- Raeside, R., White, D., 2004 Predicting casualty numbers in Great Britain, *Transportation Research Record* 1897: 142–147.
- Sevüktekin, M., Nargeleçekenler M., 2005. *Zaman Serileri Analizi*, Nobel Basımevi, 336 s, Ankara.
- Sevüktekin, M. Nargeleçekenler M., 2007. *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi E Views Uygulamalı*, Nobel Basımevi, 491 s, Ankara.
- Sharma, P., Khare, M., 2000 . Real-time prediction of extreme ambient carbon monoxide concentrations due to vehicular exhaust emissions using univariate linear stochastic models, *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 5 (1): 59–69.
- Stathopoulos, A., Karlaftis, M.G., 2001. Spectral and cross-spectral analysis of urban traffic flow, In: *Proceedings, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 4th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, Oakland, CA, USA.
- Stathopoulos, A., Karlaftis, M.G., 2003. A multivariate state-space approach for urban traffic flow modeling and prediction, *Transportation Research Part C* 11 (2): 121–135.
- Subaşı, D.B. 2005. Enflasyonun ARIMA Modelleri İle Tahminlenmesi:1994–2005 Türkiye Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Kütahya.
- Van den Bossche, F.A.M., Wets, G., Brijs, T., 2007. Analysis of road risk by age and gender category: time series approach, *Transportation Research Record* 2019: 7–14.
- Vandaele, W., 1983. *Applied Time Series and Box-Jenkins Models*, Academic Press Inc, 193 p, Florida.
- Vlahogianni, E.I., Karlaftis, M.G., Golias, J.C., 2006. Statistical methods for detecting nonlinearity and non-stationarity in univariate short-term time-series of traffic volume, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 14 (5): 351–367.
- Voas, R.B., DeYoung, D.J., 2002. Vehicle action: effective policy for controlling drunk and other high-risk drivers?, *Accident Analysis & Prevention* 34 (3): 263–270.
- Williams, B.M., Hoel, L.A., 2003. Modeling and forecasting vehicular traffic flow as a seasonal ARIMA process: theoretical basis and empirical results, *ASCE Journal of Transportation Engineering* 129 (6): 664–672.
- Yayla , N., 2002. *Karayolu Mühendisliği*, İstanbul.

## Technical and Economic Comparison of Conventional, Modify Conventional and Electrochemical Coagulation Processes

Isaiah Adesola OKE <sup>1</sup>

**ABSTRACT:** Electrochemical coagulation and modify conventional processes are alternative to the conventional coagulation method of water and wastewaters treatment. Although, there have been many reports on the technical suitability of electrochemical coagulation and conventional, no study has made a direct comparison of the economics of these processes and modify conventional process. This article demonstrated comparison of the economics of electrochemical coagulation; modify conventional and conventional processes of raw water treatment. Raw water samples were collected from selected villages in Katsina state, Nigeria. The samples were subjected to these treatment techniques. Efficacies of these processes were determined individually and in combination. Operational and capital costs of these techniques were determined and compared for economics selection reasons. The study revealed that concerning the technical feasibility, no significant differences were found in the results achieved by the three technologies in the treatment of raw surface water, when the same values of pH, chlorine and aluminum concentrations were adopted in the reaction systems. Regarding the economic comparison, the electrochemical coagulation and modify conventional processes present lower operating costs for low and intermediate aluminum and chlorine doses. The highest operational costs were obtained with conventional coagulation with aluminum sulphate (alum, conventional water treatment process). It was concluded that conventional coagulation; modify conventional treatment and electrochemical coagulation techniques gave very similar efficiencies in the removal of different types of pollutants; therefore an economic comparison is of major importance in order to recommend the use of one of these technologies.

**Keywords:** Electrochemical coagulation, modify conventional, conventional processes, raw water treatment

## Geleneksel, Düzenlenmiş Geleneksel ve Elektrokimyasal Koagülasyon Yöntemlerinin Ekonomik ve Teknik Açından Karşılaştırılması

**ÖZET:** Elektrokimyasal koagülasyon ve düzenlenmiş geleneksel yöntemler su ve atık su işlemlerinin geleneksel koagülasyon yöntemlerine bir alternatiftir. Geleneksel ve elektrokimyasal koagülasyonun teknik uygunluğu üzerinde çok fazla çalışmalar olmasına rağmen, bu yöntemlerin ve düzenlenmiş geleneksel yöntemlerin direk ekonomik karşılaştırılması yapılmamıştır. Bu makalede işlem görmemiş su işlemlerinin geleneksel, düzenlenmiş geleneksel ve elektrokimyasal koagülasyon işlemlerinin ekonomik karşılaştırılması verilmiştir. İşlenmemiş su örnekleri Nijeryadaki Katsina eyaletindeki seçilen köylerden toplanmıştır. Numuneler üzerinde bu işlem teknikleri denenmiştir. Bu işlemlerin etkinlikleri ayrı ayrı ve bir arada belirlenmiştir. Bu tekniklerin işletimsel ve kapital maliyetleri ekonomik seçim sebepleri için karşılaştırılmış ve belirlenmiştir. Çalışma önemli farklılıklar olmadan bulunan sonuçlarda teknik uygunluk içerisinde işlenmemiş yüzey sularının işlenmesinde üç farklı teknoloji sayesinde aynı pH değerlerine sahip olan klor ve alüminyum yoğunluklarının reaksiyon sisteminde başarılı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ekonomik karşılaştırmada elektrokimyasal koagülasyon ve düzenlenmiş geleneksel işlemler düşük ve orta miktarda alüminyum ve klor dozları için daha düşük işlem maliyeti sunar. En yüksek işlemsel maliyet alüminyum sülfatlı geleneksel koagülasyonda elde edilmiştir. Sonuç olarak geleneksel koagülasyon, düzenlenmiş geleneksel işlem ve elektrokimyasal koagülasyon yöntemleri farklı çeşit kirletici maddelerin arıtılmasında neredeyse aynı etkiye sahiptir. Fakat ekonomik karşılaştırma, bu teknolojilerden birini kullanma tavsiyesinde büyük öneme sahiptir.

**Anahtar kelimeler:** Elektrokimyasal koagülasyon, düzenlenmiş geleneksel, geleneksel yöntemler, işlenmemiş su işlemleri

<sup>1</sup> Civil Engineering Department, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Isaiah Adesola OKE: okeia@oauife.edu.ng;

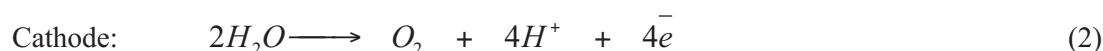
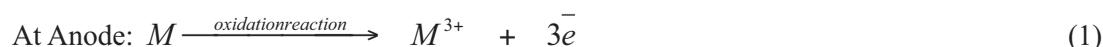
## INTRODUCTION

Water quality is a term used to express the suitability of water to sustain various uses or processes. The quality of water may be described in terms of the concentration and state the organic and inorganic material present in the water, together with certain physical characteristics of the water. The composition of surface waters is dependent on natural factors in the drainage basin and varies with seasonal differences in runoff volumes, weather conditions and water levels. Human intervention also has significant effects on water quality. Some of these effects are the polluting activities, such as the discharge of domestic, industrial, urban and other wastewaters into the watercourse. The principal reason for monitoring water quality has been the need to verify whether the observed water quality is suitable for intended uses and treatment processes required to reach an acceptable level (Alaa et al., 2010). Water treatment processes can be in the form of

conventional or non-conventional processes. Selection of required water treatment processes depends on pollutants present and required quality. In recent years, studies on electrochemical treatment of surface water have been conducted. It was found that the technique is promising as compared to conventional water treatment processes.

Electrochemically assisted coagulation consists of the in situ generation of coagulants by the electrodisolution of a sacrificial anode, usually of iron or aluminum.

The reactions involved in the electrochemical cell are summarized in Equations (1) to (3), with the oxidation of the metallic anode ( $M = \text{Fe}$  or  $\text{Al}$ ), and the reduction of water being the main electrochemical reactions. The oxidation of water at the anode is a secondary reaction that competes with the oxidation of aluminium (Umran et al., 2009; Oladepo et al., 2011).



The advantages of the electrocoagulation process over the conventional dosing of coagulants have been widely reported. The simple equipment required and the easy automation of the process stand out among the main advantages described. The process requires no addition of chemicals, and the amount of coagulant dosed can easily be controlled by varying the electrical current applied. In this context, the low current requirement allows electrocoagulation to be powered by green energy processes such as solar panels, windmills and fuel cells.

The autonomy of some of these green energy processes provides the possibility of using the electrocoagulation technique in rural (or isolated) areas, where other conventional technologies could be carried out only with difficulty.

Regarding energy supply by fuel cells, it must be pointed out that the electrochemical dosing of metal

(iron or aluminum) generates important amounts of hydrogen (as sub-product, Equation (3)) that could be used in a fuel cell to produce energy. Other advantages of the electrochemical technology related to the generation of gas bubbles ( $O_2$  and overall  $H_2$ ) are the production of a soft turbulence that promotes the flocculation process (electrofloculation) and separation of the particulate pollutants, which are carried to the top of the solution where they can easily be collected and removed (electroflotation process).

Thus, with proper design of the electrocoagulation cell (to promote electrofloculation and electroflotation processes) one can achieve destabilization of pollutants and their aggregation and separation in a single-compartment reactor.

In contrast, in the conventional coagulation process three consecutive stages are necessary: the first stage requires vigorous turbulence to achieve

mixing of the coagulant added to the wastewater; in the second stage a soft mix is used to favour flocculation of the destabilized pollutants; and finally, separation of the particulate pollutants (by settling or dissolved air flotation) is required. In addition to the supposed technical superiority, some studies report lower operational costs for the electrochemical process compared with those of the conventional process.

Economic comparisons of conventional and electrochemical coagulation of textile wastewaters have recently been reported. They found higher total costs for the conventional coagulation process than for the electrochemical process. Nevertheless, despite the promising results reported in the literature, there are no corresponding practical applications in the treatment of typical rural water sources. This fact can be explained taking into account that electrochemical technology is related to higher costs than conventional coagulation in rural areas (because of similarity of conventional technique to other electrochemical technologies Chen, 2004; Oke, 2007; Pablo et al., 2008).

Literature on technical and economic comparison of these three techniques (electrochemical, modified conventional and conventional water treatment processes) are lacking. This shows that there is a

need to provide technical and economic comparison of these techniques on typical rural water sources, which is the main objective of this study.

### MATERIALS AND METHOD

Raw water samples were collected from selected villages (four villages) in Katsina, Nigeria (Figure 1). Katsina was selected based on WHO ranking (as among the state in Nigeria with lowest access to potable water, Oke, 2011). Initial water quality parameters were determined to ascertain treatment processes required.

These water samples were subjected to electrochemical treatment (Figure 2a, b and c), conventional and modified conventional water treatment techniques in a laboratory scale. Quantity analysis and qualities (initial and final concentrations) of the water samples were determined using standard methods as stated in APHA (1998). Operational and initial costs of these techniques were estimated scaled up using physical model (Dake, 1983). Efficiencies of these techniques were based on ability to remove selected parameters (turbidity, solids, microorganisms etc) were determined. Efficiencies were computed individually and in combination (geometric mean) as follows:

$$\text{Individual: } E_1(\%) = 100 \left( \frac{C_o - C_1}{C_o} \right) \quad (4)$$

$$\text{Combination: } E_c(\%) = 100 \left( E_0 * E_1 * E_2 \dots E_n \right)^{\frac{1}{np}} \quad (5)$$

Electrochemical treatment consists of electrochemical treatment of the wastewater samples for 60 minutes with a fixed voltage (20V), fixed separation distance between the electrodes, constant current and using aluminium electrodes (for both anode and cathode) after which chlorination followed. Conventional treatment involves the use of alum (aluminium sulphate) for coagulation /flocculation (Jar

tests were conducted to determine optimum alum dose as well as optimum pH) with lime for pH adjustment to be followed by chlorination. In modified conventional treatment mixtures of alum, calcium hypochlorite and lime at an optimized ratio (1.38: 1.02: 1.00 that is 196, 146 and 142 mg/l for alum, lime and hypochlorite respectively using factorial experiment; Oke, (2011) were used for the treatment.



Figure 1. Map of Nigeria showing the states and Federal capital territory

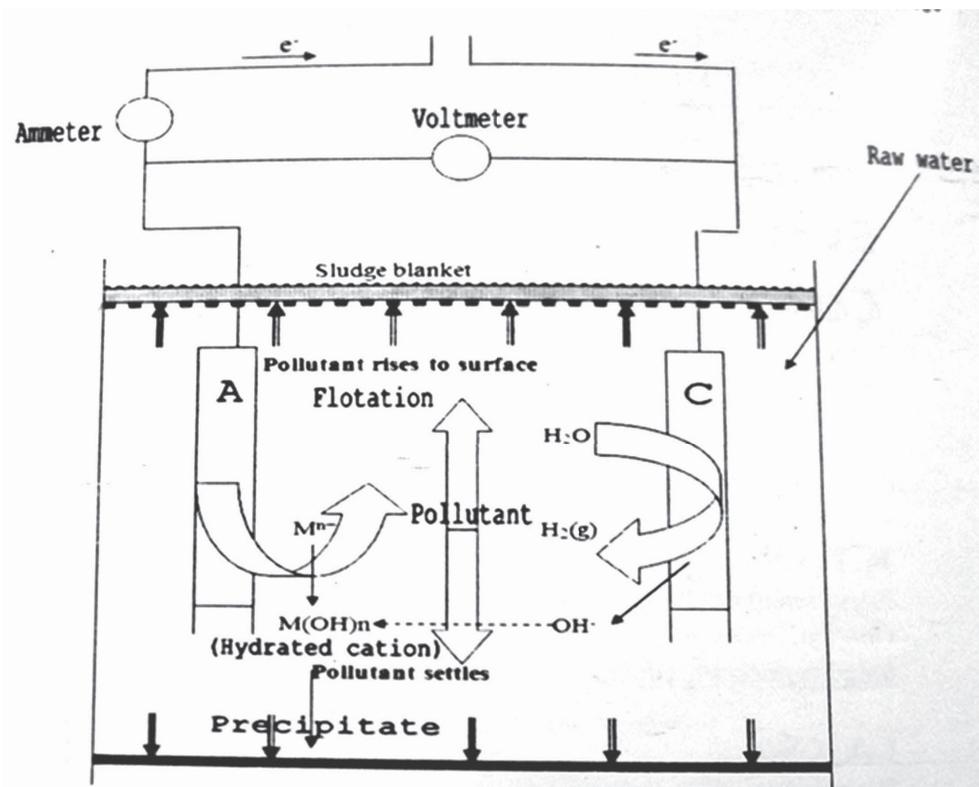


Figure 2a. Picture of a two electrode electrochemical treatment process (A = anode and C = Cathode)

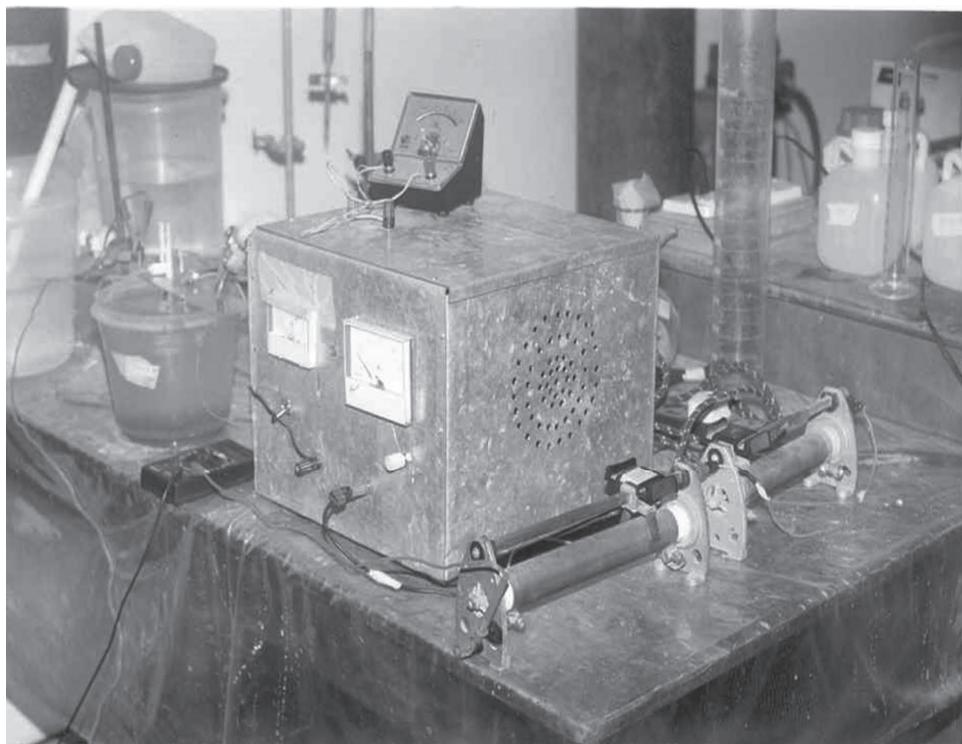


Figure 2b. Laboratory setup of a two electrode electrochemical treatment process

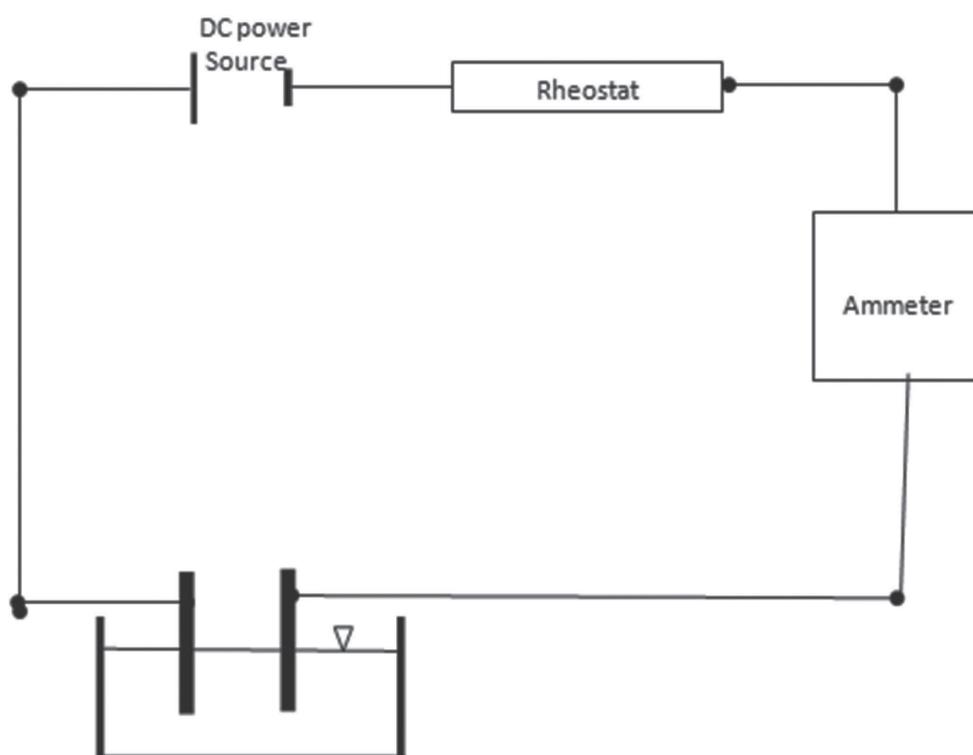


Figure 2c. Schematic diagram of laboratory setup of a two electrode electrochemical treatment process

## RESULTS and DISCUSSION

Results of the study have been discussed as follows: quality of the raw water samples; efficacy of the treatment techniques and estimated costs (electrochemical, conventional and modified conventional treatment techniques).

