

Uludağ Üniversitesi
ZİRAAT FAKÜLTESİ

Uludag University
Faculty of Agriculture

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ

The Journal of Agricultural
Faculty of Uludag University

Cilt 30

Sayı 1

Volume

Number

2016

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi

Aşağıdaki veri tabanları tarafından taranmaktadır.

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi - The Journal of Agricultural Faculty of Uludag University is abstracted/indexed by the databases below.



CAB International



FAO AGRIS/CARIS



Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi

The Journal of Agricultural Faculty of Uludağ University

Görükle Kampüsü 16059 Bursa/Türkiye

Cilt / Volume: 30

Sayı / Number: 1

Yıl / Year: 2016

ISSN 1301-3165

Uludağ Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Adına

Sahibi/Publisher

Prof. Dr. Uğur BİLGİLİ
Dekan

Yazı İşleri Sorumlusu/Editor in Chief

Prof. Dr. Mehmet SİNCİK

Alt Yayın Komisyonu/Editorial Board

Prof. Dr. Mehmet SİNCİK
Doç. Dr. C. Ece TAMER
Doç. Dr. Hakan ÇELİK
Doç. Dr. Asuman CANSEV
Yrd. Doç. Dr. Serdar DURU

Basım Yeri/Press

Uludağ Üniversitesi Basımevi
Bursa - 2016

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi yılda iki kez yayınlanan hakemli bir dergidir. Dergide yayınlanan tüm yazıların sorumluluğu yazarlarına aittir. Yayınlanan yazılar, yayıncının izni olmadan çoğaltılamaz. Yazılardan alıntı yapılması durumunda mutlaka referans gösterilmelidir.

The Journal of Agriculture Faculty of Uludağ University is a refereed journal biannually published. All rights to article published in this Journal are reserved by Agriculture Faculty of Uludağ University. Permission must be obtained for reproduction in whole or in part in any form.

İletişim/Contact

Tel: 0224 294 14 07

Fax: 0 224 294 14 02

e-posta: zfdergisi@uludag.edu.tr

<http://ziraat.uludag.edu.tr>

BU SAYIDA HAKEMLİK YAPAN ÖĞRETİM ÜYELERİ

(Scientific Advisory Board)

(Alfabetik Sıraya Göre/Alphabetical Order)

AKARCA, Gökhan	Afyon Kocatepe Üniversitesi, AFYON
AKÇAY, Selin Muradiye	Adnan Menderes Üniversitesi, AYDIN
APAYDIN, Halit	Ankara Üniversitesi, ANKARA
AYBEK, Ali	Sütçüimam Üniversitesi, KAHRAMANMARAŞ
AYTEKİN, Özlem	Pamukkale Üniversitesi, DENİZLİ
AÇIKGÖZ, Zümrüt	Ege Üniversitesi, İZMİR
BAYAT, Ali	Çukurova Üniversitesi, ADANA
BULUT, Yahya	Atatürk Üniversitesi, ERZURUM
CAN, İbrahim	Atatürk Üniversitesi, ERZURUM
CANDOĞAN, Burak Nazmi	Uludağ Üniversitesi-BURSA
ÇAKIR, İbrahim	Abant İzzet Baysal Üniversitesi, BOLU
ÇAKMAK, Belgin	Ankara Üniversitesi, ANKARA
ÇELİK, Aysun	Uludağ Üniversitesi-BURSA
ÇELİK, Ladine	Çukurova Üniversitesi, ADANA
DEMİR, Ali Osman	Uludağ Üniversitesi, BURSA
DURUN, Ergin	Ankara Üniversitesi, ANKARA
ELÇİ, Alper	Dokuz Eylül Üniversitesi, İZMİR
ERDURAN NEMUTLU, Füsün	Onsekizmart Üniversitesi, ÇANAKKALE
GÖÇMEN, Duygu	Uludağ Üniversitesi, BURSA
GÜNEŞ, Sevcan	Pamukkale Üniversitesi, DENİZLİ
GÜRDİL, Gürkan Alp Kağan	Ondokuzmayıs Üniversitesi, SAMSUN
HALİS, Mine	Kastamonu Üniversitesi, KASTAMONU
KARAKAŞ, Barçın	Akdeniz Üniversitesi, ANTALYA
KELEŞ, Gürhan	Adnan Menderes Üniversitesi, AYDIN
KENDİRLİ, Berna	Ankara Üniversitesi, ANKARA
KILIÇ, Ünal	Ondokuzmayıs Üniversitesi, SAMSUN
ÖKMEN, Gülten	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, MUĞLA
ÖZSOY, Gökhan	Uludağ Üniversitesi, BURSA
ÖZTEKİN, Yeşim Benal	Ondokuzmayıs Üniversitesi, SAMSUN
ÖZTÜRK, Hasan Hüseyin	Çukurova Üniversitesi, ADANA
POLAT, Havva Eylem	Ankara Üniversitesi, ANKARA
ŞİMŞEK, Celalettin	Dokuz Eylül Üniversitesi, İZMİR
TEKİN, Yücel	Uludağ Üniversitesi, BURSA
TEKİNEL, Murat	Onsekizmart Üniversitesi, ÇANAKKALE
TÜNEY, İnci	Ege Üniversitesi, İZMİR
UĞURLU, Nuh	Selçuk Üniversitesi, KONYA