**Quality of the raw water samples:** Table 1 presents statistical values of the water quality of the water samples. From the table the results reveal that these sources of water can be used as abstractions of drinking water but must be treated (Ellis, 1988). There are three options ( $A_1$ ;  $A_2$  and  $A_3$ ) but option  $A_3$  is the best for these types of sources (due to high turbidity and coli form counts).

**Cost analyses:** Comparison of the performance and efficiency of the three technologies studied can be summarized as follows: under similar conditions of aluminium concentration and pH the three technologies attain similar results (overall efficacies are 93.6; 89.8 and 98.8 % for the processes). For this reason, comparison of the operating costs of the three processes is a critical issue in recommending the use of one of the technologies. In this context, it is important to note that the aim of this study has been to compare the operating costs of the three dosing technologies, and to estimate the total costs of each one. Thus, a preliminary economical evaluation has been carried out, in which the items that can be considered to be the same in both processes, such as labour cost and management of the sludge have not been included in the calculations. In this context, the following assumptions have been made for the economical estimation (Pablo et al., 2008):

- The labour costs required in the three processes should be similar, despite the management of reagents involved in the conventional dosing of reagents, because the three processes can easily be automated. Also, the amount of sludge produced in the three processes must be similar, and therefore, the costs related to management of the sludge can be considered to be the same. The technique of cost estimate in literature such as Steel and McGhee (1979); Oladepo et al (2011) was adopted for capital and operational costs.

- The electrocoagulation cell is properly designed, that is, the turbulence generated by

the gas bubbles emerging from the electrode surfaces is conveniently used to promote mixing of the electro-dissolved coagulants, and the electroflocculation process. In principle, this fact should not increase the cost of the cell, as a simple layout of the electrodes in a parallel and slightly slanting position allows promotion of both effects. As a consequence, additional mechanical mixing is not required to promote either coagulation or flocculation processes. In addition, in the electrochemical process it is not necessary to consider the energy consumption derived from the dissolution of solid coagulants (salts) to prepare the liquid reagent to dose the coagulation process.

- To estimate the power necessary for mixing in conventional coagulation and modified conventional coagulation processes, the velocity gradient  $G$  ( $s^{-1}$ ) has been used. This parameter is a function of the mixing velocity, the type of impeller, and the ratio between the tank and the impeller sizes as follows:

$$G = \sqrt{\frac{P}{mV}} \quad (6)$$

Typical values of parameter  $G$  are reported in the literature for the coagulation stage:  $900 s^{-1}$  for 30 s, and for the flocculation stage:  $25 s^{-1}$  for 30 minutes. To calculate the mixing power necessary to prepare the coagulant solution, the author used a medium value for  $G$  of  $700 s^{-1}$  for 10 minutes (Steel and McGhee, 1979; Viessman and Hammer, 1993; Tebbutt, 1991; Pablo et al., 2008).

- The operating costs of the conventional and modified convention coagulation process involve the costs related to the price of the coagulant reagents, and the energy consumption required for mixing in coagulation and flocculation processes. In addition, solid coagulants are used, it is necessary to consider the mixing required to prepare the coagulant solution. The energy consumption related to the pumping of the coagulant solutions was not considered to be negligible. To estimate the energy costs, one must take into account that the prices of electricity are highly dependent on the particular country. The present unitary electricity cost for industrial use in Nigeria is around  $0.33 \$kWh^{-1}$ .

Table 1. Quantitative and quality analysis of the water samples (influent and effluent qualities)

Parameters	Influent	Electrochemical Treatment		Conventional water Treatment technique		Modified Conventional water Treatment technique		WHO limits
		Effluent	Efficiencies (%)	Effluent	Efficiencies (%)	Effluent	Efficiencies (%)	
pH	6.5 ± 0.4	6.8 ± 0.3		6.8 ± 0.5		6.8 ± 0.4		6.8-7.2
Turbidity (NTU)	740 ± 70	20 ± 5	97.3	36 ± 5	95.1	28 ± 6	96.2	< 5
Dissolve Oxygen (DO) (mg/L)	3.3 ± 0.8	4.8 ± 0.4		3.5 ± 0.2		3.6 ± 0.3		
Suspended Solid (mg/L)	53.9 ± 12.2	5.1 ± 0.3	94.0	9.1 ± 0.2	89.2	8.7 ± 0.4	89.6	
Dissolved Solid (mg/L)	128.6 ± 37.5	325.6 ± 0.4		354.6 ± 0.5		351.5 ± 0.7		500
Coliform count (MPN)	3500 ± 100	Nil	100	Nil	100	Nil	100	0
Sulphate (mg/L)	4.2 ± 1.5	4.3 ± 0.6		80.7 ± 0.6		78.9 ± 0.8		250
Chloride (mg/L)	15.7 ± 8.6	15.7 ± 8.6	0	15.7 ± 8.6	0	15.7 ± 8.6	0	250
Nitrate (mg/L)	14.5 ± 3.6	14.5 ± 3.6	0	14.5 ± 3.6	0	14.5 ± 3.6	0	10 mg/l
Lead (mg/L)	0.05 ± 0.01	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0
Cadmium (mg/L)	0.03 ± 0.01	0.0	100	0.0	100	0.0	100	0
Chemical Oxygen Demand (COD) mg/l	61.5 ± 18.7	16.3 ± 0.1	73.5	23.5 ± 0.6	61.8	24.2 ± 0.4	60.7	120
Overall efficacies			93.6		89.8		89.8	

- The operating costs of the electrocoagulation process involve the price of the aluminium rod (used as electrodes) and the energy costs for their electrodisolution. The results obtained in the study of electrodisolution of aluminium have been borne in mind in estimating the energy consumption for the electrodisolution of aluminium. Previous study has

$$C_A = 100 \left( \frac{I \cdot W_H}{F \cdot n \cdot q} X \right) \quad (7)$$

In electrochemical process the power consumption P (W) is given as follows:

$$C_E = \left( \frac{I \cdot E_v}{C_H \cdot q} \right) = 100 \left( \frac{F \cdot n \cdot E_v}{W_H \cdot X} \right) \quad (8)$$

The voltage ( $E_v$ ) in the electrodisolution of aluminium has been set for this estimation according to the experimental results obtained in previous work, although this parameter is strongly dependent on the conductivity of the raw water treated.

- Regarding the separation of solids (pollutants with reduced solubility), in the case of conventional coagulation, the most favourable conditions have been assumed: the solids can settle rapidly, and therefore, it is not necessary to use the dissolved air flotation processes that would increase the cost of the treatment. In this context, in the electrochemical process the gas bubbles produced on the surface of the electrodes promote the separation of solids to the top of the cell (electroflotation process). Taking all of this into account, the separation of solids has not been considered to increase the cost of either of the coagulation processes.

- Concerning the operational comparison of the three processes, it was found that the changes in pH are different in the three dosing technologies. For this reason, it was necessary to adjust the final pH of the raw water to obtain recommended pH value.

The operational costs depend on the characteristics of the raw water, and especially, on the concentration of coagulant necessary to treat it. Figure 3(a and b) shows graphically a comparison of the total and operational costs obtained for the three doses of aluminium studied. It can be observed that the operational costs

shown that the concentrations of aluminium electrodisolved are more than those values predicted by Faraday's Law, due to chemical corrosion of the electrodes.

Thus, the aluminium concentrations have been related to the Faraday's Law by an empirical equation as follows (Pablo et al., 2008):

of the three alternatives studied are of the same order of magnitude, and that they are strongly dependent on the aluminium dose: higher aluminium doses lead to increasing operating costs. In all cases, conventional coagulation with the addition of aluminium sulphate presents the highest operational costs. This fact can be explained taking into consideration that this coagulant (aluminium sulphate) is the most expensive (imported into the country), and in addition, it requires dissolution, giving an important energy consumption and this coagulant is supplied as solid. On the other hand, it can be observed that the electrocoagulation process presents the lowest operating costs for low and intermediate aluminium doses (volume of raw water). In this context, the difference between the operating costs of the three processes is most for the lowest dose of aluminium. This fact can be explained bearing in mind that the conventional process involves fixed costs related to the requirement for mixing, whereas in the electrochemical process mixing is accomplished by the turbulence produced by the formation of gas bubbles of oxygen and hydrogen (and there are no additional costs). Finally, it can be observed that increasing the aluminium dose led to higher operational costs for the electrochemical process. This behaviour can be explained taking into account the economic estimation carried out, as increasing amounts of aluminium electrodisolved lead to decreases in the process yield. This can be attributed to many factors such as high values of electrical charge,

higher yields of electrodisolution ( $X$ ), high electrical charges mean high values of current intensity ( $I$ ), increasing the cell voltage ( $E_v$ ) more separation distance between the electrodes, more required treatment time, lower radius of the aluminium rods and less conductivity (higher resistance). However, the increase in cell voltage is strongly related to the characteristics of the raw water, so that the electrocoagulation process has

low operating costs when treating raw waters with high conductivity. In addition, it is necessary to consider that operational costs of other factors such as cost of oxygen and hydrogen produced, properties of the sludge and alternative power sources such as fuel, solar panel etc. This would lead to lowering of the operating costs for the global process (electrocoagulation–electroflocculation–electroflotation).

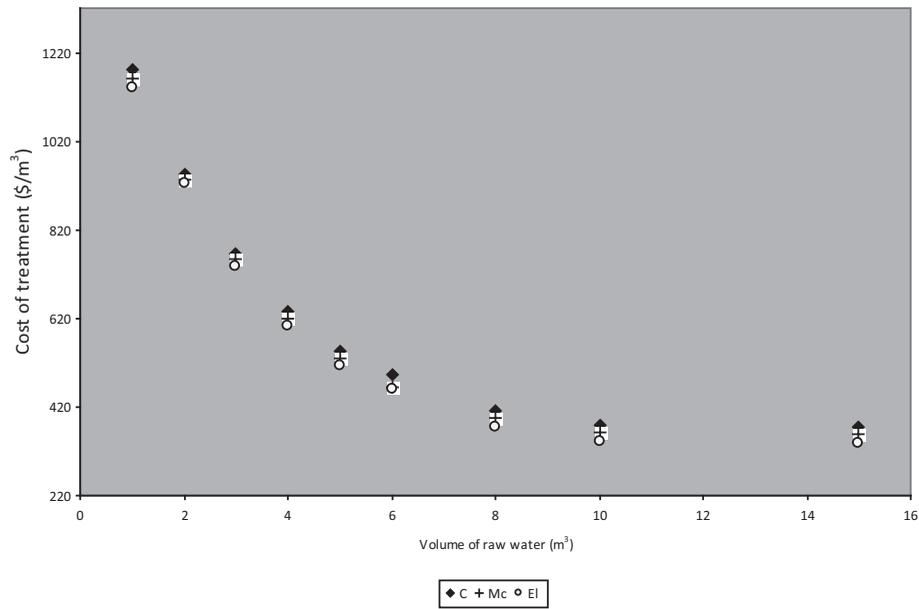


Figure 3a. Estimated total cost of the treatment techniques

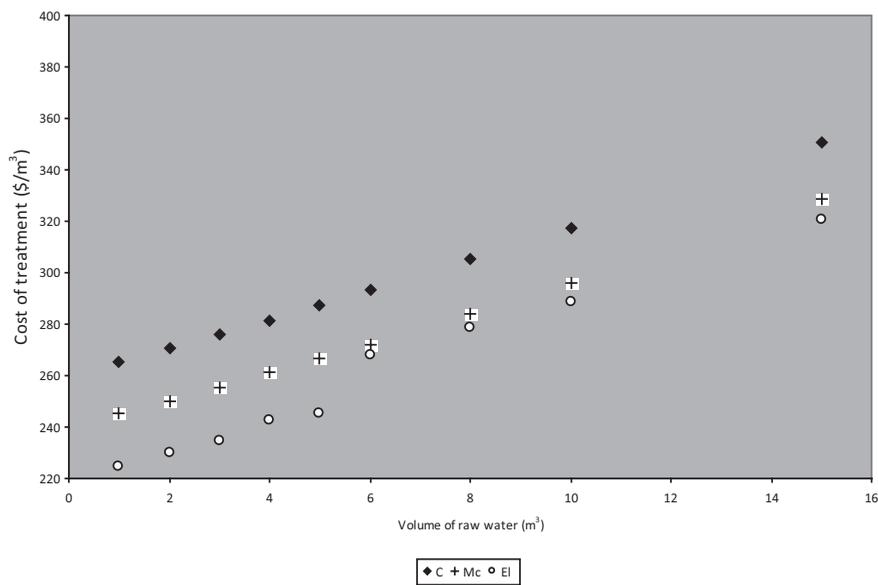


Figure 3b. Estimated operational cost of the treatment techniques

## CONCLUSIONS

This study compared efficacies of three water treatment techniques toward production and delivery of safe water to the consumers. Raw water samples were collected and subjected to conventional, modify conventional and electrochemical treatment techniques. Performances of these techniques were monitored. Based on performance of these treatment techniques it was concluded that:

- Electrochemical is a promising technique for treating raw water technically and economically;
- There is a need to conduct a full environmental economy analysis of these water treatment techniques

## SYMBOLS

$A_1$	low turbidity and low pollution
$A_2$	medium turbidity and low pollution
$A_3$	high turbidity and high pollution
$C_1$	final concentration
$C_{Al}$ ( $g\ dm^{-3}$ )	aluminium concentration,
CE	consumption of energy ( $W\ s\ g^{-1}\ Al$ )
$C_o$	initial concentration
COD	Chemical oxygen demand
DO	dissolved oxygen ( $mg/l$ )
$E_o$ ----- $E_n$	individual efficiency (%)
$E_c$	Combination efficiencies (%)
$E_v$	the voltage (V),
F	Faraday's constant,
G	velocity gradient
I	current intensity (A)
mg/l	milligram per litre
MPN	most probable number
n	corresponds to the number of electrons involved,
np	number of parameters
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
P	the mixing power (W),
q	volumetric flow rate of the electrolyte ( $dm^3\ s^{-1}$ ).
V	volume of the tank..
$W_{Al}$	atomic weight of aluminium,
WHO	World Health Organization
X	electrodissolution yield (%)
$\mu$	the viscosity of the liquid,

## REFERENCES

- Alaa G. M. Osman, W. K. 2010. Water Quality and Heavy Metal Monitoring in Water, Sediments, and Tissues of the African Catfish *Clarias gariepinus* from the River Nile, Egypt. *Journal of Environmental Protection*, 1, 389-400.
- APHA, 1998. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 20<sup>th</sup> edn, America Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Washington DC.
- Chen, G 2004. Electrochemical technologies in wastewater treatment. *Separation. Purification Technologies* 38(1), 11-41.
- Dake, N.B. 1983. *Essentials of Engineering Hydraulics*. Hong Kong: Macmillan Press.
- Ellis, K.M., 1988. *Surface Water Pollution and its Control*, 2nd Edn., Macmillan, London.
- Metcalf and Eddy Inc., 1991. *Wastewater Engineering Treatment Disposal and Reuse*, 3<sup>rd</sup> Edn., McGraw Hill Book Company, New York, USA.
- Noyes, R. 1994. *Unit Operations in Environmental Engineering*, 1st edn, Noyes Publication, New Jersey.
- Oke I. A., Olorunniwo E. O., E. A. Taiwo, G. M. Oyatogun, Atanda P. O. and A. A. Obiniyi 2012 Edited: Kostas Demadis. *An Overview of Electrochemical: Technique for Decolouring Aqueous Solutions with Optimization and Economics in Water Treatment Processes*, First edition, Nova Science Publishers, Inc. New York.
- Oke, I. A 2007. "Development and Performance- Testing of an Electrochemical Process for Selected Industrial Wastewaters". Unpublished PhD. Thesis, (Civil Engineering Department), Obafemi Awolowo University, Ile-Ife.
- Oke, I. A.; 2011. A Water Purification Technique In 21<sup>st</sup> Century: A Trial On Rural Water Sources. A paper presented at 5<sup>th</sup> WARIMA Conference, Sierra Leone 29<sup>th</sup> November – 2<sup>nd</sup>.
- Oladepo, K.T.; I.A. Oke and M.O. Ogedengbe 2011. Evaluation of An Electrochemical Method of Coagulation for Surface Water Treatment. *Ife Journal of Technology, Special Issue*. 20 (2), 81-88.
- Pablo C. F. Mart'inez, C. J., Cristina S. and Manuel A. R.2009. Technical and economic comparison of conventional and electrochemical coagulation processes. *J Chem Technol Biotechnol*. 84: 702–710.
- Steel, E.W., and McGhee, J.T. 1979. *Water Supply and Sewerage*, 1st ed. Tokyo: McGraw Hill Book Company.
- Tebbutt, T.H.Y., 1991. *Principles of Water Quality Control*, 3<sup>rd</sup> edn, Pergamon Press, Oxford.
- Umran, T.U; Koparal, A.S and Ulker, B.O. 2009 Electrocoagulation of Vegetable oil Refinery Wastewater Using Aluminium electrodes. *Environmental Management* 90, 428-433.
- Viessman, W., and Hammer, M. 1993. *Water Supply and Pollution Control*. New York: Harper Collins College Publishers.

## Trend and Frequency Analyses of Rainfall in North West Geopolitical Zone of Nigeria

Abubakar Ismail<sup>2</sup>, Isaiah Adesola OKE<sup>1</sup>

**ABSTRACT:** The major occupation of people in the North-west geopolitical zone of Nigeria is farming, which depends on rainfall and other factors. It is well known that climate change has been contributing to change in amount of rainfall worldwide. In this paper the existence of trend and rainfall frequency analyses were conducted on rainfall data in North-west geopolitical zone of Nigeria with a particular attention to yearly total rainfalls using Mann- Kendall and Sen's slope techniques as well as Pearson log type III distribution. Rainfall data from 1905 – 2008 were collected from five locations in the region and the test were conducted using standard methods stated in literature. The study revealed that there are trends in the rainfall in the region and Sen's test revealed that the trends are significant at 99 % confidence level. Sen's slopes revealed that there are downward trends in the rainfall for the last 30 years in all the five locations. The slopes are -0.94, -6.91; -0.94; -0.84 and -5.66 mm/year for Sokoto, Kano, Kebbi, Kaduna and Katsina respectively. Rainfall frequency analyses for 2 years return period for these locations (Sokoto, Kano, Kebbi, Kaduna and Katsina) are 651.08 mm; 844.42 mm 735.68 mm, 1168.47 mm and 669.52 mm respectively. It was concluded that there are downward trends in the rainfall in last 3 decades for all the locations.

**Keywords:** Hydrological data, Rainfall, Sen's estimator, Trend analysis, Non-parametric tests

## Nijerya'nın Kuzeybatı Jeopolitik Bölgesine Düşen Yağış Miktarlarının Eğilim ve Frekans Analizi

**ÖZET:** Nijerya'nın kuzeybatı jeopolitik bölgesinde yaşayan insanların büyük çoğunluğu yağış miktarı ve diğer faktörlere bağlı olarak tarımla iştigal ederler. İklim değişikliğinin dünya çapında yağıştaki miktar değişimine katkı sağladığı bilinmektedir. Bu çalışmada mevcut olan yağış frekans ve eğilim analizlerinde Pearson log tip III dağılımı hem de Mann-Kendall ve Sen'in eğim teknikleri kullanılarak yıllık yağış miktarlarının toplamalarına dikkatle Nijerya'nın kuzeybatı jeopolitik bölgesindeki yağışlar üzerine odaklanılmıştır. 1905-2008 yılları arasındaki yağış bilgileri bölgedeki beş yerden toplanmış ve literatürde verilen standart metotlarla test edilmiştir. Çalışma, bölgedeki yağışlarda eğilimler olduğu, bu eğilimlerin Sen'in testlerine göre % 99 oranında önemli seviyeye sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Sen'in eğimleri tüm yerleşim yerlerinde son 30 yılda aşağı doğru eğilimlerin var olduğunu açığa çıkarmıştır. Eğimler Sokoto, Kano, Kebbi, Kaduna ve Katsina için sırasıyla -0.94, -6.91; -0.94; -0.84 ve -5.66 mm/yıl şeklindedir. Yağış frekans analizi bu yerleşim yerlerinde 2 yıllık geriye dönük periyotlar için 651.08 mm; 844.42 mm 735.68 mm, 1168.47 mm ve 669.52 mm (Sokoto, Kano, Kebbi, Kaduna ve Katsina) sırasıyla ölçülmüştür. Tüm yerleşim birimlerinde son 30 yılda yağışta azalma eğilimi olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Hidrolik veriler, yağış, trend analizi, parametrik olmayan testler

<sup>1</sup> Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Engineering, Civil Engineering, Ile-Ife, Nijerya

<sup>2</sup> Ahmadu Bello University, Zaria, Engineering, Water Resources and Environmental Engineering, Zaria, Nijerya  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Isaiah Adesola OKE, okeia@oauife.edu.ng

**INTRODUCTION**

Part of Nigeria is located in African Sahel. The Sahel is characterized by strong climatic variations and an irregular rainfall (Nwafor 2007; Umoh 2007). It was reported that rainfall decrease of 29-49% has been observed in the 1968-1997 period compared to the 1931-1960 baseline period within the Sahel region (Odjugo, 2005). The West Africa region has experienced a marked decline in rainfall from 15 to 30% depending on the area

(Nkomo et al., 2006). The pattern of rainfall in northern Nigeria (North West geopolitical zone inclusive, Figure 1) is highly variable in spatial and temporal dimensions with inter-annual variability of between 15 % and 20% (Abaje et al., 2010). As a result of the large inter-annual variability of rainfall, it often results in climate hazards, especially floods and severe and widespread droughts with their devastating effects on food production and associated calamities and sufferings.



**Figure 1(a).** Map of Nigeria showing the six geopolitical zones



**Figure 1(b).** Map of Nigeria showing all the states and six geopolitical zones

Crops and animals derived their water resources largely from rainfall. It is considered as the main determinant of the types of crops that can be grown in the area and also the period of cultivation of such crops and the farming systems that can be practiced. The climate is semiarid with a zone of savannah-type vegetation as part of the sub-Saharan Sudan belt of West Africa. These show that a detailed knowledge of rainfall regime is an important prerequisite for agricultural planning. The effects of climatic change and variability have been analysed by many researchers in a variety of geophysical fields. Most previous studies concerning climatologic trends using non-parametric test are Hirsch et al., (1982), Van Belle and Hughes (1984); Kahya et al. (1998) for water quality variables; Kalayci and Kahya (2004) for streamflow; Zhang et al. (2000) for precipitation; and Cengiz et al. (2003) for lake levels. From these and other studies, a range of potential climatic impacts on the hydrologic regime for various geographic areas can be hypothesized. Correlations between hydrologic variables and meteorological variables were evaluated by Burn and Hag Elnur (2002), which documented similarities in trends and hydrologic patterns in two different variables at selected locations. The study utilized only the Mann–Kendall test to detect trends for 18 hydrologic variables that reflect different parts of the hydrologic cycle from a network of 248 Canadian streamflow catchments.

Previous studies that used Kendall's test to identify hydroclimatologic trends and possible climatic variations include: Van Belle and Hughes (1984) described two classes of procedures in detail; intrablock methods (procedures that compute a statistic, such as Kendall's  $\tau$ , for each block or season and then sum these to produce a single overall statistic) and aligned ranks method (procedures that first remove the block effect from each datum, second sum the data over blocks, and finally produce a statistic from these sums (Partal and Kahya, 2006). Van Belle and Hughes (1984) found that aligned rank methods are asymptotically more powerful than intrablock methods; however, intrablock methods are more adaptable. Lettenmaier et al. (1994) looked for evidences of long-term trends in precipitation, mean temperature, temperature range, and streamflow over the continental USA by adopting the Mann–Kendall test. Lettenmaier et al. (1994) tried to investigate seasonal and spatial characteristics of climatic variables using large data sets of 1009 streamflow stations and 1036 stations, a subset of the Historical Climatologic Network throughout the continental USA. In the study, increase in precipitation during autumn was found in a quarter

of the entire stations, mostly located in the central part of the USA. Yue and Hashino (2003) studied long term trends in Japanese annual and monthly precipitation and generally found significant negative trends. Zhang et al. (2000) analysed precipitation totals and ratios of snowfall to total precipitation in Canada during the 20th century and pointed out a prevailing wetter pattern in Canadian climate. The study emphasised significant increasing trends in annual precipitation totals and decreasing trends in winter precipitation. As a follow-up study, Zhang et al. (2001) searched trends in 11 hydrometric variables in Canadian catchments by applying a method proposed by Von Storch and Navarra (1995) to eliminate the effects of serial correlation prior to performing the Mann–Kendall test. It was noted, in general, decreasing streamflow trend characteristics. Hirsch and Slack (1984) propose an extension of the Mann–Kendall test for trend (especially robust against serial correlation effects). It was highlighted that when there is no serial correlation, this test is less powerful than a related simpler test that is not robust against serial correlation.

Lins and Slack (1999) evaluated 395 streamflow records in the USA for the presence of trends in selected quantiles of discharge. The study made a general statement to the effect that the USA streamflow climatology is getting wetter but having less extreme events. When it comes to reviewing germane studies in Turkey, a limited number appear to be available. For streamflow variables, Kahya and Kalayci (2004) identified the regions of western and southeastern Turkey as an area of significant decreasing trends. These streamflow trends were said to be all season-wise homogeneous; at the same time, some of those were noted to be homogeneous station-wise as well. Cıgızoglu et al. (2003) investigated trend existences in maximum, mean and low flows in Turkish rivers using daily mean values for nearly 100 stations. The study detected trends in the majority of rivers located in western and southern Turkey, as well as in some parts of central and eastern Turkey. The number of trends in the mean and low flow data was larger than that of maximum flow data. Türkeş et al. (1995) applied four statistical tests to the annual mean temperature series over Turkey and concluded that these series were generally dominated by a cooling tendency in the last two decades. Kadıoğlu (1997) used the seasonal Kendall test to detect temperature trends across Turkey and observed that there was a tendency for a warming trend over the period 1939–89, in contrast to a tendency for a cooling trend lasting from 1955 to 1989 (Partal and Kahya, 2006). Karaca et al.

(1995) applied the Mann–Kendall test and the method of linear regression to the monthly mean temperatures to detect the urban heat-island effects in Istanbul. The study found positive trends for southern stations and negative trends for northern stations in Istanbul. Toros (1993) examined seasonal and annual rainfall data of the western part of Anatolia using 68 stations for the period 1930–92, finding a decrease in rainfall after 1982 and concluding that this decrease did not result from climatic change, but rather was only due to rainfall fluctuations. Türkeş (1996) analysed the spatial and temporal characteristics of Turkish annual mean rainfall data for long-term trends, for fluctuations and changes in runs of dry and wet years, and rainfall-regime regions at 91 stations with a recording length ranging from 54 to 64 years. Annual rainfall series of 17 stations exhibited a significant trend in the mean, and the majority of trends had a downward direction (Partal and Kahya, 2006). Previous studies in Nigeria involves karfanchan (Abaje et al., 2010), Port Harcourt , Sokoto and other locations across Nigeria. The trend-related studies concerning Nigeria have not show trend in Kano and other parts of Northwest of Nigeria. The purpose of this study is to characterize trend of total amount of rainfall in North West geopolitical zone of Nigeria (Figure 1) with a particular attention to rainfall trend and rainfall frequency analyses.

## MATERIALS AND METHOD

Information on rainfall (1905 to 2008) in selected locations (Kano, Sokoto, Birnin Kebbi, Katsina and Kaduna) in North West geopolitical zone of Nigeria were collected from literature such as Akintola (1986), institutions, local government headquarters, state and Federal government archives (Ministry of Water Resources; Nigerian Meteorological Agency (NIMET) Abuja; etc). The data were analysed using standard methods with a particular attention to yearly total, mean and maximum rainfalls. Non- parametric tests were conducted using Mann- Kendall and Sen’s slope techniques and rainfall frequency analyses were conducted using log-Pearson type III method. Figure 2 presents the procedure and steps of the methodology used. Estimates of the recurrence interval (T) were obtained using the Cunane plotting position formula for Log Pearson Type III distribution as follows:

$$T = \frac{N + 0.2}{R_i - 0.4} \quad (1)$$

Where; N is the number of years of record and  $R_i$  is the rank obtained by arranging the annual flood series in descending order of magnitude with the maximum being assigned the rank of 1.

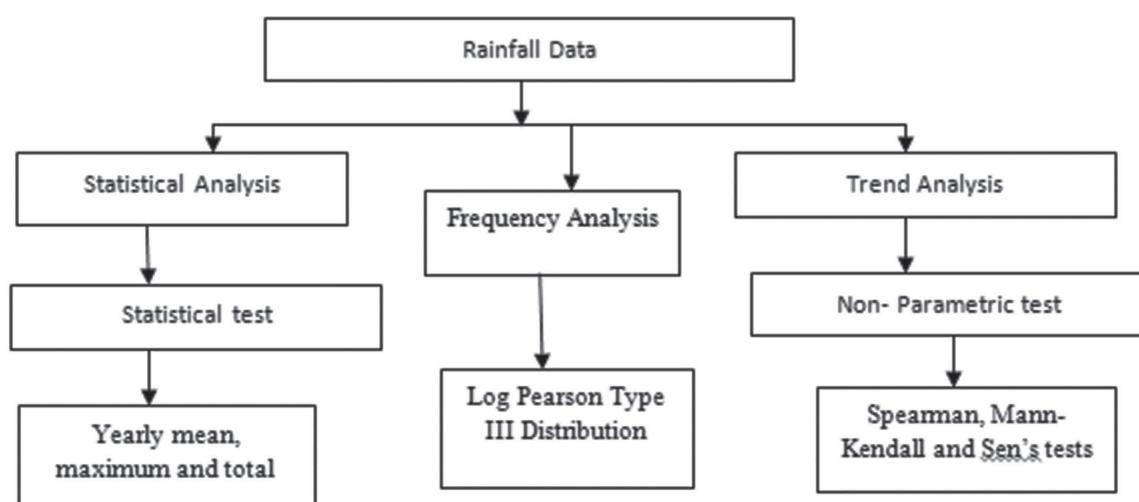
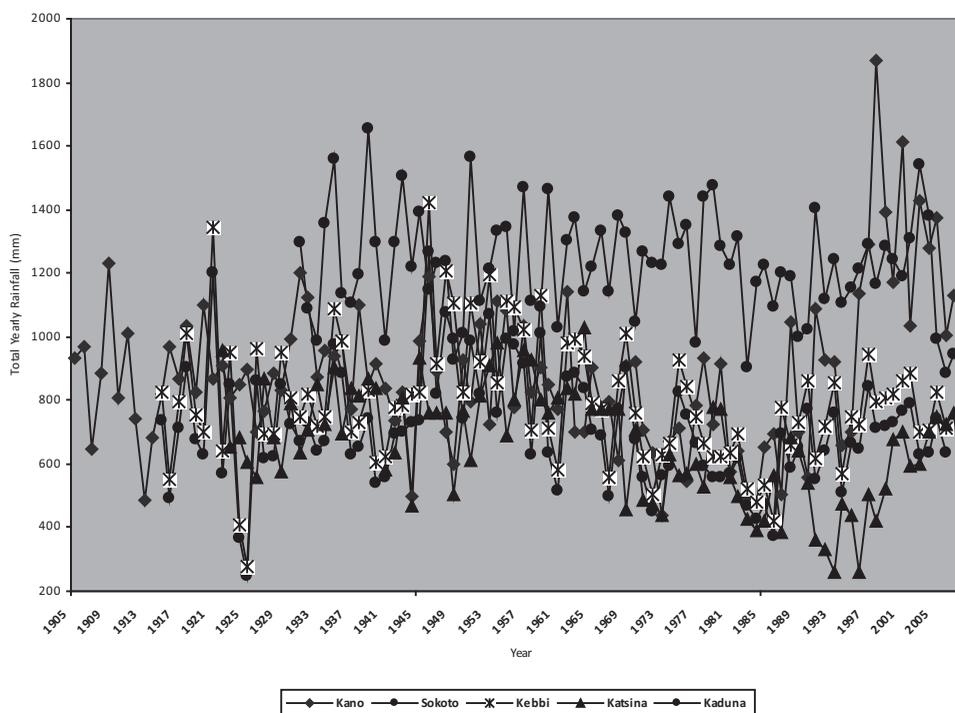


Figure 2. Procedures of analysis methodology used in this study

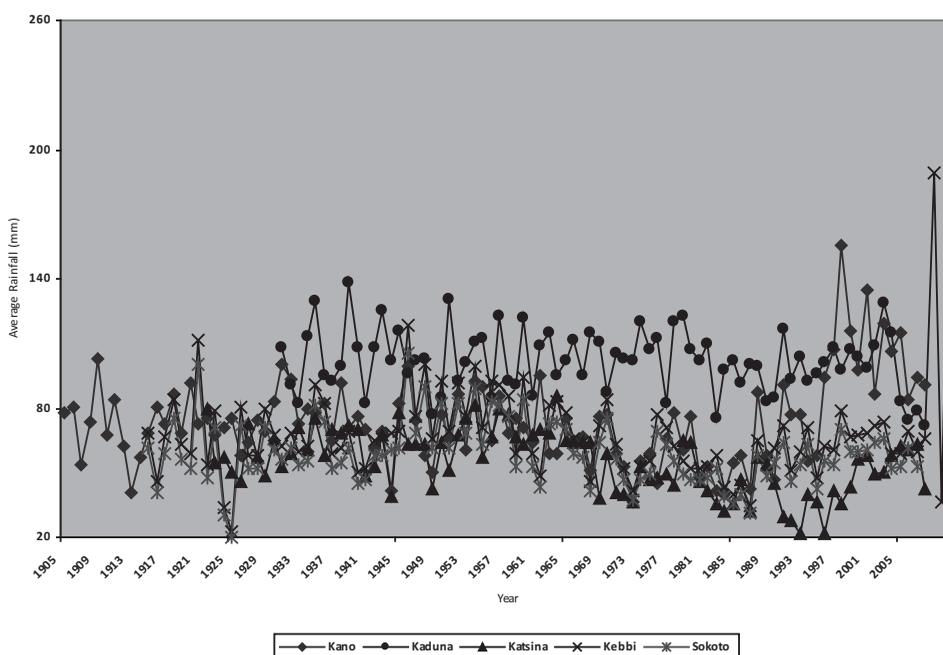
**RESULT AND DISCUSSION**

Result of this study is discussed in the following categories: statistical parameters for the rainfall

from the five locations, trend analysis of the rainfall from these locations and log-Pearson type III method.



**Figure 3(a).** Annual rainfall of the selected locations.



**Figure 3(b).** Average rainfall of the selected locations.

Statistical parameters for the rainfall from the five locations: Figure 3 shows yearly total and mean rainfall from these locations. Table 1 presents monthly mean, total and maximum rainfall from these selected locations. Figure 3(a and b) presents time series of the rainfall in the five locations. Table 1 shows statistical data on the rainfall from these selected locations. These data presented in these figure and table are useful in the water resource and water management. The data provide variation in the rainfall and specific parameters of the rainfall. In addition, these information are useful for planning and budgeting in agriculture sector (beginning and end of rainfall in the region, range of rainfall, monthly rainfall expected and well as average yearly rainfall). It can be seen clearly from the figure and the table that rainfall is a function of many factors such as location, longitude, latitude, elevation etc.

Figure 1 provides location of these locations on the map of Nigeria. From this figure Sokoto (latitude 12.68°N; longitude 5.31°E and 272 m above sea level) is above Kebbi (latitude 12.69°N; longitude 4.26°E and 261 m above sea level) and the average annual rainfall increased from 556 mm per year to 582 mm per year, which indicates that rainfall drops with increasing latitude toward the North of equator. Also, Katsina (latitude 13.03°N; longitude 8.13°E and 461 m above sea level) and Kano (latitude 11.66°N; longitude 9.18°E and 449 m above sea level) are very close to each other, but rainfall dropped from 642 mm per year in Kano to 619 mm per year in Katsina, which indicates that rainfall drops with longitude towards the eastern part of Greenwich Meridian. Kaduna (latitude 10.62°N; longitude 8.48°E and 755 m above sea level) is below other locations but has the highest average annual rainfall, which indicates that rainfall increases with reduction in latitude toward equator from the North. These agree with literature such as Ismail and Oke (2012) which provides a statistical

model that relates average annual rainfall to these three factors (longitude, latitude and elevation).