İçindekiler / Contents

ARAŞTIRMA MAKALELERİ (Research Articles)

Farklı Su Uygulama Düzeylerinin Mısır Bitkisi Verimi Üzerine Etkisi

The Effect of Different Irrigation Levels on Maize Yield

Dilruba OKAY, Senih YAZGAN..... 1

Mahalle Parklarının Etkin Hizmet Alanlarının Belirlenmesi -

Bursa İli Nilüfer İlçesi Örneği

Determination of the Efficiency Zone of Neighborhood Parks -

A Case Study in Nilüfer District in Bursa

Elvan ENDER, Cengiz USLU 13

Seyfe Gölü Havzası Yeraltı Suyu Kalitesinin Zamana Göre

Değişimin İncelenmesi

Investigation of Change Groundwater Quality of Seyfe Lake According to Time

Sultan KIYMAZ, Ufuk KARADAVUT, Ahmet ERTEK..... 21

Kırıkhan Sulama Birliği Alanında Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak

Haritalanan Taban Suyu Gözlemlerinin Değerlendirilmesi

Evaluation of Ground Water Observations Mapped by Using Geografik

Information Systems (GIS) in the Kırıkhan Irrigation Area

Mehmet GENÇOĞLU, Kenan UÇAN..... 33

Türkmenistan Pamuk Sektörünün Rekabetçilik Düzeyinin Analizi

Competitiveness Analysis of Turkmenistan's Cotton Sector

Güçgeldi BASHIMOV 47

Poliasetal (POM) Meme Plakalarının Orifis Geometrisinde Üretim

Kusurlarının Eliptik Fourier Tanımlayıcılarıyla Tespiti

Detection of Manufacturing Defects on Orifice Geometry of Polyacetal (POM)

Nozzle Discs by Using the Elliptic Fourier Descriptors

Bahadır SAYINCI..... 57

Referans Evapotranspirasyonun Zaman, Konum, Bağlı Nem ve Rüzgâr

Hızı Girdileri Kullanılarak Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmin Edilmesi

Estimation of Reference Evapotranspiration with Artificial Neural Networks

Using Values of Time, Location, Relative Humidity and Wind Speed

Necati AKSU 75

Nohut Mayalı Ekmek Üretimi ve Hakim Mikroflora

The Production of Bread with Chickpea Ferment and Dominant Microflora

Zerrin ERGİNKAYA, Emel ÜNAL TURHAN, Emir Ayşe ÖZER..... 89

Farklı Ekim Yoğunluğunun Koçansız Şeker Mısırı Silajlarının Besleme Değeri, Silaj Kalite Özellikleri ve Besin Madde Verimi Üzerine Etkisi

The Effect of Sowing Density on the Nutritive Value, Silage Quality Characteristics and Nutrient Yields of Non Stover Sweet Corn

Önder CANBOLAT, Abdullah KARASU, Gamze BAYRAM, İsmail FİLYA, Adem KAMALAK 101

Çiftlik Gübresi Dağıtma Makinasının Farklı İlerleme Hızlarındaki Bazı İşletme Özellikleri

Some Operation Characteristics of Farmyard Manure Spreaders at Different Ground Speeds

Halil ÜNAL, Hasan KURALOĞLU, Meral FİRAT, Duygu KAHYA, Kübra ÖZALP, Elif YANIK 113

Bursa İli Orhangazi ve Gemlik İlçelerinde Zeytin Yetiştiriciliğindeki Mekanizasyon Durumu

Mechanization Level of Olive Growing in Orhangazi and Gemlik Districts of Bursa Province

Erhan DURAN, Halil ÜNAL..... 127

DERLEMELER (Reviews)

Siyanobakterilerden Elde Edilen Pigment Maddeleri ve Kullanım Alanları

Pigment Substances and Usage Areas From Cyanobacteria

Hilal KARGİN YILMAZ, Mahitap Duygu DİKBAŞ, Murat BİLGÜVEN 139

Biyolojik Detoksifikasyon ve Probiyotikler

Biological Detoxification and Probiotics

Gizem OMAK, Tülay ÖZCAN, Lütfiye YILMAZ-ERSAN 157

Trombe Duvar ile Ek Isı Kazanımı Sonucu Hayvan Barınaklarında Havalandırma Etkinliğinin Artırılması