**Trend analysis of the rainfall from these locations:**

The Spearman rank-correlation coefficient is described as follows (Loveday, 1980; Antonopoulos et al., 2001):

$$R_{sp} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n D_i^2}{n_c(n_c^2 - 1)} \tag{2}$$

Where;  $n_c$  is the total number of values in each time series,  $D$  is the difference in the rank and  $i$  is the chronological order number. The difference between rankings is computed as  $D_i = R_{xi} - R_{yi}$ , where:  $R_{xi}$  is the rank of a measured variable in chronological order and  $R_{yi}$  is the series of measurements transformed to its rank equivalent, by assigning the chronological order number of a measurement in the original series to the corresponding order number in the ranked series,  $y$ . The null hypothesis,  $H_0: R_{sp} = 0$  (there is no trend), against the alternate hypothesis,  $H_1: R_{sp} < \text{or} > 0$  (there is a trend), is checked with the test statistic(Antonopoulos et al., 2001):

$$t_t = R_{sp} \left[ \frac{n-2}{1-R_{sp}^2} \right]^{0.5} \tag{3}$$

Where;  $t_t$  has Student's t-distribution, with  $v = n-2$  degrees of freedom. The study revealed that there are trends in the rainfall in the region (Table 2). The values of Spearman rank correlation coefficient range from 0.76 to 0.99. The values  $t_t$  range from 49.36 to 2656.03 with a critical value of 2.75. These show that there are trends in the rainfall in these selected locations. The trends are also significant ( $t_c$ . 2.75) at 99 % confidence level.

**Table 2.** Trend analysis of the rainfall data at various location

Location	$R_{sp}$			$t_t$			Degree of freedom ( $n_c$ )	Critical value of t-distribution at 99% confidence level
	Group A	Group B	Group C	Group A	Group B	Group C		
Sokoto	0.89	0.91	0.82	128.30	151.70	71.23	30	2.75
Kebbi	0.89	0.91	0.82	128.30	151.70	71.23	30	2.75
Kano	0.76	0.75	0.83	2656.43	2656.43	2656.43	34	2.72
Kaduna	0.99	0.99	0.98	52.83	49.36	78.01	25	2.79
Katsina	0.92	0.89	0.88	164.08	112.35	110.37	28	2.74

Table 1. Statistical Summary of the rainfall data from all the locations

Location	Statistical parameters/Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	
Kano	Mean	0.03	0.23	1.69	13.60	60.79	123.77	224.85	314.90	140.41	13.49	0.05	0.00	
	Maximum	1.52	8.10	69.08	187.32	225.80	329.30	604.10	571.80	444.10	117.02	4.31	0.00	
	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	6.50	32.50	50.50	26.90	0.00	0.00	0.00	
	Median	0.00	0.00	0.00	2.03	48.20	112.52	207.15	308.61	120.70	4.57	0.00	0.00	0.00
	SD	0.18	1.14	7.90	26.38	46.42	61.77	104.88	101.51	74.34	19.49	0.45	0.00	0.00
Sokoto	Mean	0.03	0.06	1.65	13.07	47.80	126.81	174.94	224.04	127.41	25.11	0.09	0.00	
	Maximum	3.00	3.00	33.30	105.10	154.43	355.10	361.60	509.50	374.90	114.30	8.90	0.00	
	Minimum	0.03	0.06	1.65	0.25	0.50	9.91	56.80	67.20	20.30	0.50	0.09	0.00	
	Median	0.00	0.00	0.00	7.30	40.15	122.05	162.35	207.13	115.78	17.54	0.00	0.00	
	SD	0.31	0.42	5.85	17.17	37.48	71.40	71.87	91.18	72.17	22.15	0.92	0.00	0.00
Kebbi	Mean	0.04	0.07	1.86	9.06	49.97	138.18	194.33	242.24	135.01	16.68	0.11	0.00	
	Maximum	3.36	3.36	37.30	117.71	172.96	397.71	404.99	570.64	419.89	128.02	9.97	0.00	
	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.10	63.62	75.26	0.00	0.00	0.00	0.00	
	Median	0.00	0.00	0.00	5.15	43.57	135.18	182.45	222.88	128.30	9.07	0.00	0.00	
	SD	0.35	0.47	6.56	19.23	41.98	79.97	80.49	102.12	80.83	24.80	1.03	0.00	0.00
Kaduna	Mean	0.19	2.24	12.01	53.41	128.28	170.98	221.30	295.05	260.56	74.31	3.00	0.52	
	Maximum	14.50	50.80	84.84	232.66	309.88	296.50	406.60	548.80	466.60	255.81	42.10	33.78	
	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	14.51	45.30	67.56	123.44	22.85	2.80	0.00	0.00	
	Median	0.00	0.00	2.72	43.81	121.40	175.39	217.55	301.50	265.75	58.34	0.00	0.00	
	SD	1.64	8.72	19.44	45.56	58.09	47.27	69.60	83.28	82.28	60.71	8.60	3.90	
Katsina	Mean	0.03	0.01	0.46	4.07	43.09	82.01	140.76	214.03	147.20	30.17	1.85	0.13	
	Maximum	1.78	0.51	11.20	32.00	158.50	209.30	341.00	425.45	419.10	198.88	59.20	11.70	
	Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	35.05	66.80	14.73	0.00	0.00	0.00	
	Median	0.00	0.00	0.00	0.00	33.60	67.82	136.40	208.03	113.10	10.41	0.00	0.00	
	SD	0.21	0.06	1.94	6.86	36.14	44.14	75.87	80.80	98.82	44.23	7.80	1.25	

**Sen's estimator:** It is well known that if a linear trend is present in a time series, then the true slope (change per unit time) can be estimated by using a simple non-parametric procedure developed by Sen (1968). The slope estimates of N pairs of data are first computed as follows (Partal and Kahya, 2006; Drapela and Drapelova, 2011):

$$f(t) = Q(t) + b \tag{4}$$

$$Q_l = \frac{X_j - X_k}{j - k} \tag{5}$$

$$\text{For } Q \begin{cases} \frac{1}{2} \left( \frac{Q_N}{2} + \frac{Q_{N+2}}{2} \right) & \text{if } N \text{ is even} \\ \frac{Q_{N+1}}{2} & \text{if } N \text{ is odd} \end{cases} \tag{6}$$

Sen's estimators revealed that there are changes in yearly total rainfalls (Table 3) for the year 1905 - 1939; increased by 5.37 mm/year for the year 1940 - 1974; dropped by 6.91 mm/year for the year 1975 - 2008 with overall drop of 1.76 mm/year for the year 1905 - 2008.

**Table 3.** Trend analysis of the rainfall data at various location

Location	Sen's slope (mm/year)			S			Variance	Z Values		
	Group A	Group B	Group C	Group A	Group B	Group C				
Sokoto	0.64	10.08	-0.94	-2	-6	-6	5.33	-1.30	-3.03	-3.03
Kebbi	0.64	10.08	-0.94	-2	-6	-6	5.33	-1.30	-3.03	-3.03
Kano	-1.60	5.37	-6.91	-6	2	-17	91.00	-0.73	0.10	-1.89
Kaduna	0.54	1.09	-0.84	-2	-2	-7	8.33	-1.04	-1.04	-2.77
Katsina	-1.38	11.29	-5.66	-6	-4	-6	1.33	-6.06	-4.33	-6.06

**Mann-Kendall test (M-K):** M-K test is to test the null hypothesis  $H_0$  of no trend (the observations  $x_i$  are randomly ordered in time, against the alternative hypothesis),  $H_1$  (where there is an increasing or decreasing monotonic trend. The data values are evaluated as an ordered time series). Each data value is compared with all subsequent data values. If a data value from a later time period is higher than a data value from an earlier time period, the statistic  $S$  is incremented by 1. On the other hand, if the data value from a later time period is lower than a data value sampled earlier,  $S$  is decremented by 1. The net result of all such increments and decrements yields the final value of  $S$ . The M-K test statistic  $S$  is calculated using the formula (Partal and Kahya, 2006; Drapela and Drapelova, 2011):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \tag{7}$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{if } x_j - x_k > 0 \\ 0 & \text{if } x_j - x_k = 0 \\ -1 & \text{if } x_j - x_k < 0 \end{cases} \tag{8}$$

Where  $x_j$  and  $x_k$  are the annual values in years  $j$  and  $k$ ,  $j > k$ , respectively.

If  $n < 10$ , the value of  $|S|$  is compared directly to the theoretical distribution of  $S$  derived by Mann and Kendall. The two tailed test is used. At certain probability level  $H_0$  is rejected in favour of  $H_1$  if the absolute value of  $S$  equals or exceeds a specified value  $S_{\alpha/2}$ , where  $S_{\alpha/2}$  is the smallest  $S$  which has the probability less than  $\alpha/2$  to appear in case of no trend. A positive (negative) value of  $S$  indicates an upward (downward) trend. The values of  $S$  revealed that there

are downward trend in the rainfall in all the groups and in all the locations ( $S < 0$ ). The downward trends are well pronounced in 1975 -2008 (Group C) than any other group as the values are higher than the values

of  $S$  in other groups. For  $n \geq 10$ , the statistic  $S$  is approximately normally distributed with the mean and variance as follows (Partal and Kahya, 2006; Drapela and Drapelova, 2011):

$$E(S) = 0 \quad (9)$$

$$VAR(S) = \frac{1}{18} \left[ v_x(v_x - 1)(2v_x + 5) - \sum_{p=1}^{\theta} t_p(t_p - 1)(2t_p + 5) \right] \quad (10)$$

Where,  $q$  is the number of tied groups;  $t_p$  is the number of data values in the  $p$ th group. The standard test statistic  $Z$  is computed as follows (Partal and Kahya, 2006; Drapela and Drapelova, 2011):

$$Z = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (11)$$

The presence of a statistically significant trend is evaluated using the  $Z$  value. A positive (negative) value of  $Z$  indicates an upward (downward) trend. To test for either an upward or downward monotone trend (a two-tailed test) at  $\alpha$  level of significance,  $H_0$  is rejected if the  $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$ , where  $Z_{1-\alpha/2}$  is obtained from the standard normal cumulative distribution tables. Table 2 presents the values Sen's estimate (slope), Mann- Kendall test ( $S$ , variance and  $Z$ ). These values of  $S$  and  $Z$  revealed that there are downward trends in the yearly total rainfall in the region ( in all the locations). The downward trends are well spread in the last 30 years (3 decades, between 1975 and 2008). The downward trends are in order of -0.64; 5.66; -0.94 and -0.86 mm/ year..

**Rainfall Frequency Analysis:** Rainfall frequency analysis is a viable method of flood flow estimation in most situations and provides reliable prediction in

regions of relatively uniform climatic condition from year to year and it is now an established method of determining critical design discharge for small to moderately sized hydraulic structures (Izinyon et al., 2011). A random variable is a quantity that depends on chance the values or range of values can be predicted only with probability not with certainty. Literature presents examples of hydrologic random variables as mean monthly or annual stream discharge, precipitation etc. and a frequency relationship represents the likelihood of occurrence of values of a random variable. A distribution function provides a probabilistic model of phenomenon represented by a particular random variable. Standard probability distribution functions commonly used in water resources engineering have been identified in the literature such as Oke (2007) to include Normal, log Normal, Pearson, Log Pearson Type III and Extreme value Type 1 (EVI) and each distribution can be used to predict design floods.

#### The Theory of Log-Pearson Type III Probability

**Distribution:** The log-Pearson Type III distribution is a statistical technique for fitting frequency distribution data to predict the design flood for a river at some site. Once the statistical information is calculated for the river site, a frequency distribution can be constructed. The probabilities of floods of various sizes can be extracted from the curve. The probability density function (PDF) for the distribution is given as (Oke, 2007);

$$f(x) = \frac{\lambda_3^{\beta_3} (x - \epsilon)^{\beta_3 - 1} \epsilon^{-\lambda_3(x - \epsilon)}}{\Gamma(\beta_3)} \quad (12)$$

Because the problem with most hydrologic data is that an equal spread does not occur above and below the mean as the lower side is limited to the range from the mean to zero (although in many cases the minimum may be well above zero) while there is theoretically no limitation on the upper range, it contributes to what is called a skewed distribution. The coefficient of skew (G) being mathematically defined by (Izinyon et al., 2011):

$$G = \frac{N \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{(N-1)(N-2)\sigma^3} \quad (13)$$

Where;  $\sigma$  is the standard deviation. Pearson (1930) proposed a general formulation that fits many probability distribution including the normal, beta and gamma distribution. A form of the Pearson probability distribution called the Pearson type III has 3 parameters that include the skew coefficient as well as the mean and standard deviation. The Pearson Type III distribution is represented as follows:

$$X = \bar{X} + K\sigma \quad (14)$$

Where K = frequency factor determined from Tables (Izinyon et al., 2011). The model parameters X, standard deviation and the skew coefficient (g) are computed from n observations X, with the following formular:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (15)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^N (X_i)\right)^2}{(N-1)}} \quad (16)$$

$$G = \frac{N \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^3}{(N-1)(N-2)\sigma^3} \quad (17)$$

However, the Log Pearson Type III distribution of X which has been widely adopted to reduce skewness is equivalent to applying Pearson Type III to the transformed variable  $\log X$  and it is represented in the literature (Izinyon et al., 2011) as:

$$\log_{10} X = \log_{10} \bar{X} + K\sigma_{\log} \quad (18)$$

Where; X is the discharge value of some specified probability,  $\log X$  is the average of the  $\log X$  discharge values, K is frequency factor.  $\sigma_{\log x}$  is the standard deviation of  $\log x$  values. The frequency factor K is a function of skewness coefficient and return period and can be read from published tables (Izinyon et al., 2011) developed by integrating the appropriate probability density function.

The discharge magnitude for various return periods are found by solving the general equation. The mean, standard deviation of the data and skewness coefficient can be calculated using the following formulae:

$$\log_{10} \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N \log_{10} X_i}{N} \quad (19)$$

$$\sigma_{\log} = \sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^N (\log_{10} X_i)\right)^2}{(N-1)}} \quad (20)$$

$$G = \frac{N \sum_{i=1}^N (\log_{10} X_i - \log_{10} \bar{X})^3}{(N-1)(N-2)\sigma_{\log}^3} \quad (21)$$

Where; N is the number of entries of X the flood of some specified probability  $\log X_i$  is the average of the  $\log x$  discharge values, Tables 4 and 5 present information on results of rainfall frequency analyses and applications respectively. Figure 4 shows relationship between rainfall and return period (application of log-Pearson type II distribution).

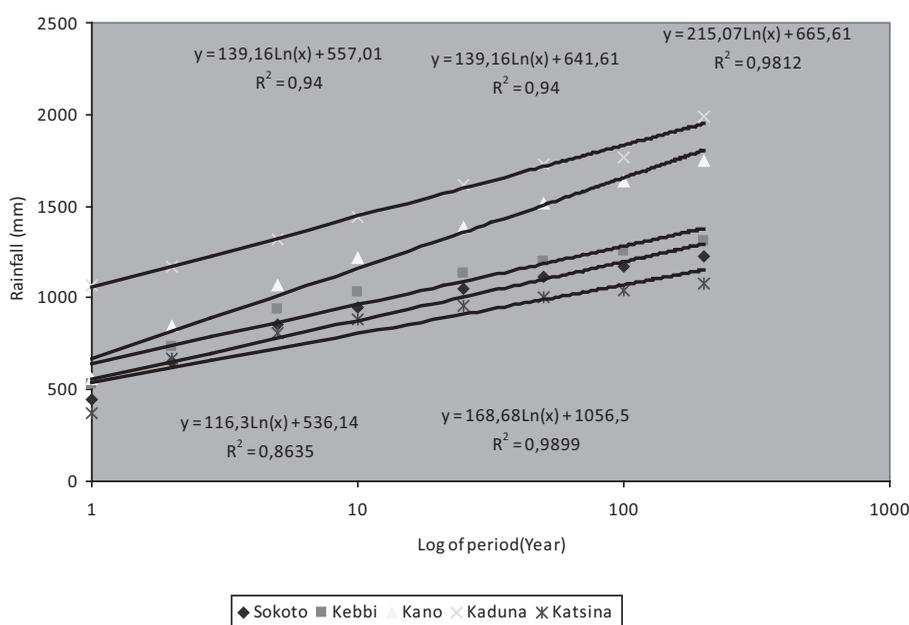
From the figure the correlation coefficient the relationship ranges from 0.86 to 0.99 which indicates a good relationship (Loveday, 1980).

**Table 4.** Results of rainfall frequency analyses

Location	Basic statistical information							
	Mean Rainfall (X, mm)	Standard deviation of the rainfall ( $\sigma$ )	Skewness (G)	Mean Rainfall (Log X, mm)	Standard deviation of the rainfall ( $\sigma_{log}$ )	Skewness ( $G_{log}$ )	Regression equation	Correlation coefficient ( $R^2$ )
Sokoto	713.64	178.99	0.45	2.84	0.11	-0.64	$Y = 139.16 \text{ Log}_e(X) + 557.01$	0.940
Kebbi	798.24	199.18	0.44	2.89	0.10	-0.68	$Y = 139.16 \text{ Log}_e(X) + 641.61$	0.940
Kano	887.96	242.54	0.96	2.93	0.12	-0.04	$Y = 215.07 \text{ Log}_e(X) + 665.61$	0.981
Kaduna	1221.84	172.15	2.26	3.08	0.06	2.48	$Y = 168.68 \text{ Log}_e(X) + 1056.5$	0.990
Katsina	663.80	173.24	-0.22	2.81	0.13	-0.89	$Y = 116.30 \text{ Log}_e(X) + 536.14$	0.864

**Table 5.** Application of rainfall frequency analyses

Location	Rainfall (mm) in specific returned Period							
	1 Year	2 years	5 years	10 years	25 years	50 years	100 years	200 year
Sokoto	447.30	651.08	858.26	949.91	1047.99	1116.37	1168.90	1227.69
Kebbi	531.91	735.68	942.86	1034.51	1132.59	1200.97	1253.51	1312.29
Kano	559.91	844.42	1067.44	1212.96	1387.59	1514.68	1640.32	1751.64
Kaduna	1064.24	1168.47	1321.69	1443.91	1617.79	1729.68	1764.11	1992.50
Katsina	369.29	669.50	811.05	881.74	954.84	1000.75	1041.12	1077.50



**Figure 6.** Application of rainfall frequency analysis

## CONCLUSION

In this study rainfall trend and rainfall frequency analysis of selected region in Nigeria was presented. It can be concluded based on the study that there are trends in the rainfall in the region. The trends are downward trend in the last 30 years in all the locations. The trends are significant at 99 % confidence levels. The probability distribution function applied to return periods are useful for engineering design of hydraulic structure, flood routing and prediction, storm water management and water resources and management.

## SYMBOLS and ABBREVIATIONS

$f(x)$	probability density as a function of $x$
$\Gamma$	gamma function
$\beta = \frac{1}{x}$	shape parameter for 1 parameter distribution
$\lambda_2 = \frac{\bar{x}}{(S_x^2)}$	scale parameter for 2 parameter distribution
$\beta_2 = \frac{-2}{(S_x^2)} = \frac{1}{(CV^2)}$	shape parameter for 2 parameter distribution
$\lambda_3$	$\frac{S_x}{\sqrt{\beta_3}}$ scale parameter for 3 parameter distribution
$\beta_3$	$\left(\frac{2}{(C_2)}\right)^2$ shape parameter for 3 parameter distribution
$\varepsilon$	$\bar{x} - \sum_x \sqrt{\beta_3}$ location parameter
$S_x$	standard deviation
CV	coefficient of variation
$\bar{x}$	mean of the sample
$R_i$	Reliability of the system based on the selected design parameter (dimensionless)

## REFERENCES

- Abaje, I.B.; Ishaya, S. and Usman S.U. 2010 , An Analysis of Rainfall Trends in Kafanchan, Kaduna State, Nigeria. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences* 2(2): 89-96.
- Adebayo A.A, and Umar A.S 2005. "Climate", in Tukur A. L, Adebayo A. A and Galtima M. Eds, *The land and people of the Mambilla Plateau*, Heinemann, Ibadan. pp. 25-32.
- Adefolalu D.O, Pam, J.L, and Habbi H.M 2007. "Climate change and safety of air transportation – A Nigerian perspective". *Proceedings of the International Conference on the impacts of extreme weather and climate on socio-economic development in Africa held at the Federal University of Technology, Akure, Nigeria*, 11-15 Nov. 2007. pp. 1-15.
- Afiesimama E.A, Ojo S.O, and Gbuyiuro S.O 1999. "The diagnosis of climatic trends over Nigeria in the last half century of this millennium", A paper presented at the Annual Conf. Meteorol. Organization, Lagos.
- Akintola, J.O 1986 .: *Rainfall Distribution in Nigeria 1892–1983*, 1<sup>st</sup> edn. Impact Publishers Nigeria Ltd, Ibadan.
- Antonopoulos, V. Z.; D. M. Papamichail and K. A. Mitsiou 2001. Statistical and trend analysis of water quality and quantity data for the Strymon River in Greece. *Hydrology and Earth System Sciences*, 5(4), 679–691
- Ayuba H.K, Maryah U.M, and Gwary D.M 2007. "Climate change impact on plant species composition in six semi-arid rangelands of Northern Nigeria", *Nig. Geogr. J.*, 5(1):35-42.
- Burn D.H, and Hag Elnur M.A. 2002. Detection of hydrological trends and variability. *Journal of Hydrology* 255: 107–122.
- Cengiz T, Kahya E, Karaca M. 2003. Trends and annual cycles in Turkish lake levels. *International Association of Hydraulic Engineering*
- Drápela, K and I. Drápelová 2011. Application of Mann-Kendall test and the Sen's slope estimates for trend detection in deposition data from Bílý Kříž (Beskydy Mts., the Czech Republic) 1997–2010. *Beskydy*, 4 (2): 133–146
- Hirsch R.M, and Slack J.R. 1984. A non-parametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research* 20: 727–732.
- Hirsch R.M, Slack J.R, and Smith R.A. 1982. Techniques of trend analysing for monthly water quality data. *Water Resources Research* 18:107–121.
- Izinyon, O.C.; Ihimekpen, M.D and G.E. Igbino 2011 Flood Frequency Analysis of Ikpoba River Catchment at Benin City Using Log Pearson Type III Distribution *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS)* 2 (1): 50-55
- Kadıoğlu M. 1997. Trends surface air temperature data over Turkey. *International Journal of Climatology* 17: 511–520.
- Kahya E, and Kalayci S. 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology* 289: 128–144.

- Kahya E, Kalayci S, and Burdurlu Y. 1998. Analysis of trends in the water quality parameters of Gediz basin. In Proceedings of 1st International
- Karaca M, Antepiog`lu U` , Karsan H. 1995. Detection of urban heat island in Pİstanbul, Turkey. *Il Nuovo Cimento* 18: 49–56.
- Lettenmaier D.P, Wood E.F, and Wallis J.R. 1994. Hydro-climatological trends in the continental United States, (1948–88). *Journal of Climate* 7: 586–607.
- Lins H, and Slack J.R. 1999. Streamflow trends in United States. *Geophysical Research Letters* 26: 227–230.
- Loveday, R. 1980. *Statistics, A second course in statistics*, 2<sup>nd</sup> edn, University Press Cambridge
- Nkomo J.C, Nyong A.O, and Kulindwa K 2006. The Impacts of Climate Change in Africa. Final Draft submitted to the Stern Review on The Economics of Climate Change.
- Nwafor J.C 2007. Global climate change: The driver of multiple causes of flood intensity in sub-Saharan Africa. Paper presented at the International Conference on Climate Change and Economic Sustainability held at Nnamdi Azikiwe University, Awka, Nigeria. 12-14 June 2007.
- Obot; N.I.M; Chendo; A.C; Udo,S.O and Ewona. I.O 2010. Evaluation of rainfall trends in Nigeria for 30 years (1978-2007). *International Journal of the Physical Sciences*. 5(14), 2217-2222.
- Odjugo P.A.O 2005. “An analysis of rainfall pattern in Nigeria”, *Global J. Environ. Sci.*, 4(2): 139-145.
- Oke, I. A 2008 Utilization of Weibull Techniques For Short Term Data In Environmental Engineering. *Environmental Engineering and Sciences*. 25 (7),1099- 1107
- Partal, T and Kahya,E 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrol. Process*. 20, 2011–2026.
- Sen P.K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall’s tau. *Journal of the American Statistical Association* 39: 1379–1389.
- Toros H. 1993. Trend analysis of climatologic series in Turkey. MSc thesis, Institute of Science Technology, Istanbul Technical University.
- Türkeş, M. 1996. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology* 16: 1057–1076.
- Türkeş, M, Şumer U.M, and Kılı,c G. 1995. Variations and trends in annual mean air temperatures in Turkey with respect to climatic variability.
- Umoh E 2007 , “Flooding problems in Rivers state”, *J. Environ. Sci.* 4(2): 44-60.
- Van Belle G, and Hughes J.P. 1984. Nonparametric tests for trend in water quality. *Water Resources Research* 20: 127–136.
- Von Storch H, and Navarra A. 1995. *Analysis of Climate Variability—Applications of Statistical Techniques*. Springer-Verlag: New York.
- Yue S, and Hashino M. 2003. Long term trends of annual and monthly precipitation in Japan. *Journal of the AmericanWater Resources Association*39: 587–596.
- Zhang X, Harvey K.D, Hogg W.D, and Yuzyk T.R. 2001. Trends in Canada streamflow. *Water Resources Research* 37: 987–998.
- Zhang X, Vincent L.A, Hogg W.D, and Niitsoo A. 2000. Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century. *Atmospheric Ocean* 38: 395–429.



## Su Ürünleri Havuzlarında Atık Yönetimi

Seda KARAKOCA<sup>1</sup>, Akasya TOPÇU<sup>1</sup>

**ÖZET:** Su ürünleri yetiştiricilik faaliyetleri sonucu oluşan atıklar organik ve inorganik kaynaklıdır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde organik atığın başlıca kaynağı yem ve fekal atıklardır. Bu tip atıklar ekosisteme girdiklerinde kafes altında tabana çökerek sedimentte bir takım kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonların meydana gelmesine neden olmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinin çevreye olan etkisi, yetiştiricilik tipine üretim kapasitesine ve yetiştiricilik yapılacak olan bölgenin özelliklerine bağlı olarak değişir. Bu makalenin amacı su ürünleri yetiştiriciliği yapılan havuzlarda katı atıkların kaynağının ve bileşiminin incelenmesi ve bu atıkların ortamdaki uzaklaştırılmasına yönelik temel yöntemlerin değerlendirilmesidir.

**Anahtar kelimeler:** Atık yönetimi, su ürünleri yetiştiriciliği, organik atık, fekal atık, sediment

## Waste Management in Aquaculture Ponds

**ABSTRACT:** The waste which is the result of aquaculture in the cages are originated from organic and inorganic materials. The main source of the organic waste in aquaculture is feed and fecal material. In case of waste enters into aquatic ecosystem, they deposit the sediment and lead to several chemical and biochemical reactions. The effect of aquaculture on the environment differs from aquaculture technique, production capacity, and to characteristics of the area. In aquacultural area feed and fecal material dissolve in water column and accumulates in sediment. The aim of this article is to review the sources of solid wastes in the aquaculture ponds and to assess the main methods used in waste management.

**Key words:** Waste management, aquaculture, organic waste, fecal, sediment

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Seda Karakoca sedakk@yahoo.com

### **Besin Maddeleri ve Organik Madde Kaynağı**

Su ürünleri yetiştiriciliği yapılan havuzlarda besin maddelerinin başlıca kaynağı fekal atıklar ve organik maddece zengin yem girdileridir. Havuzlarda katı atıklardan kaynaklanan ve su ortamında çözünen bu girdiler azot ve fosfor gibi besin elementlerinin artmasına neden olur.

Su ürünleri yetiştiricilik havuzlarında meydana gelen kirlilik, kullanılan yemin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile birlikte yemleme yöntemine de bağlı olarak değişmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinin olumsuz etkilerini en aza indirmek için yemlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesinin yanı sıra ideal yemleme yönteminin oluşturulması da gerekmektedir (Tekinay ve ark., 2006). Bu nedenle, öncelikle yetiştirilen türün beslenme alışkanlığına uygun ve besin ihtiyacını karşılayan yem kullanılmasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde, balık tarafından tüketilmeyen yem havuz ortamında su kalitesinin bozulmasına, balığın hastalığa yakalanma riskinin artmasına ve üretimin düşmesine neden olabilmektedir.

Kanal yayın balığı yetiştiriciliği yapılan bir işletmede, tipik bir yem dönüşüm oranı (FCR) 2,0 olarak bildirilmiştir (Boyd and Tucker, 1995). Yem dönüşüm oranı, yemin ve balığın fekal atığının karbon, azot ve fosfor içeriği dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Havuzlardaki atık yüklemesinin (artık yem- balık dışkısı) yem içeriği olarak % 87,5 kuru madde, % 84,9 karbon, % 81,7 azot ve % 79,6 fosfor içerdiği bildirilmiştir (Boyd and Tucker, 2005). Bu araştırmada fotosentez kaynaklı karbon girdisi dikkate alınmamıştır. Kanal yayın balığı yetiştiriciliği yapılan havuzlarda yemin dönüşümü Şekil 1'de sunulmuştur. Araştırmacılar tarafından oluşturulan bu model su ürünleri yetiştiriciliği yapılan diğer havuz tiplerinde de uygulanabilir (Boyd and Tucker, 2005).

### **Yem ve Organik Madde Dönüşümü**

Katı atıklar (yem ve fekal atıklar), havuz veya kafes altında tabana çökerek sedimenti organik madde bakımından zenginleştirir. Bentik alanda organik madde bakteri ve diğer mikroorganizmalar

tarafından parçalanır, bu esnada sedimentte oksijen konsantrasyonu azalır ve sediment organik maddece zenginleşir. İç sularda göl ve göletlerin oksijen bakımından yenilenmesi akarsulara göre daha zor olduğundan, bu tür ekosistemlerde besin elementi yüküne daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir (Tekinay ve ark., 2006; Cho and Burea, 2001). Ölü fitoplanton ve sucul canlılar, tüketilmemiş yem ve fekal atıklar mikroorganizmalar tarafından su kolonunda veya sedimentte ayrıştırılır. Organik madde ayrışırken karbondioksit, amonyak ve fosfat gibi basit mineral bileşenlere dönüşmektedir. Sedimentte ve su kolonunda her zaman organik madde ve katı parçacıklar bulunur. Organik maddenin bir kısmı dekompoze olarak çözülmüş organik madde haline gelir. Çözülmüş organik madde ve detritus ayrıca havuzdan akan suda kaybolur.

### **Askıda Katı Madde Kaynağı**

Su ürünleri yetiştiriciliği yapılan havuzlarda askıda katı maddenin iki önemli kaynağı vardır. Bunlar; taban toprağı ile detritustan kaynaklanan organik madde parçacıklarıdır. Balık, kabuklu, karides gibi organizmaların yetiştiriciliğinin yapıldığı havuzlarda askıda katı maddenin fazla bulunması yem alımında zorlanma, görme aktivitesinin kısıtlanması gibi birçok olumsuz etkiye neden olmaktadır. Bu katı parçacıkların su ortamından uzaklaştırılmaması, kirliliğin etkisinin artmasına neden olur. Buna ilaveten katı parçacıkların su ortamından uzaklaştırılması sırasında sedimentteki katı parçaların ve suda askıda katı halde bulunan parçacıkların da uzaklaştırılması gerekir.

Organik maddenin büyük bir kısmı havuz tabanına yerleşir böylece, toprak-su ara yüzeyi boyunca akışkan tabakada, sedimentten kaynaklı organik madde artışı olur (Munsiri et al., 1995).

### **Havuz Yönetimi Yoluyla Su Kalitesinin İyileştirilmesi**

Su ürünleri yetiştiriciliği yapılan işletmelerde su kalitesini iyileştirmek için kullanılan birçok yöntem vardır. Bu yöntemler stoklama limitini ve yemleme oranını ayarlamak, kullanılan yem ve yemleme

stratejisini iyileştirmek, su kalitesini artırmak için havuz yönetimini sağlamak ve sedimentte havalandırma tekniklerinin kullanılması olarak sıralanabilir.

Havuzlardaki su kalitesi üzerine etkili en önemli faktörler yem girdisi ve stoklama yoğunluğudur. Bu nedenle, havuzlarda stoklama ve yemleme oranı arasında oldukça iyi bir ilişki kurulmalıdır. Yüksek kalitede yem kullanımı, hem yetiştiriciliği yapılan sucul canlıların daha iyi büyümesi hem de daha az atık oluşması açısından önemlidir. Su ürünleri yetiştiriciliği yapılan havuz sistemlerinin atık yükünü kullanan yem miktarı belirler, iyi yönetilen bir işletmede kullanılan yemin % 30'u katı atığa dönüşür. Kullanılan yemin uygunluğunu belirleyebilmek için; yemin su içerisinde hızlı bir şekilde parçalanabilmesi, balıkların tüketimi için ideal büyüklükte olması ve yem içeriğinin azot ve fosfor bakımından zengin olması gibi kriterler dikkate alınmalıdır. Ayrıca, yem içeriğindeki bağlayıcı maddelerin türü ve oranı yemin potansiyel kirleticiliği açısından önem taşır, pelet yemler ve elde hazırlanmış yemler su içerisinde çabuk dağılılabilen yemlerdir. Dolayısıyla, bu tip yemlerin içerisindeki fosfor ve azot miktarı düşük konsantrasyonlarda ayarlanmalıdır ki; optimum büyüme sağlansın.

Su ürünleri yetiştiriciliği yapılan havuzlarda suyun sıcaklığına bağlı olarak yemleme miktarı değişeceğinden yaz aylarında yemleme miktarı sıcaklığa paralel olarak artış göstermekte ve işletmelerin alıcı su ortamına bıraktıkları katı atık yük konsantrasyonu yükselmektedir (Miller and Semmens, 2002).

Su ürünleri yetiştiricilik faaliyetlerinden kaynaklı katı atıkların yönetiminde bir arıtım birimi (durgun su çöktürme havuzları, devamlı akışlı çöktürme havuzları, uzun süreli çöktürme havuzları), yatık çöktürücüler (tüp veya dönen separatörler), mikrofiltreler, yapay sulak alanlar, kimyasal filtreler (absorbsiyon, köpük fraksiyonelleri, iyon değişimi), biyolojik filtre sistemleri kullanılır. Söz konusu uygulamalar yetiştiriciliği yapılan canlı organizmaya ve ekolojik çevreye olumsuz etkisi az olan ve ekonomik giderlerin azaltılması açısından kullanılan yaygın arıtma yöntemleridir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinin yapıldığı havuzlarda uygulanan yönetim teknikleri şu şekilde sıralanabilir:

1. Sulak alanların ve su kaynaklarının dış kaynaklı kirleticilerden korunması
2. Taban toprağı pH değerinin nötralize edilmesi
3. Taban toprağı drenajının yapılması
4. Çözünmüş oksijen miktarını artırmak için havalandırma yapılması
5. Aşırı artmış olan besin elementleri ve fitoplankton miktarını seyreltmek amacıyla su değişiminin yapılması

## SONUÇ

Havuz yönetimi su ürünleri yetiştiriciliği yapılan havuzlarda önemli bir konudur.

Havuzların yönetimi, ekonomik bakımdan önemli olduğu kadar ekolojik açıdan da havuzlarda meydana gelecek biyolojik değişikliklerin değerlendirilmesi için çözüm noktasıdır.

Havuz yönetim teknikleri, sucul canlıların su kalitesine bağlı olarak strese girmesini ve bu durum sonucu olarak hastalıklar, yaşama oranında azalmalar ve büyümenin yavaşlaması gibi olumsuz etkilerin önlenmesi açısından büyük önem taşır.

Havuz suyunun değişimi işleminde boşaltılan su; besin elementi, organik madde ve askıda katı maddeleri içerir.

Uygun olmayan şartlar altında havuz suyu değiştirme işleminin yapılması ise sedimentte çevresel sorunlara neden olabilir.

Atık yönetiminin amacı, atık suların ve katı katıkların su ürünleri yetiştiriciliği yapılan havuzlarda yönetiminin sağlanması ve su ürünleri yetiştiriciliğinden kaynaklı atıkların düzenlenmesi için mevcut yöntemlerin geliştirilebilmesidir.

Sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği açısından atık yönetimi kritik önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

- Boyd, C.E., Tucker, C.S., 1995. Sustainability of channel catfish farming. *World Aquaculture*, 26:45-53.
- Boyd, C.E., Tucker, C.S., 2005. Pond Aquaculture Water Quality Management, 541-573.
- Cho, C.Y., Bureau, D.P., 2001. A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. *Aquaculture Research*, (32) 349-360.
- Miller, D., Semmens, K., 2002. Waste management in aquaculture. *Aquaculture Information Series, Publication AQ02-1*, pp. 1-10.
- Munsiri, P., Boyd, C.E., and Hajek, B.J., 1995. Physical and chemical characteristics of bottom soil profiles in ponds at Auburn, Alabama, and a proposed method for describing pond soil horizons. *Journal of World Aquaculture Society*, 26:346-377.
- Tekinay, A.A., Öztürk, Ş., Güroy, D., Çevik, N., Yurdabak, F., Güroy, B.K., Özdemir, N., 2006. Göllerde yapılan balık yetiştiriciliğinin çevresel etkileri. I. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, 329-336 Antalya.