Improved Ventilation Efficiency in Livestock Housings with Additional Heat Gain Through Trombe Walls

Sedat KARAMAN, İbrahim ÖRÜNG, Ünal ŞİRİN..... 169

Tarımsal Üretimde Bazı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı

Some Renewable Energy Resources Usage in Agricultural Production

Onur TAŞKIN, Ali VARDAR..... 179

Yem Formu ve Partikül Büyüklüğünün Etlik Piliçlerde Sindirim Kanalı Gelişimi, Besin Madde Sindirilebilirliği ve Büyüme Performansı Üzerine Etkileri

The Effects of Feed Form and Particle Size on Digestive Tract Development, Nutrient Digestibility and Growth Performance of Broilers

Arda SÖZCÜ, İbrahim AK..... 185



Farklı Su Uygulama Düzeylerinin Mısır Bitkisi Verimi Üzerine Etkisi

Dilruba OKAY^{1*}, Senih YAZGAN²

¹Üsküdar İlçe Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, İstanbul.

²Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa.

*e-posta: dilrubaokay@hotmail.com

Geliş Tarihi: 24.09.2015; Kabul Tarihi: 22.12.2015

Öz: Bu çalışmada, Bursa koşullarında mısır bitkisine ilişkin farklı su uygulama düzeylerinin verim üzerindeki etkisi arazi denemesi ile belirlenmiştir. Çalışma, 2004 yılında Bursa ili Yenişehir ilçesinde yürütülmüştür. Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuş olup, materyal olarak “Tector” mısır çeşidi kullanılmıştır. Deneme parsellerinin uzunluğu 10 m, genişliği 5.6 m olacak şekilde düzenlenmiştir. Deneme parsellerine 4 sıralı pnömatik mibzerle 5 cm derinliğe, sıra arası 70 cm ve sıra üstü 18 cm olacak şekilde ekim yapılmıştır. Çalışmada 16 farklı su uygulama düzeyi oluşturulmuş ve bu konulara göre elde edilen dane verimi 1120.1 kg/da -1852.8 kg/da arasında değişmiş olup, tam sulanan koşulda en yüksek verim elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, vejetatif gelişme ve tepe püskülü dönemlerinde yapılan sulamaların verim artışında olumlu bir etki yaptığı, koçan çıkarma ve süt olum dönemlerinde kısıntılı sulama yapmanın verimi etkilemediği, tek başına herhangi bir dönemde sulama yapmanın verimi olumsuz etkileyeceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Mısır, sulama, verim.

The Effect of Different Irrigation Levels on Maize Yield

Abstract: In this study, application of different irrigation levels effect of yield on maize determine land experiment of Bursa conditions. The study had been conducted in 2004, in the province of Bursa, Yenişehir district. The study is based on three replications in a randomized block design and “Tector” crop cultivar was used as material. In this study, 16 different irrigation treatments were investigated and under these conditions grain yields were varied between 1120.1 kg/da and 1852.8 kg/da and highest yield was obtained under full irrigation treatment. According to the results obtained, it had been observed that there was a positive effect of irrigation on yield that had been applied during vegetative growth and tasselling periods, no effect during corncob formation and milk formation periods and a negative effect of solo irrigation in any period.

Key Words: Maize, irrigation, yield.

Giriş

Ülkemizde mısır üretimi, tahıllar arasında buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada yer almaktadır. Mısır yurdumuzun hemen hemen her bölgesinde ürün deseni içerisinde yer alan bir bitkidir. Bugünkü üretim ve verim değerleri gelecekte planlı ürün deseni oluşturmak için önemli bir potansiyel taşımaktadır.

Mısır bitkisi, yıllık 2-2.3 milyon ton üretim miktarı ve 4300 kg/da verime sahiptir. Üretim ve verimde 1980 sonrasında % 109'a varan artışlar kaydedilmiştir. Bu artış, kullanılan melez tohumluğu ve araştırma sonuçlarının uygulamaya aktarılmasıyla ortaya çıkmıştır.

Ülkemizde tahıl ekim alanlarını incelediğimizde; buğday 9.400.000 ha, arpa 3.750.000 ha, mısır 550.000 ha, çeltik 60.000 ha, yulaf 158.500 ha ve çavdar 133.000 ha ekim alanına sahiptir. Türkiye'deki tarım alanlarının ortalama % 30 kadarında buğday tarımı yapılmaktadır. Tahıllar içerisinde üçüncü sırada yer alan mısır bitkisinin ekim alanı çok fazla bir artış göstermemesine karşın, mısır üretimi giderek artmaktadır. Mısır ekim alanlarının ve üretiminin yıllara göre değişimi incelendiğinde 1935 yılında 175.000 ha'lık alanda mısır ekimi yapıldığı halde bu değer 1940 yılından itibaren artmaya başlamış ve 2000 yılında 500.000 ha'ın üzerine çıkmıştır (Anonim, 2001).

Kırnak ve ark. (2003), 1999-2000 yıllarında Harran Ovası koşullarında mısır bitkisinin kısıntılı sulama uygulamalarında ortaya koyduğu verim ve gelişim tepkileri belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, 5 konulu 3 tekrarlı bir deneme kurmuşlardır. Kontrol parseline 7 günde bir etkili kök bölgesindeki mevcut nemi tarla kapasitesine çıkaracak şekilde sulama suyu uygularken, diğer konulara kontrol konusuna verilen suyun % 20, 40, 60, 80'i kadar su damla sulama sistemiyle uygulamışlardır. Kontrol konusuna denemenin birinci ve ikinci yılında sırasıyla toplam 1215 ve 1295 mm su uygulanmış, söz konusu konuya ilişkin su tüketimi birinci yıl 1320 mm, ikinci yıl 1435 mm olarak belirlemişlerdir. Söz konusu sulama konusunda dekara verim 1999 yılında 1294 kg; 2000 yılında ise 1405 kg olarak elde etmişlerdir.

Uçak ve ark. (2010), Adana'da 2008-2009 yılları arasında mısır bitkisinin 3 farklı gelişme döneminde uygulanan su stresinin verime etkisini saptamak amacıyla yürüttükleri çalışmada, bitkinin değişik gelişme dönemlerinde oluşturulan tanık konu dahil 4 su stresi konusunu incelemişlerdir. Mevsimlik su tüketimi 771.2 mm, aylık su tüketimi ise 90-195mm/ay (3-6.5 mm/gün) arasında değişmiş, bitkinin değişik dönemlerinde çıkış suyu da dahil olmak üzere 5 kez sulanması gerektiği, özellikle tepe püskülü çıkarttığı dönemde su atlaması yapılmaması gerektiği sonucuna varılmışlardır. Tozlaşma (tepe püskülü) döneminde su kısıntısı uygulamasının verimi % 9 oranında azalttığını belirtmişlerdir.

Çalışmanın amacı, Bursa iklim koşullarında farklı su uygulama düzeylerinin mısır bitkisinin verimi üzerindeki etkilerini belirlemektir. Bu amaçla arazide kurulan denemeden elde edilen sonuçlar varyans analizi ile karşılaştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Bursa ili Yenişehir ilçesinde 2004 yılında yürütülmüştür (29° 30' E, 40° 13' N ve denizden ortalama yüksekliği 233 m). Denemede kullanılan sulama suyunun ABD Tuzluluk Laboratuvarı'nın hazırladığı diyagrama göre C₂S₁ sınıfına girdiği belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü deneme alanı topraklarının 0-120 cm derinlikte 30 cm'lik

katmanlara göre toprağın hacim ağırlığı 1.47-1.68 g/cm³, ağırlık esasına göre tarla kapasitesinin nem içeriği % 29.92-37.73 ve solma noktasının ise % 17.72-23.74, pH'ı 7.52-8.05, organik madde içeriği % 0.94-2.32 arasında değişmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Fiziksel Özellikleri

Toprak Derinliği (cm)	Dane İrilik Dağılımı (%)			Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	TK (%)	SN (%)	pH	Kireç (%)	Organik Madde (%)
	Kum	Silt	Kil							
0 – 30	12.67	36.33	50.99	SiCL	1.67	37.73	23.74	7.52	16.5	2.32
30 – 60	14.04	44.72	41.23	SiC	1.47	30.93	19.37	7.75	29.5	1.49
60 – 90	8.86	42.53	48.61	SiC	1.68	29.92	17.72	7.86	31.5	1.08
90 –120	12.93	40.00	47.07	SiCL	1.60	36.30	23.73	8.05	33.0	0.94

Toprak bünyesi siltli-killi özellikte olup, alkalilik ve tuzluluk sorunu bulunmamaktadır.

Araştırmanın yürütüldüğü 2004 yılına ilişkin iklim verileri Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne bağlı Yenişehir İstasyonundan sağlanmış olup, bitki gelişme dönemi boyunca 15.5 °C-22.3 °C arasında değişen ortalama aylık sıcaklık değerlerinin, 16.4 °C-23.1 °C arasında değişen uzun yıllık değerlere oldukça yakın olduğu görülmektedir. Mayıs-Ekim döneminde uzun yıllık ortalama yağış, 19.1 mm ile en düşük Temmuz ve 63.9 mm ile en fazla Ekim ayındadır.