## Farklı Fotoperiyot Şartlarında *in vitro* Olarak Yetiştirilen Patates (*Solanum tuberosum* L) Eksplantlarına Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Etkileri

Ahmet Metin KUMLAY<sup>1</sup>, Neşet ARSLAN<sup>2</sup>, Canan KAYA<sup>3</sup>

**ÖZET:** Bu çalışma, benzyl aminopurine (BAP)'in tek başına yada  $\alpha$ -naphthaleneacetic acid (NAA) ve indole-3-butyric acid (IBA) ile birlikte Pasinler, Granola ve Caspar patates çeşitlerinin tek boğum sürgün kesimlerinin mikroçoğaltımı üzerine etkisini belirlemek için yürütülmüştür. Eksplantlar kısa gün şartları (8 saat ışık) ve tamamen karanlık şartları gibi iki farklı fotoperiyot şartlarında gelişmeye bırakılmışlardır. Bu makalede patatesteki bitkicik özelliklerinden alınan gözlemler değerlendirilmiştir. Fotoperiyot, çeşit ve bitki büyüme düzenleyicilerinin incelenen bitki özellikleri üzerine etkileri önemli olarak belirlenmiştir. En uzun sürgün karanlık şartlarda Caspar çeşidinden BAP+IBA ortamından alınmış (19.6 cm), ancak aradaki fark anlamlı bulunamamıştır. En yüksek yan dal (16.4 adet) ve kök (23.2 adet) sayısı Granola çeşidinden, control ortamından 8 saat ışık şartlarında elde edilmiştir. En yüksek boğum (15 adet) ve yaprak (20 adet) sayısı ile en yüksek bitki kuru madde oranı (%16.08) Caspar çeşidinden, BAP+IBA içeren ortamdan 8 saat ışık şartlarında elde edilmiştir. En yüksek kök uzunluğu (23.2 cm) Granola çeşidinden BAP+NAA içeren ortamdan kısa gün şartlarında elde edilmiştir. Bir çok karakterin hiç bir hormon içermeyen kontrol ortamında daha olumlu sonuç verdiği görülmüştür. BAP+IBA kombinasyonunun etkisinin diğer bitki büyüme düzenleyicilerinin etkisinden daha belirgin olduğu ve bu etkinin çeşide özgü olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca, incelenen bitki özellikleri yönünden genel olarak kısa gün şartlarının tamamen karanlık şartlara göre daha etkili olduğu görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Patates, biyoteknoloji, mikroçoğaltım, doku kültürü, *in vitro*

## The Effects of Plant Growth Regulators on *in vitro* Grown Potato (*Solanum tuberosum* l.) Explants Under Different Photoperiod Conditions

**ABSTRACT:** The present research was carried out to determine the effect of benzyl aminopurine (BAP) with  $\alpha$ -naphthaleneacetic acid (NAA) and indole-3-butyric acid (IBA) combinations on the multiplication of Pasinler, Granola and Caspar potato genotypes using stem segments with single nodes. Explants were incubated at two different photoperiod conditions such as short day (8 hours daylight) and continuous dark. In this article, observations from the plantlets characteristics were examined. The effects of photoperiod, cultivar and plant growth regulators (PGRs) on examined plantlet characteristics were significantly different. The maximum shoot was determined from cv. Caspar on BAP+IBA containing medium under dark condition, but differences were insignificant. The maximum shoot number (16.4) and root number (23.2 adet) were determined from cv. Granola on Control media under short day conditions. The highest number of nodes (15), leaves (20) and dry matter content (16.08%) were determined from cv Caspar on BAP+IBA supplemented medium under 8 hour photoperiod. The highest root length (23.2 cm) was determined from cv. Granola on BAP+NAA under short day conditions. Control application without any plant growth regulators was effective on the most of the studied plantlet characteristics. The impact of BAP+IBA combinations was more pronounced compared to other PGRs treatments. Results revealed that the effect of PGRs on plantlet characteristics studied was variable depending on the genotype. It is also clear that, short day conditions were more effective than continuous dark on studied plantlet characteristics.

**Keywords:** Potato, biotechnology, micropropagation, tissue culture, *in vitro*

<sup>1</sup> İğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Iğdır, Türkiye

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Ankara, Türkiye

<sup>3</sup> Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Endüstri Bitkileri, Erzurum, Türkiye  
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Ahmet Metin KUMLAY, akumlay@hotmail.com

## GİRİŞ

Günümüzde özellikle patates (*Solanum tuberosum* L.) gibi vejetatif olarak çoğaltılan bitkilerin çok özel besi yerlerine ihtiyaç göstermeden doku kültürü ortamlarında hızlı büyümeleri ve klasik yollarla yapılan üretimlerde özellikle virüs hastalıklarının önlenememesinden dolayı doku kültürü metotlarının patates tohumluk teknolojisinde kullanımı zorunlu hale gelmiştir (Karadoğan, 1994; Pruski, 2007). *In vitro* şartlarda bitki gelişiminin başlaması ve devamı için etkili faktörlerin patates çeşidi, explant kaynağı ve tipi, ışık şiddeti ve kalitesi, sıcaklık ve değişik büyüme düzenleyicilerinin dengeli bir kombinasyonu (Akhtar et al., 2006; Dhital et al., 2010) olduğu gösterilmiştir. Oksin, sitokinin ve fotoperiyot uygulamalarının kombine edilmesiyle *in vitro* şartlarda bitki gelişiminin arttığı (Uddin, 2006), genelde yan sürgün gelişiminin artırılması için düşük bir oksin/sitokinin oranı olmasının arzu edildiği ve naftalen asetik asit (NAA), benzil amino pürin (BAP) ve giberellik asit ( $GA_3$ ) ilave edilmiş ortamlarda bitkiciklerde iyi bir sürgün gelişiminin meydana geldiği belirlenmiştir (Ghaffoor et al., 2003; Ali ve ark., 2007; Dhital et al., 2010). Optimum bitki gelişimi için BAP konsantrasyonunun  $2 \text{ mg L}^{-1}$ , fotoperiyodun 8 saat ve sıcaklığın  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  olması gerektiği belirlenmiş, konsantrasyonun  $4 \text{ mg L}^{-1}$  seviyesine çıkarılmasıyla bitki gelişiminin durduğu ve erken sararmanın meydana geldiği belirlenmiştir (Belletti et al., 1994). Zhang et al. (2005) MS ortamına ilave edilen IAA'nın  $GA_3$  ile birlikte sürgün gelişimini hızlandırdığını, buna karşın BAP ilavesiyle sürgün gelişiminin yavaşladığını belirtirken, Bhatia et al. (2007) en iyi sonucun NAA+ $GA_3$  kombinasyonundan alındığını, Ahmad et al. (2012) BAP+KIN uygulamasının KIN ve NAA'nın tek başına kullanımına göre daha yüksek sayıda çoklu sürgün sayısı verdiğini kaydetmişlerdir. Bu çalışmanın amacı; farklı fotoperiyot ve bitki büyüme düzenleyicileri (oksin ve sitokinin) kullanılarak orta-erkenci Pasinler, orta-geçici Granola ve geçici Caspar patates çeşitlerinin *in vitro* şartlarda bitki gelişim özelliklerinin incelenmesidir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Çalışma Yeri, Kullanılan Patates Çeşitleri ve Malzemelerin Sterilizasyonu

Araştırma, Erzurum Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Doku Kültürü

Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Çalışmada Pasinler, Granola ve Caspar çeşitleri kullanılmıştır. Çalışmaya başlamadan önce yumru ortamlarının konulduğu cam kavanozlar ve besi ortamlarının hazırlanmasında kullanılan saf su  $121 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 15 dakika tutulmak suretiyle sterilize edilmişlerdir. Petri kapları, bisturi, pens ve diğer malzemeler de alüminyum folyoya sarılarak  $180\text{-}200 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 3 saat süreyle etüvde tutulmak suretiyle sterilize edilmişlerdir.

### Besi Yerinin Hazırlanması ve Sterilizasyonu

Besi yeri olarak Murashige and Skoog (1962) tarafından geliştirilen ve günümüzde değişik modifikasyonlarının yaygın bir şekilde uygulandığı MS ortamı kullanılmıştır. Çalışmada % 8 sukroz konsantrasyonuna ilaveten oksin olarak IBA ve NAA, sitokinin olarak BAP kullanılmıştır. Ortam pH'sı 5.6-5.8'e ayarlanarak steril distile suyla hacmi 1 litreye tamamlanmıştır. pH ayarlandıktan sonra, katı besi ortamı için  $8 \text{ g L}^{-1}$  agar ilave edilmiş, ortamlar cam balonlar içerisinde  $121 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 15 dakika otoklave edilmiş, otoklavdan çıktıktan sonra sıcaklığın  $45\text{-}50 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye düşmesiyle, yumru elde etmede kullanılacak hormonlar ısıya hassas olduklarından  $0.2 \text{ }\mu\text{m}$  miliporlardan (Schleicher & Schuell, FP 30/0,2 CA-S;  $0.2 \text{ }\mu\text{m}$ ; 7 bar max) geçirilerek ortama ilave edilmiştir. Daha sonra, her bir kavanoza 20-25 ml besi ortamı konularak katılaşmaları beklenmiştir.

### Bitkisel Materyalin Hazırlanması

Meristemden gelişen bitkicikler steril bisturi yardımıyla tek boğum aralarından kesilerek içlerinde MS+BBD olan kavanozlara aktarılmış; her bir kavanoz içerisine 4 eksplant olacak şekilde ortamların her birinden 5 tekerrür yapılmıştır. Çalışmada kullanılan bitki büyüme düzenleyicileri ve konsantrasyonları şu şekilde ayarlanmıştır: 1. Ortam: Kontrol (%8 sukroz), 2. Ortam:  $2 \text{ mg L}^{-1}$  BAP, 3. Ortam:  $10 \text{ mg L}^{-1}$  NAA+  $2 \text{ mg L}^{-1}$  BAP, 4. Ortam:  $10 \text{ mg L}^{-1}$  IBA +  $2 \text{ mg L}^{-1}$  BAP.

### Çalışmada Uygulanan Fotoperiyot Şartları

Besi ortamına alınan bitkicikler 4 hafta boyunca meristem ve çoğaltım şartlarıyla aynı tutulmuş [16 saat aydınlık, 8 saat karanlık ( $24 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ), 2000 lüks ışık yoğunluğu], daha sonra 2 farklı fotoperiyot şartlarına

alınmış ve bu büyüme kabinlerindeki ışık ve sıcaklık uygulamaları şu şekilde ayarlanmıştır: 1. Fotoperiyot: 8 saat aydınlık ( $22\pm 2$  °C) ve 16 saat karanlık ( $16\pm 2$  °C), 2. Fotoperiyot: Tamamen Karanlık (8 saat  $22\pm 2$  °C, 16 saat  $16\pm 2$  °C).

### Yapılan Gözlem ve Ölçümler ve Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada, sürgün ve kök uzunluğu (cm), yan dal, boğum, yaprak ve kök sayıları, bitki yaş ağırlığı (mg) ve bitki kuru madde oranı (%) gözlemleri alınmıştır. Elde edilen sonuçlar TARIST paket programında “Tesadüf Bloklarında Bölünen Bölünmüş Parseller Deneme Deseni”ne göre 2 fotoperiyot, 3 çeşit ve 4 farklı besi ortamı 5 tekerrürlü olarak değerlendirilmiştir

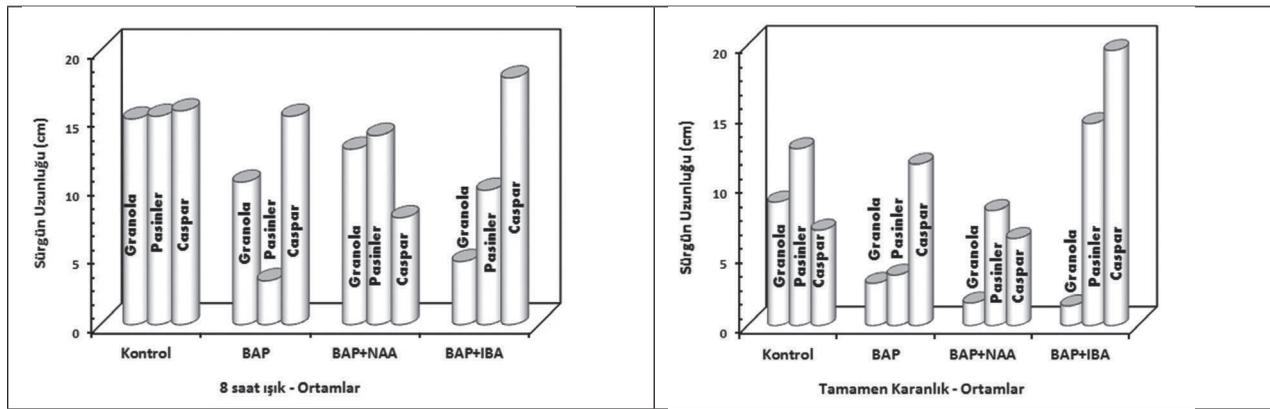
Ele alınan her bir özellik için fotoperiyot, çeşit ve besi ortamları arasındaki farklılıklar LSD testi uygulanarak belirlenmiş; bu faktörler arasındaki etkileşimler de grafik çizilerek izah edilmeye çalışılmıştır.

### BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda değerlendirmeye tabi tutulan bitki özelliklerine fotoperiyot, çeşit ve ortamların etkileri ayrı alt başlıklar altında değerlendirilmiştir.

### Sürgün Uzunluğu (SU, cm)

Fotoperiyot, çeşit ve ortamlar arasındaki farklılık, fotoperiyot x ortam etkileşimi, çeşit x ortam etkileşimi ve fotoperiyot x çeşit etkileşimi % 1 düzeyinde önemli bulunurken; fotoperiyot x çeşit x ortam etkileşimi önemsiz ( $p>0.05$ ) olarak belirlenmiştir (Çizelge 1 ve 2). Mevcut çalışmada en iyi sonuçların Caspar’dan, kontrol ortamından ve 8 saat fotoperiyot şartlarından elde edildiği (Çizelge 1), ayrıca BAP’ın tek başına ya da NAA ile birlikte kullanımının IBA ile birlikte kullanılmasına göre daha kısa SU verdiği görülmektedir (Şekil 1 ve Çizelge 2). Sonuçlar, ortamda yüksek oranda sukroz ve fitohormonların bitki boyunu artırdığını belirten Vinterhalter et al. (1997) ve Yousef et al. (1997)’nin çalışmalarıyla benzerlik arz etmektedir. Yousef et al. (1997) NAA+BAP kombinasyonundan en uzun SU elde ederlerken, (Zaman ve ark., 2001) yalnız NAA içeren ortamdan elde etmişlerdir. Alsadon et al. (2004) hiçbir BBD içermeyen MS ortamında kültüre alınan patates boğum kesimlerinde 1.82-6.89 cm arasında SU uzunluğu elde edildiğini kaydetmişlerdir. Rafique et al. (2004)  $1\ \mu\text{M}$  BAP, Haque et al. (2009) ise  $1.0\ \text{mg L}^{-1}$  BAP konsantrasyonundan en uzun SU elde etmişler ve BAP konsantrasyonu arttıkça SU’nun azaldığını not etmişlerdir.



Şekil 1. Sürgün uzunluğu üzerine fotoperiyot x çeşit x ortam etkileşiminin etkisi

### Yan Dal Sayısı (YDS, adet)

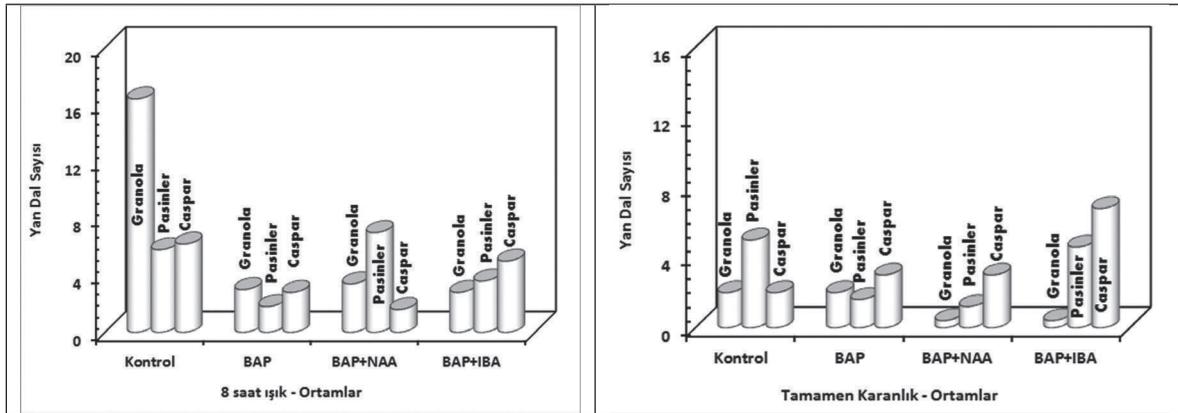
Ortam, fotoperiyot, fotoperiyot x ortam, fotoperiyot x çeşit, çeşit x ortam ve fotoperiyot x çeşit x ortam interaksyonları çok önemli ( $p<0.01$ ) olarak belirlenmiş, buna karşın çeşitler arasındaki farkın önemli olmadığı ( $p>0.05$ ) görülmüştür.

Çeşitler arasında istatistiki anlamda bir fark olmamasına rağmen, kontrol ortamından ve 8 saat fotoperiyot şartlarından daha fazla sayıda YDS elde edildiği görülmektedir (Şekil 2 ve Çizelge 2).

Vinterhalter et al. (1997) patates doku kültüründe büyüme ve dallanmanın düzenlenmesinde sukroz ve sitokinin arasında bir ilişkinin olduğunu, ortamda

hormon olmaması durumunda dallanmanın sukroz tarafından regüle edildiğini, % 3 olan sukroz seviyesinin artmasıyla YDS'nin ve uzunluğunun arttığını rapor etmişlerdir. Yousef et al. (1997) BAP+NAA ortamından en yüksek bitki başına YDS elde edildiğini rapor etmişlerdir.

8 saat ışık şartlarının karanlık şartlara göre, hiç bir fitohormon içermeyen ortamın diğer besi ortamlarından daha fazla sayıda YDS vermesi, yukarıda ifade edilen çalışmalarla tezat teşkil etmekte, ancak fitohormon olmazsa dahi sukroz oranının artmasıyla bitki aksamalarının değişeceğini ifade eden Saker et al. (2012)'nin çalışmalarıyla benzerlik arz etmektedir.



Şekil 2. Yan dal sayısı üzerine fotoperiyot x çeşit x ortam interaksyonunun etkisi

### Boğum Sayısı (BS, adet)

BS *in vitro*'da elde edilen bitkilerin çoğaltımında çok önemli olup, çok sayıda eksplant elde edilmesini sağlamaktadır.

Fotoperiyot, çeşitler ve ortamlar arasındaki farklılık ile çeşit x ortam ve fotoperiyot x çeşit x ortam interaksyonları çok önemli ( $p<0.01$ ) bulunmuş; fotoperiyot x ortam, çeşit x ortam ve fotoperiyot x çeşit interaksyonları ise önemli ( $p<0.05$ ) olarak belirlenmiştir.