Deneme parsellerinin uzunluğu 10 m, genişliği 5.6 m olacak şekilde düzenlenmiştir. Parsel arasındaki mesafe 1.5 m, bloklar arasındaki mesafe ise 3 m'dir. Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak düzenlenmiştir. Deneme parsellerine 4 sıralı pnömatik mibzerle 5 cm derinliğe, sıra arası 70 cm ve sıra üstü 18 cm olacak şekilde 4 Mayıs 2004 tarihinde dekara ortalama 7857 adet **Tector** mısır tohumu gelecek şekilde ekim yapılmıştır. Deneme parsellerine ekimle birlikte 15-15-15 NPK gübresinden dekara 45 kg olarak uygulanmıştır. Uygulanması gereken kalan azot, üre formunda sulama suyu ile birlikte dekara 20 kg (% 33 N) olacak şekilde II. sulamayla birlikte uygulanmıştır.

Sulamadan bir gün önce, parsellerin ilk 0-30 cm'lik toprak katmanının nem içeriği gravimetrik yöntemle, 30-120 cm arasında ise 30 cm'lik katmanlar halinde nötronmetre yöntemiyle belirlenmiştir. Denemede sulama konuları, bitki gelişme dönemlerinde su eksikliğinin olması ve olmamasına göre, bitkinin 4 gelişme dönemi dikkate alınarak, 16 farklı su kısıtı oluşturulmuştur. Kısıntılı sulama yapılan parsellere 0-120 cm toprak derinliğindeki mevcut nemin tarla kapasitesine getirilmesi için gerekli olan suyun % 50'si, kısıntısız sulama yapılan parsellere ise tamamı uygulanmıştır (Çizelge 2).

Sulama zamanının ve uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesi aşamasında kullanılacak kalibrasyon eğrisinin çıkartılması amacıyla, deneme parsellerinin yanında yaş kalibrasyon için 3 m x 3 m boyutlarında, ortasına alüminyum boru çakılmış ve doymun hale getirilmiş bir havuz yapılmıştır. Kuru kalibrasyon ölçümlerini izlemek için de parsellerin yanında sulanmayan bölümden oluşturulan havuzun ortasına alüminyum boru çakılmış ve ölçümler buradan yapılmıştır. Deneme parsellerinde sulamaya başlamadan önce yaş ve kuru kalibrasyon havuzlarından 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm derinliklerinde toprak örnekleri alınmış, toprak nemi gravimetrik yöntemle belirlenmiş ve nötronmetre okumaları

ile karşılaştırılarak kalibrasyon eğrisi çıkartılmıştır (Gençoğlan 1996). Deneme parsellerinde yapılan nötronmetre okumalarına karşılık toprak nemi değerleri, kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak bulunmuştur. Sulama suyu miktarı kısıntısız koşullarda, toprak nemi tarla kapasitesine getirilinceye kadar, kısıntılı koşullarda ise bu değerin yarısı kadar uygulanmıştır. Sulamalar, 7 gün aralıklarında yapılmış ve sulama suyu damla sulama yöntemiyle verilmiştir. Sistemde, 1 atm işletme basıncında, 4 L/h debiye sahip, laterale geçik tipte (inline), 0.20 m aralıklı damlatıcılar kullanılmıştır.

Çizelge 2. Parsellerde Uygulanan Sulama Konuları

Kısaltma	Sulama Konuları
VTKS	Tüm gelişme dönemlerinde su eksikliğinin olmaması
TKS	Vejetatif gelişme döneminde su eksikliğinin olması
VKS	Tepe püskülü döneminde su eksikliğinin olması
VTK	Süt olum döneminde su eksikliğinin olması
VTS	Koçan çıkarma döneminde su eksikliğinin olması
VT	Süt olum ve koçan çıkarma dönemlerinde su eksikliğinin olması
VK	Süt olum ve tepe püskülü dönemlerinde su eksikliğinin olması
VS	Koçan çıkarma ve tepe püskülü döneminde su eksikliğinin olması
TK	Süt olum ve vejetatif gelişme dönemlerinde su eksikliğinin olması
TS	Koçan çıkarma ve vejetatif gelişme dönemlerinde su eksikliğinin olması
KS	Tepe püskülü ve vejetatif gelişme dönemlerinde su eksikliğinin olması
V	Süt olum, koçan çıkarma ve tepe püskülü dönemlerinde su eksikliğinin olması
T	Süt olum, koçan çıkarma ve vejetatif gelişme dönemlerinde su eksikliğinin olması
K	Süt olum, tepe püskülü ve vejetatif gelişme dönemlerinde su eksikliğinin olması
S	Koçan çıkarma, tepe püskülü ve vejetatif gelişme dönemlerine su eksikliğinin olması
Susuz	Tüm gelişme dönemlerinde su eksikliğinin olması

V: Vejetatif gelişme dönemi T: Tepe püskülü dönemi K: Koçan çıkarma dönemi S: Süt olum dönemi

Bitki su tüketimi nem ölçümü yapılan (iki sulama tarihi arası) periyotlar için 90 cm toprak derinliğindeki su dengesi esasına göre hesaplanmıştır (Öktem ve ark. 2003).

$$ET= P + I - R_f - D_p \pm \Delta S$$

Eşitlikte;

ET: Evapotranspirasyon (mm); P: yağış miktarı(mm); I: uygulanan sulama suyu miktarı (mm); R_f: yüzey akış miktarı (mm); D_p: derine sızma (mm) ve ΔS: kök bölgesinde toprak nem değişimi veya dönem başı ile dönem sonu arasındaki depolama farkı, mm olarak ifade edilmiştir. Hesaplama da yüzey akış (R_f) ve derine sızma (D_p) Öktem ve ark. (2003)'e göre ihmal edilmiştir.

Koçan püsküllerinin kuruduğu, danelerin sertleştiiği, koçan kavuzlarının iyice sarardığı ve danelerdeki su oranının % 50'den aşığı düştüğü dönemde, koçanlar elle hasat edilmiştir (Gençoğlan, 1996).

Hasatta kenar etkisini gidermek için parsellerin 1., 2., 7., ve 8. sıraları hasat edilmemiş, 3.,4.,5. ve 6. sıralardan parsel başından ve sonundan 5 bitki ayrılarak, kalan 4 sıra elle hasat edilmiştir.

Hasat edilen koçanlar elle danelenmiş, danelenmiş mısırın su içeriğini belirlemek için örnekler alınarak ayrı ayrı tartılmış ve dane verimi % 15 nem içeriğine göre düzeltilmiş ve istatistiksel analizler düzeltilmiş verimlere göre yapılmıştır (Howell ve ark. 1992, Gençoğlan 1996).

Tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak yürütülmüş olan denemeden elde edilen veriler, Minitab 14 bilgisayar paket programı kullanılarak Turan (1995)'e göre analiz edilmiş ve ortalamalar Duncan (Duncan's Multiple Range Test) testine göre karşılaştırılmıştır. Farklı grupların belirlenmesinde % 5 ve % 1 olasılık düzeyleri kullanılmıştır.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Ekim 4 Mayıs 2004 tarihinde yapılmış olup, vejetatif gelişme dönemi ekimden yaklaşık 40-50 gün arasında değişen sürelerde başlamıştır. Vejetatif gelişme döneminden sonraki tepe püskülü ise ekimden 65-76 gün sonra çıkmıştır. Tepe püskülü döneminden 8-10 gün sonra koçan çıkarmış ve söz konusu dönemden 20-25 gün sonrada süt olum dönemi başlamıştır (Çizelge 3). Orta geçci bir çeşit olan bu çeşidin yetiştirme süresinin yıllara göre 120-130 gün arasında değiştiği belirtilmektedir.

Çizelge 3. Bitki Geliştirme Dönemleri

Geliştirme Dönemleri	Tarih	DOY*
Ekim	04.05.2004	125
Çıkış	14.05.2004	131
Vejetatif Geliştirme	14.06.2004	171
Tepe Püskülü Çıkarma	20.07.2004	204
Koçan Çıkarma	30.07.2004	208
Süt Olum	20.08.2004	237
Hasat	16.10.2004	289

* Julian takvimine göre gün sayısı

Çizelge 4. Sulama Konularından Elde Edilen Dönemsel Bitki Su Tüketimi Değerleri (mm)

Konular	Bitki Su Tüketiminin Belirlendiği Dönemler							Toplam
	26/06/04-03/07/04	03/07/04-11/07/04	11/07/04-18/07/04	18/07/04-25/07/04	25/07/04-01/08/04	01/08/04-08/08/04	08/08/04-15/08/04	
VTKS	97.0	139.8	109.9	128.5	119.5	116.1	112.3	823.1
TKS	47.9	73.2	63.1	103.7	89.5	94.8	98.1	570.3
VKS	89.2	116.8	110.2	66.3	105.6	100.0	106.6	694.6
VTS	103.8	133.8	126.3	132.1	65.8	59.2	115.3	736.2
VTK	94.5	137.0	120.1	132.4	129.0	120.3	57.1	790.3
VT	86.5	121.3	102.4	111.2	57.1	49.2	56.4	584.3
VK	84.7	111.5	99.4	60.6	100.2	98.7	49.3	604.3
VS	91.8	115.1	100.6	58.3	51.2	48.2	96.3	561.5
TK	54.8	81.5	62.5	121.0	107.8	106.8	53.1	587.5
TS	66.6	90.9	73.3	76.6	65.3	115.6	59.9	548.3
KS	56.4	78.5	60.7	60.2	106.0	100.9	100.3	563.1
V	96.5	129.5	117.0	72.4	60.0	56.6	57.2	589.3
T	46.5	75.4	65.1	119.5	60.0	58.0	50.3	474.8
K	65.4	84.0	69.8	67.1	119.3	111.8	62.9	580.3
S	44.0	80.5	62.7	67.7	62.1	56.0	105.0	478.1
Susuz	17.5	38.0	16.7	12.1	0.0	3.1	2.7	89.9