Vinterhalter et al. (1997) ortama ilave edilen BA'in boğum sayısını artırdığını, Yousef et al. (1997)

NAA+BAP kombinasyonundan en yüksek boğum sayısının elde edildiğini rapor etmişlerdir. Zaman ve ark. (2001) bitkicik başına en fazla BS'nı yalnızca NAA uygulamasından elde etmişler, bunu tek başına IBA uygulamasının takip ettiğini belirtmişlerdir.

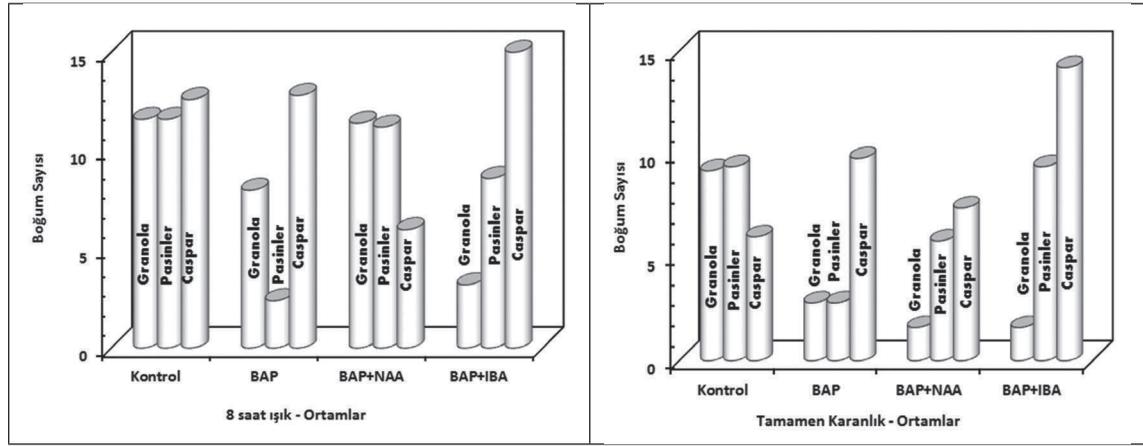
Mevcut çalışmada en fazla BS kontrol ortamında Caspar çeşidinden ve 8 saat fotoperiyot şartlarından elde edilmiş (Çizelge 1); BAP'm IBA ile birlikte kullanılmasının tek başına ya da NAA ile birlikte kullanımına göre daha fazla sayıda BS verdiği görülmüş (Şekil 3 ve Çizelge 2), bu sonuçların yukarıda bahsedilen çalışmalardan farklılık arzettiği belirlenmiştir.

**Çizelge 1.** Patates çeşitlerinden alınan gözlem ve değerlendirmeler üzerine fotoperiyot, çeşit ve hormon uygulamalarının etkisi ile ikili etkileşim F değerleri

Uygulamalar	Alınan Gözlemler							
	SU (cm)	YDS (adet)	BS (adet)	YS (adet)	KS (adet)	KU (cm)	BYA (mg)	BKM (%)
<b>Fotoperiyot Ortalamaları</b>								
8 h ışık	11.78a	4.95a	9.53a	9.52a	11.93a	12.34a	562.27	12.21a
Karanlık	8.14b	2.67b	6.67b	3.65b	6.08b	6.60b	572.53	11.22b
FP F değeri	29.94**	28.48**	34.48**	55.03**	70.54**	72.97**	0.05 <sup>ns</sup>	9.28**
<b>Çeşit Ortalamaları</b>								
Pasinler	10.10b	3.83	7.65b	5.75b	9.33a	10.62a	618.33a	12.04ab
Granola	7.20c	3.80	6.18c	5.48b	7.58b	9.66ab	386.13b	10.63b
Caspar	12.58a	3.80	10.48a	8.53a	10.13a	8.13b	697.75a	12.47a
Çeşit F değeri	21.81**	0.002 <sup>ns</sup>	26.72**	6.07**	4.67*	4.65*	17.69**	11.57**
<b>Hormon Uygulamaları Ortalamaları</b>								
Kontrol	12.33a	6.23a	10.07a	11.03a	13.83a	14.29a	886.47a	12.49ab
BAP	7.81b	2.37c	6.43c	4.57c	6.00c	4.78c	401.53c	11.69b
BAP+NAA	8.40b	2.77bc	7.23c	2.50c	8.13b	8.58b	383.00c	9.65c
BAP+IBA	11.30a	3.87b	8.67b	8.23b	8.07b	10.22b	598.60b	13.01a
Ortam F değeri	10.88**	16.47**	10.79**	23.06**	23.35**	34.40**	27.72**	20.49**
<b>İnteraksiyon F Değerleri</b>								
FP x Çeşit F	7.37**	12.33**	3.87*	4.58*	0.83 <sup>ns</sup>	8.89**	0.55 <sup>ns</sup>	0.26 <sup>ns</sup>
FP x Ortam F	6.14**	12.37**	3.24*	6.42**	17.21**	20.13**	3.93*	0.58 <sup>ns</sup>
Çeşit x Ortam F	16.64**	8.15**	18.45**	5.12**	13.18**	17.82**	5.23**	10.13**

FP: Fotoperiyot, SU: Sürğün uzunluğu, YDS: Yan dal sayısı, BS: Boğum sayısı, YS: Yaprak sayısı, KS: Kök sayısı, KU: Kök uzunluğu, BYA: Bitki yaş ağırlığı, BKM: Bitki kuru madde oranı.

\*\* : %1 seviyesinde önemli, \* : %5 seviyesinde önemli, ns: önemli değil.



Şekil 3. Boğum sayısı üzerine fotoperiyot x çeşit x ortam interaksyonunun etkisi

### Yaprak Sayısı (YS, adet)

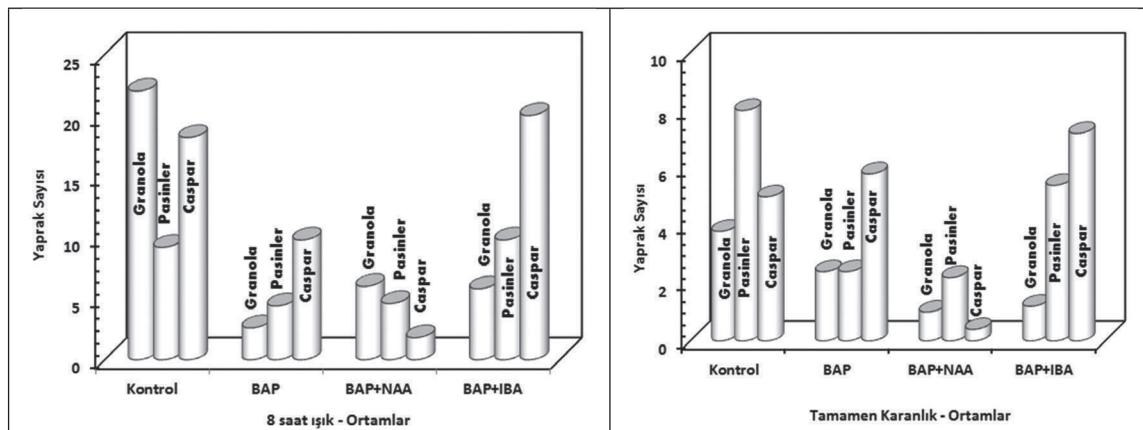
Fotoperiyot, çeşitler ve ortamlar arasındaki farklılık ile çeşit x ortam, fotoperiyot x ortam ve fotoperiyot x çeşit x ortam interaksyonları çok önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuş; fotoperiyot x çeşit interaksyonları ise önemli ( $p < 0.05$ ) olarak belirlenmiştir.

8 saatlik ışık periyodunda hasat döneminde bile yaprakların % 90'ının yeşil kaldığı ve çok az sararma belirtileri gösterdiği gözlenmiştir. Yaprak oluşumunun ve yaprak büyüklüğünün bitkide ve yumruda asimilatların birikimini sağladığı ve yumruda kuru madde oranını artırdığı rapor edilmiştir (Seabrook et al. 2004). 8 saat ışıktan tamamen karanlık şartlara (8 saat ışıktan 2.5 kat daha fazla), Caspar çeşidinden Pasinler

ve Granola çeşitlerine ve kontrol ortamından da diğer ortamlara göre daha yüksek sayıda yaprak elde edildiği görülmektedir (Çizelge 2 ve Şekil 4).

Mevcut çalışmada kontrol ortamından sonra en iyi sonuç BAP+IBA ortamından elde edildiği; bu netice bitkicik başına en fazla YS'nı sadece NAA içeren ortamdan alındığını bildiren Zaman ve ark. (2001)'nin çalışmasından farklılık arzettiği görülmektedir.

Alsadon et al. (2004) hiçbir BBD içermeyen MS ortamında kültüre alınan patates boğum kesimlerinde 2.81-7.91 adet arasında YS elde edildiğini, Haque et al. (2009) ise maksimum yaprak sayısının  $1.0 \text{ mg L}^{-1}$  BAP konsantrasyonundan elde edildiğini not etmişlerdir.



Şekil 4. Yaprak sayısı üzerine fotoperiyot x çeşit x ortam interaksyonunun etkisi

Çizelge 2. Patates çeşitlerinden alınan gözlemler üzerine fotoperiyot, çeşit ve hormon uygulamalarının üçlü etkileşim etkileri

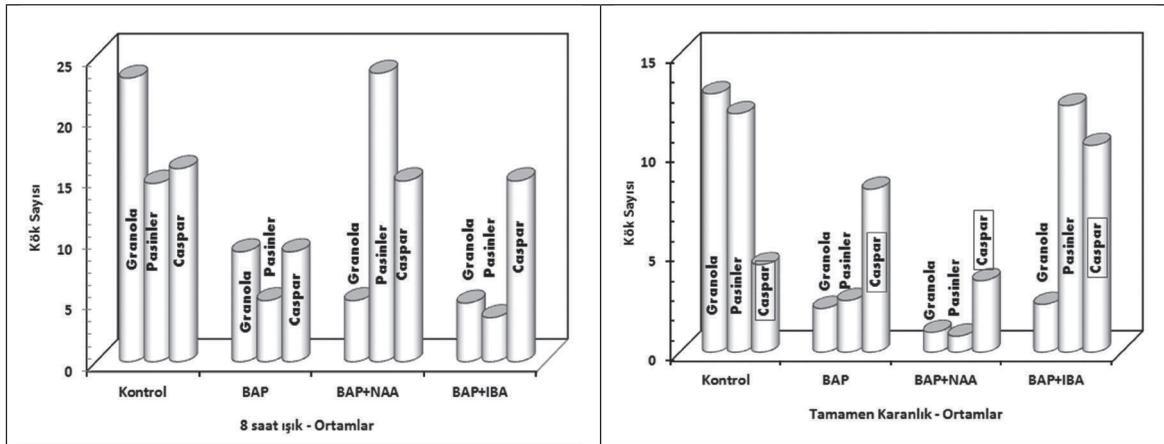
Fotoperiyot	Çeşitler	Ortamlar	SU (cm)	YDS (adet)	BS (adet)	YS (adet)	Alınan Gözlemler				BKM (%)
							KS (adet)	KU (cm)	BYA (mg)	BKM (%)	
8 saat Işık	Pasinler	Kontrol	15.2	5.8b-d	11.6b-e	9.2bc	14.6bc	10.2e-g	970.6a-c	12.87c-f	
		BAP	3.2	1.8f-h	2.4k	4.4b-h	5.0f-h	4.4h-j	396.6f-i	11.04f-k	
	BAP+NAA	13.8	7.0b	11.2b-f	4.6b-h	23.6a	17.8c	529.0d-g	10.20g-l		
	BAP+IBA	9.8	3.6c-g	8.6e-i	9.8b	3.6g-h	17.6c	427.8f-i	15.71ab		
8 saat Işık	Granola	Kontrol	15.0	16.4a	11.6b-e	22.0a	23.2a	22.9ab	815.2b-d	12.27d-g	
		BAP	10.4	3.0d-h	8.0f-i	2.6d-h	9.0d-f	8.8f-h	287.0g-i	13.56b-e	
	BAP+NAA	12.8	3.4c-g	11.4b-e	6.0b-f	5.0f-h	23.2a	325.0g-i	9.40j-l		
	BAP+IBA	4.6	2.8e-h	3.2j-k	5.8b-g	4.8f-h	3.2ij	186.6h-i	8.95k-l		
8 saat Işık	Caspar	Kontrol	15.6	6.2bc	12.6a-d	18.2a	15.8b	18.5bc	1118.8ab	13.11c-f	
		BAP	15.2	2.8e-h	12.8a-c	9.8b	9.0d-f	4.6h-j	506.4e-g	11.54e-j	
	BAP+NAA	7.8	1.6gh	6.0h-j	1.8e-h	14.8bc	6.0gi	380.6f-i	11.79e-i		
	BAP+IBA	18.0	5.0b-e	15.0a	20.0a	14.8bc	10.8d-f	803.6e-e	16.08a		
Karanlık	Pasinler	Kontrol	12.6	5.0b-e	9.4d-g	8.0b-d	12.0b-e	14.9cd	1275.4a	12.29d-g	
		BAP	3.6	1.6g-h	2.8j-k	2.4e-h	2.6h	4.0ij	192.8h-i	10.53g-l	
	BAP+NAA	8.2	1.2gh	5.8i-j	2.2e-h	0.8h	0.8j	323.0g-i	8.97k-l		
	BAP+IBA	14.4	4.6b-f	9.4d-g	5.4b-h	12.4b-e	15.2cd	831.4b-d	14.72a-c		
Karanlık	Granola	Kontrol	8.8	2.0f-h	9.2e-h	3.8c-h	13.0b-d	14.0c-e	481.8f-h	9.98h-l	
		BAP	3.0	2.0f-h	2.8jk	2.4e-h	2.2h	2.3ij	538.0d-g	12.22d-h	
	BAP+NAA	1.6	0.4h	1.6k	0.2h	1.0h	1.0j	150.6i	8.91k-l		
	BAP+IBA	1.4	0.4h	1.6k	1.2f-h	2.4h	1.9ij	304.8g-i	9.76i-l		
Karanlık	Caspar	Kontrol	6.8	2.0f-h	6.0h-j	5.0b-h	4.4f-h	5.1h-j	657.0d-f	14.46a-d	
		BAP	11.5	3.0d-h	9.8c-g	5.8b-g	8.2e-g	4.6h-j	488.4f-h	11.26f-j	
	BAP+NAA	6.2	3.0d-h	7.4g-i	0.4g-h	3.6g-h	2.7ij	589.8d-g	8.65l		
	BAP+IBA	19.6	6.8b	14.2ab	7.2b-e	10.4c-e	12.6d-f	1037.4a-c	12.85c-f		
FP x Çeşit x Ortam Etkileşimi			1.5296 <sup>ns</sup>	6.3020 <sup>**</sup>	4.2428 <sup>**</sup>	3.3049 <sup>**</sup>	9.6292 <sup>**</sup>	9.5758 <sup>**</sup>	3.9617 <sup>**</sup>	2.4178 <sup>*</sup>	

SU: Sürgün uzunluğu, YDS: Yan dal sayısı, BS: Boğum sayısı, YS: Yaprak sayısı, KS: Kök sayısı, KU: Kök uzunluğu, BYA: Bitki yaş ağırlığı, BKM: Bitki kuru madde oranı.  
 \*\*: %1 seviyesinde önemli, \*: %5 seviyesinde önemli, ns: önemli değil.

### Kök Sayısı (KS, adet)

Hemen hemen bütün hormon ve ışık ortamlarından saçak köklü bitkiler elde edilmiş, ancak Caspar çeşidinde 8 saat ışık şartlarında NAA içeren ortamda % 40 oranında kazık köklerin meydana geldiği görülmüştür. Fotoperiyot ve ortamlar arasındaki farklılık ile çeşit x ortam, fotoperiyot x ortam ve fotoperiyot x çeşit x ortam interaksiyonları çok önemli ( $p<0.01$ ), çeşitler arasındaki fark ise önemli ( $p<0.05$ ) olarak belirlenmiştir. 8 saat ışıktan, tamamen karanlık uygulamasına göre; Caspar'dan Pasinler ve Granola çeşitlerine göre, kontrol

ortamından diğer ortamlara göre daha yüksek KS elde edilmiştir (Çizelge 1 ve Şekil 5). Yapılan çalışmalarda bitki başına ana KS yönünden önemli farklılıklar olduğu, bu farklılığın gelişme döneminin 2. haftasından sonra daha belirgin olarak görüldüğü belirlenmiştir (Nasiruddin ve Blake 1994). NAA ve IBA içeren katı MS ortamında kültüre alınan tek boğum kesimlerinden en iyi köklenmenin IBA ilavesi durumunda meydana geldiği belirlenmiştir (Badawi et al., 1995; Shibli et al., 2002). Elde edilen çalışmalar daha önceki çalışmalarla benzerlik arzetymekte, aradaki farkın çeşit ve fotoperiyot uygulamalarından olabileceği düşünülmektedir.

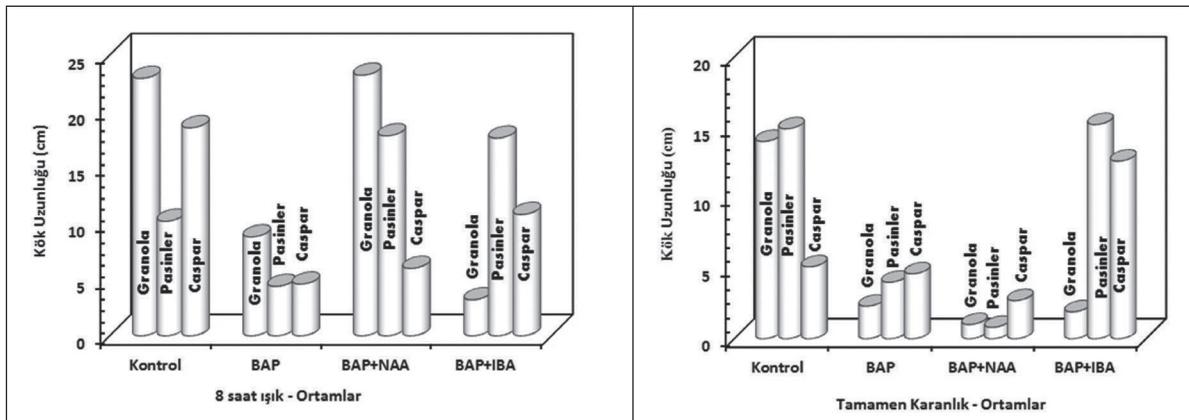


Şekil 5. Kök sayısı üzerine fotoperiyot x çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi

### Kök Uzunluğu (KU, cm)

Fotoperiyot ve ortamlar arasındaki farklılık ile çeşit x ortam, fotoperiyot x ortam, fotoperiyot x çeşit ve fotoperiyot x çeşit x ortam interaksiyonları çok önemli

( $p<0.01$ ); buna karşın çeşitler arasındaki fark ise önemli ( $p<0.05$ ) olarak belirlenmiştir. 8 saat ışıktan, tamamen karanlık uygulamasına göre, Pasinler'den, Granola ve Caspar'a göre, kontrol ortamından diğer BBD'lere göre daha uzun kökler elde edilmiştir (Çizelge 2 ve Şekil 6).