Mısır bitkisinin sulama konularına göre hesaplanan bitki su tüketimleri Çizelge 4'te verilmiştir. Bitki su tüketimi en fazla tüm gelişme dönemlerinde su kısıntısı uygulanmayan sulama konusunda 823.1 mm, en az ise sulanmayan parselde 89.9 mm olarak belirlenmiştir. Mısır bitkisinin gelişme dönemlerinde uygulanan su kısıtları Çizelge 5'te verilmiştir. Tüm gelişme dönemlerinde su kısıntısının olmadığı koşullarda 711 mm, süt olum döneminde su kısıntısının uygulanmadığı dönemde ise 365 mm su uygulanmıştır.

Çizelge 5. Sulama Konularına Her Sulamada Uygulanan Sulama Suyu Miktarları

Konular	Sulama Tarihleri							Toplam Sulama Suyu (mm)
	3/7/2004	11/7/2004	18/7/2004	25/7/2004	1/8/2004	8/8/2004	15/8/2004	
VTKS	78	95	98	107	110	112	111	711
TKS	33	39	41	89	91	92	94	479
VKS	71	85	90	48	98	98	101	592
VTS	86	99	104	110	55	56	113	623
VTK	76	96	101	108	115	117	58	670
VT	73	86	88	95	49	50	50	490
VK	69	80	84	45	92	94	47	512
VS	72	83	84	44	45	45	92	466
TK	37	45	47	103	100	103	51	485
TS	42	50	52	113	53	57	115	482
KS	37	43	45	48	97	99	98	467
V	78	92	98	53	54	54	54	483
T	35	43	45	98	51	51	51	375
K	41	48	50	53	110	110	55	468
S	32	41	44	48	48	51	102	365
Susuz	0	0	0	0	0	0	0	0

V: Vejetatif gelişme dönemi T: Tepe püskülü dönemi K: Koçan çıkarma dönemi S: Süt olum dönemi

Sulama konuları arasındaki farklılıkların düzeyini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 6'da, sulama konularından elde edilen ve % 15 nem içeriğine göre düzeltilmiş mısır dane verimleri ile bunların LSD sınıflandırması ise Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 6. Dane Verimi Varyans Analizi Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Bloklar	2	12964	6482	6.18
Konular	15	1765186	117679	112.11*
Hata	30	31490	1050	
Genel	47	1809640		

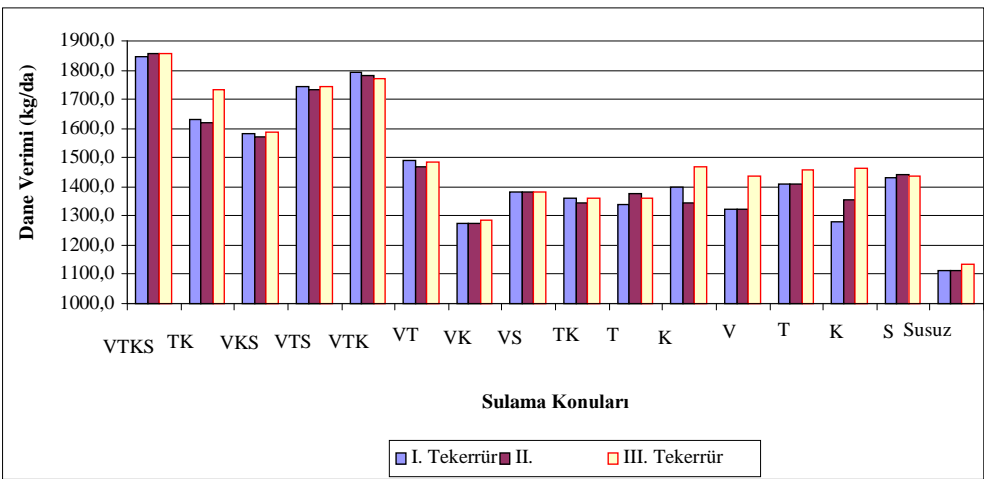
*P<0.05

Çizelge 7. Deneme Parsellerinden Elde Edilen Dane Verimleri (kg/da)

KKonular	Ortalama Verim (kg/da)	Grup
VTKS	1852.8	A
TKS	1662.0	D
VKS	1581.4	E
VTS	1740.2	C
VTK	1783.0	B
VT	1483.7	F
VK	1278.9	J
VS	1381.9	HI
TK	1356.2	I
TS	1360.6	I
KS	1404.5	GH
V	1361.7	I
T	1425.2	G
K	1365.6	I
S	1435.6	G
Susuz	1120.1	K

Çizelge 7 ve Şekil 2’den de görüldüğü gibi en yüksek dane verimi tüm gelişme dönemlerinde kısıntısız sulamanın yapıldığı parselde, en düşük dane verimi ise tüm gelişme dönemlerinde su kısıtı uygulanan parselde elde edilmiştir. Özellikle vejetatif gelişme dönemi ve tepe püskülü döneminde yapılan sulamaların verimi arttırdığı, tek bir gelişme döneminde yapılan sulamaların verim artışı üzerinde çok fazla etkili olmadığı görülmüştür.