Şekil 6. Kök uzunluğu üzerine fotoperiyot x çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi

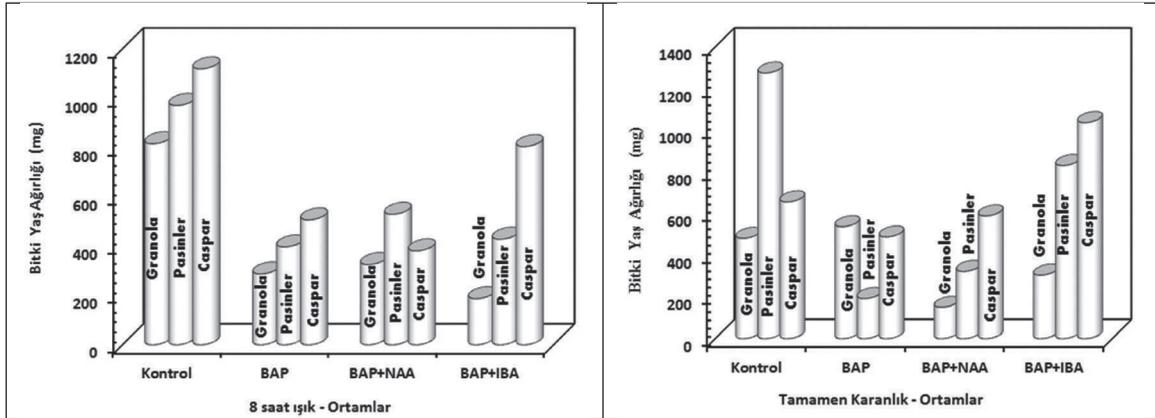
Mevcut sonuçlar; KU ve KS'nda ortamlara göre önemli farklılıkların olabileceğini ve gelişme döneminin 2. haftasından sonra bu farklılığın daha belirgin görülebileceğini belirten Nasiruddin ve Blake (1994)'in sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Araştırma sonucunda; BBD'ler içerisinde BAP+IBA uygulamasının, BAP+NAA ve yalnızca BAP içeren ortamlara göre daha iyi sonuç verdiği görüldüğünden, yalnızca 5  $\mu$ M BAP içeren ortamdan en uzun KU'nun elde edildiğini belirten Rafique et al. (2004)'ün çalışmasından farklılık göstermektedir.

### Bitki Yaş Ağırlığı (BYA, mg)

Çeşitler ve ortamlar arasındaki farklılık ile çeşit x ortam ve fotoperiyot x çeşit x ortam etkileşimleri

çok önemli ( $p<0.01$ ) bulunurken; fotoperiyot x ortam etkileşimi önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Fotoperiyot uygulamaları ve fotoperiyot çeşit etkileşimi arasındaki fark ise önemsiz ( $p>0.05$ ) olarak belirlenmiştir.

Tamamen karanlıktan, 8 saat ışığa göre, Caspar'dan, Pasinler ve Granola çeşitlerine kontrol ortamından diğer besin ortamlarına göre daha fazla BYA elde edilmiştir (Çizelge 2 ve Şekil 7). Romanov et al. (2000) fitohormonların düşük sukroz konsantrasyonlarının (%3) BYA'nı önemli ölçüde artırdığını, yüksek oranların ise önemli ölçüde düşürdüğünü belirtmesine rağmen; yüksek sukroz konsantrasyonu ile yapılan bu çalışmada kontrol ortamından yüksek miktarda BYA elde edildiği görülmektedir.



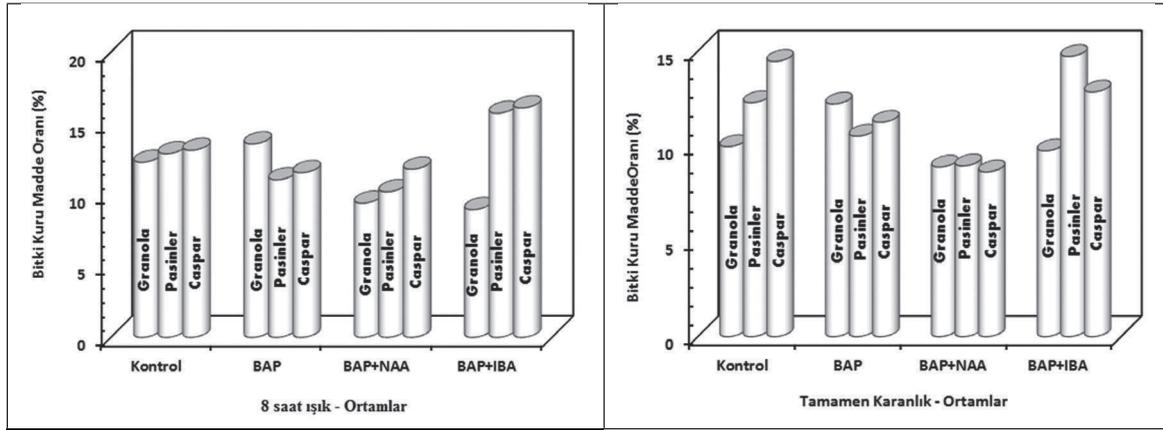
Şekil 7. Bitki yaş ağırlığı üzerine fotoperiyot x çeşit x ortam etkileşiminin etkisi

### Bitki Kuru Madde (BKM) Oranı (%)

Fotoperiyot, çeşitler ve ortamlar arasındaki fark ile çeşit x ortam etkileşimleri çok önemli ( $p<0.01$ ) bulunurken, fotoperiyot x çeşit x ortam etkileşimi önemli bulunmuş ( $p<0.05$ ); fotoperiyot x ortam ve fotoperiyot x çeşit etkileşimleri ise önemsiz ( $p>0.05$ ) olarak belirlenmiştir. 8 saat ışık uygulamasının, tamamen karanlık uygulamasına göre,

Caspar çeşidinin Pasinler ve Granola çeşitlerine göre, BAP+IBA ortamının diğer besin ortamlarına göre daha yüksek BKM oranı verdiği kaydedilmiştir (Çizelge 2 ve Şekil 8).

Sonuçlardan; ortama ilave edilen BAP+IBA'nın BKM oranını artırdığı görülmüş, ancak bu kombinasyonun BKM oranını artırmadaki etkisini destekleyecek herhangi bir çalışma bulunamamıştır.



Şekil 8. Bitki KM oranı üzerine fotoperiyot x çeşit x ortam interaksiyonunun etkisi

## SONUÇ

Tamamen karanlık şartlarla mukayese edildiğinde, bütün çeşitlerde 8 saatlik fotoperiyodun incelenen birçok karakter açısından büyük bir üstünlüğü olduğu görülmektedir. 8 saatlik ışık şartlarında yaprak sararmasının gecikmesi ve daha fazla kök gelişimi yapraklarda fotosentetik aktivitenin ve oksin sentezinin devam ettiğinin bir göstergesi olabileceği belirtilmiştir (Markarov et al., 1993; Dobranszki, 1999). Daha sonra yapılacak çalışmalarda kısa gün şartlarındaki ışık şiddetinin düzenlenmesi ile daha detaylı çalışmaların yapılması ve pratiğe aktarılacak sonuçların alınabilmesi mümkündür. Genotipin *in vitro* şartlarda bitki ve mikro yumru elde edilmesini etkileyen en önemli faktörlerden olduğu (Gopal et al., 1998; Hossain, 2005), erkenci çeşitlerin geçcilerle göre daha erken sürgün gelişimine ve bitki büyüme düzenleyicisi olmazsa dahi bazı bitkilerde bitki gelişiminin görülebileceği (Romanov et al., 2000) belirlenmiştir. Çeşitler bazında incelendiğinde Caspar çeşidinin incelenen birçok karakter yönünden *in vitro* tepkisinin daha iyi olduğu; buna karşın Pasinler ve Granola çeşidinin doku kültürü ortamlarına tepkisinin daha yavaş olduğu görülmektedir.

Doku kültürü ortamlarında herhangi bir büyüme düzenleyici olmazsa dahi kolaylıkla yeni bitkiciklerin meydana gelebileceği (Ahmad et al., 2012; Saker et al., 2012), ancak gelişimin yavaş ve boğum aralarının kısa olduğu durumlarda ortama hormon ilave edilmesinin bitkicik gelişimini hızlandıracağını (Farhatullah and Sayeed, 2007; Yasmin et al., 2011) belirtmişlerdir. İncelenen birçok karakter yönünden hiçbir fitohormon içermeyen kontrol ortamının hormon ilavesi yapılan diğer ortamlara göre daha olumlu sonuç vermiş, bunun

artan sukroz konsantrasyonundan kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Saker et al., 2012). Hoque et al., (1996) patates doku kültüründe en önemli faktörlerden birisinin sukroz olduğunu; artan sukroz seviyesi ile sürgün gelişiminin arttığını, düşük sukroz seviyelerinde ise sürgün gelişim hızının daha yavaş olduğunu göstermiştir. Kullanılan kombinasyonlar içerisinde BAP+IBA uygulamasının incelenen karakterler yönünden olumlu olduğu, homojen ve düzgün şekilli bitkilerin alınmasına katkıda bulunduğu, buna karşın tek başına uygulanan BAP uygulamasının bitki özelliklerine katkıda bulunmada yetersiz kaldığı açıkça görülmektedir. Buradan da besi ortamına yalnızca oksin ya da sitokinin ilavesinin tek başına etkili olmadığı aşikardır. Bu nedenle optimum bir bitki gelişimi için, oksin ve sitokininler dengeli bir şekilde aynı anda kullanılmalı, ya da bitki gelişiminin farklı safhalarında değişik fitohormonlar kullanarak bitki büyüme düzenleyicilerinin bitki karakteristiklerini kontrol etmeleri sağlanmalıdır. Bu durumda fitohormonlar başlangıçta bitkilerin erken gelişimini sağlayacak ve daha sonraki aşamalarda ise bitki içindeki değişik fizyolojik olayların dengeli bir şekilde korunmasında etkili olabilecektir.

Oksin ve sitokinin miktarını optimize etmek ve bunları değişen sukroz konsantrasyonları ile dengelemek için yeni çalışmaların yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Elde edilen bu sonuçların boğum kesimlerinden alındığı dikkate alındığında, daha sonraki çalışmalarda farklı bitki aksamalarının (stolon, sap parçası ya da mikro yumru) yeni besi ortamlarında denemesi, tepkilerinin kontrol edilmesi ve olumlu sonuç veren BAP+IBA uygulamasında her iki hormonun farklı konsantrasyonları denenerek yeni araştırmalar yapılması yararlı olacaktır. Melezleme çalışmalarından

elde edilen çeşit adayı hatların ve yeni ticari çeşitlerin *in vitro* şartlara tepkilerinin test edilmesi ve tohumluk üretim programlarında bu sonuçların kullanılması ile tohumluk endüstrisine yeni açılımların kazandırılması mümkün olabilecektir. Ayrıca, *in vitro* çalışmalardan elde edilen bu sonuçlar, ıslah çalışmalarından elde edilen (*in vivo*) bitki morfolojik gözlemleriyle mukayese edilmeli, aradaki korelasyon belirlenmeli ve *in vitro*'dan elde edilen sonuçların hangi oranda gerçeği yansıttığı ortaya konulmalıdır. Aradaki korelasyonun yüksek olması halinde, ıslah çalışmalarının erken aşamalarında *in vitro*'da test edilecek yeni çeşit adaylarının seleksiyonu ve ıslah süresinin kısaltılması mümkün olabilecektir.

### KAYNAKLAR

- Ahmad, M.Z., Hussain, I., Roomi, S., Zia, M.A., Zaman, M.S., Abbas, Z., Shah, S.H., 2012. *In vitro* response of cytokinin and auxin to multiple shoot regeneration in *Solanum tuberosum* L. American-Euroasian J. Agric. & Environ. Sci., 12 (11): 1522-1526.
- Akhtar, N., Munawwar, M. H., Hussain, M., Mahmood, M., 2006. Sterile shoot production and direct regeneration from nodal explants of potato cultivars. Asian Journal of Plant Sciences, 5 (5): 885-889.
- Ali, M. A., Nasiruddin, K. M., Haque, M. S., Al-Mansur, M. A. Z., 2007. *In vitro* regeneration potentiality of six potato varieties from leaf and internode segments initiated calli with BAP. Bangladesh J. Crop Sci., 18 (1): 33-40.
- Alsadon, A. A., Al-Mohaidib, M., Rahman M. H., Islam, R., 2004. Evaluation of *in vitro* vegetative growth traits of eight cultivars of (*Solanum tuberosum* L.) potato. Bangladesh J. Genet. Biotechnol., 5 (1&2): 61-63.
- Badawi, M. A., El-Sayed, S. F., Edriss, N. H., El-Barkouki, T. M., 1995. Factors affecting production of potato plantlets from nodal cuttings. Egyptian J of Horticulture, 22:2, 117-125.
- Bhatia, A. K., Batra, V. K., Sakha, B. M., Chaudhary, V. K., Batra P., Arora, S. K., 2007. Efficient protocol for *in vitro* micropropagation in elite cultivars of potato (*Solanum tuberosum* L.). Haryana J. Hortic. Sci., 36: (3&4): 424-426.
- Belletti, P., Lanteri, S., Lotito, S., Saracco, F., 1994. Production of potato micro-tubers through *in vitro* culture. Acta Horticulturæ, 362:141-148.
- Dhital, S. P., Lim, H. T., Manandhar, H. K., 2010. Direct and efficient plant regeneration from different explant sources of potato cultivars as influenced by plant growth regulators. Nepal Journal of Science and Technology, 12: 1-6.
- Dobranszki, J., Tabori, K. M., Frenczy, A., 1999. Light and genotype effects on *in vitro* tuberization of potato plantlets. Potato Research, 42 (3-4): 483-488.
- Farhatullah, Z. A., Sayeed, J. A., 2007. *In vitro* effects of gibberellic acid on morphogenesis of potato explants. International Journal of Agriculture & Biology, 9 (1): 181-182.
- Ghaffoor, A., Shah, G. B., Waseem, K., 2003. *In vitro* response of potato (*Solanum tuberosum* L.) to various growth regulators. Biotechnology, 2 (3): 191-197.
- Gopal, J., Minocha, J. L., Gosal, S. S., 1998. Variability in response of potato genotypes to *in vitro* propagation. J Ind Potato Assoc, 25: 119-124.
- Haque, A. U., Samad, M. A., Shapla, T. L., 2009. *In vitro* callus initiation and regeneration of potato. Bangladesh J. Agril. Res. 34 (3): 449-456.
- Hoque, M. I., Mila, N. B., Khan, M. S., Sarker, R. H., 1996. Shoot regeneration and *in vitro* microtuber formation in potato (*Solanum tuberosum* L.). Bangladesh J Botany, 25:87-93.
- Karadoğan, T. 1994. Patateste doku kültürünün kullanım alanları ve uygulanması. Atatürk Ü. Zir. Fak. Der., 25: (2): 275-290.
- Markarov, A. M., Golovko, T. K., Tabalenkova, G. N., 1993. Photoperiodic responses in the morphological and functional characteristics of three potato species. Soviet Plant Physiology, 40 (1): 32-36.
- Murashige, T., Skoog, F., 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant. 15: 473-497.
- Nasiruddin, K. M., Blake, J., 1994. Production of potato microtubers with and without growth regulators. In: Physiology, Growth and Development of Plants in Culture (Eds. P. J. Lumsden, J. R. Nicholas and W. J. Davies). pp.254-260.
- Özkaynak, E. ve Samancı B. 2005. Patateste mikro yumru ve mini yumru üretimi, kullanımı, avantaj ve dezavantajları. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi, 5-9 Eylül 2005, Antalya, Türkiye, 1: 581-584.
- Pruski, K., 2007. The canon of potato science: *in vitro* multiplication through nodal cuttings. Potato Res., 50: 293-296.
- Rafique, T., Jaskani, M. J., Raza, H., Abbas, M., 2004. *In vitro* studies on microtuber induction in potato. Int J. Agri. Biol., 6 (2): 375-377.
- Romanov, G. A., Aksenova, N. P., Konstantinova, T. N., Golyanovskaya, S. A., Kossmann, J., Willmitzer, L., 2000. Effect of indole-3-acetic acid and kinetin on tuberisation parameters of different cultivars and transgenic lines of potato *in vitro*. Plant Growth Regulation, 32: 245-251.
- Saker, M.M., Moussa, T.A.A., Heikal, N.Z., AboEllil, A. H. A., Abdel-Rahman, R. M. H., 2012. Selection of an efficient *in vitro* micropropagation and regeneration system for potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivar Desiree. African Journal of Biotechnology, 11 (98): 16388-16404.

- Seabrook, J. E. A., Douglass, K and Arnold, D. A. 2004. Effect of leaves on microtubers produced from potato single-node cuttings *in vitro*. Amer J of Potato Res 81: 1-5.
- Shibli, R. A., Abu-Ein, A. M., Ajlouni, M. M., 2002. *In vitro* and *in vivo* multiplication of virus-free Spunta potato clone. Pakistan J. of Agric. Res., 17 (1): 71-75.
- Uddin, N. S., 2006. *In vitro* propagation of elite indigenous potato (*Solanum tuberosum* L. var. Indurkani) of Bangladesh. Journal of Plant Sciences, 1 (3): 212-216.
- Vinterhalter, D., Vinterhalter, B., Calovic, M., Jevtic, S., 1997. The relationship between sucrose and cytokinins in the regulation of growth and branching in potato cv. Desiree shoot cultures. Proc. 1st Balkan Symp. Vegetables and Potatoes (Eds. S. Jevtic and B. Lasic). ActaHorticulturae, 462: 319-323.
- Yasmin, A., Jalbani, A. A., Raza, S., 2011. Effect of growth regulators on meristem tip culture of local potato cvs Desiree and Patrones. Pak. J. Agri., Agril. Eng. Vet. Sci., 27 (2): 143-149.
- Yousef, A. A. R., Suwwan, M. A., Al-Musa, A. M., Abu-Qaoud, H. A., 1997. *In vitro* culture and microtuberization of 'Spunta' potato (*Solanum tuberosum* L.). Dirasat. Agricultural Sciences, 24 (2): 173-181.
- Zaman, M. S., Quaraishi, A., Hassan, G., Din, R. U., Ali, S., Kabir, A., Gul, N., 2001. Meristem culture of potato (*Solanum tuberosum* L.) for production of virus-free plantlets. J Biol Sci., 1: 898-899.
- Zhang, Z., Zhou, W., Li, Huizhen. 2005. The role of GA, IAA and BAP in the regulation of *in vitro* shoot growth and microtuberization in potato.