Kırnak ve ark. (2003), Şanlıurfa’da mısır bitkisinin kısıntılı sulama uygulamalarında verimi belirlemek amacıyla 1999-2000 yıllarında yürüttükleri çalışmada mısır verimini 1999 yılında 1294 kg/da, 2000 yılında ise 1405 kg/da; Eşiyok ve ark. (2004), GH 2547 çeşidinden İzmir Bornova’da 1809 kg/da, Çine’de 2087 kg/da, Menemen’den ise 2429 kg/da; Öktem ve ark. (2004), Şanlıurfa’da Pegaso çeşidinden 2002 yılında 1339 kg/da, 2003 yılında 1285 kg/da elde etmişlerdir. Karaşahin ve Sade (2011), 2005 ve 2006 yıllarında Konya’da, farklı sulama yöntemlerinin verim üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürüttükleri çalışmada, damla sulama yöntemiyle ilk yıl 22 kez sulama yaparak 742 mm, ikinci yıl 21 kez sulama yaparak 663 mm su uyguladıklarını, 1. yıl 1743 kg/da, 2. yıl 2019 kg/da mısır verimi elde ettiklerini ve damla sulama yöntemiyle dane veriminin karık sulama yöntemine göre önemli ölçüde yüksek gerçekleştiğini belirtmişlerdir.



Şekil 2. Deneme Parsellerinden Elde Edilen Dane Verimlerinin Değişimi

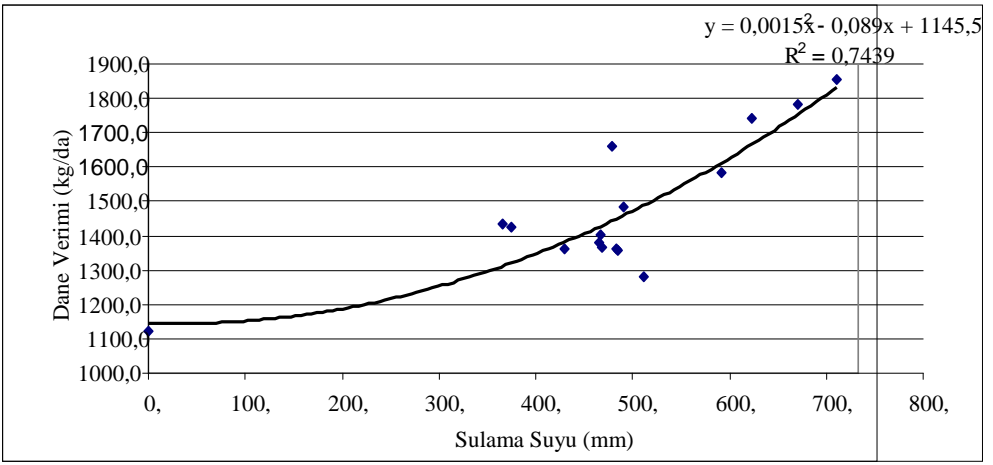
Bu çalışmada, tam sulanan koşulda elde edilen 1852.8 kg/da ve susuz koşulda elde edilen 1120.1 kg/da dane verimleri yukarıdaki araştırmacıların sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Varyans analizleri sonuçlarına göre sulama konuları arasında dane verimi % 5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. LSD testi sonuçlarına göre 11 grup oluşmuştur (Çizelge 7). VTKS tam sulanan koşul I. gruba, VTK koşulu II. gruba girerken, VK X. gruba, susuz koşul ise XI. gruba girmiştir. Sonuçlar, uygulanan su kısıtlarının gelişme dönemlerine göre mısır dane veriminde azalmalara yol açtığını ve istatistiksel olarak farklı gruplarda yer almasına neden olduğunu göstermiştir. Vejetatif gelişme ve tepe püsküllü dönemlerinde yapılan sulamaların verim artışında olumlu bir etki yaptığı, koçan çıkarma ve süt olum dönemlerinde kısıntılı sulama yapmanın verimi etkilemediği, tek başına herhangi bir dönemde sulama yapmanın verimi olumsuz etkileyeceği sonuç olarak söylenebilir.

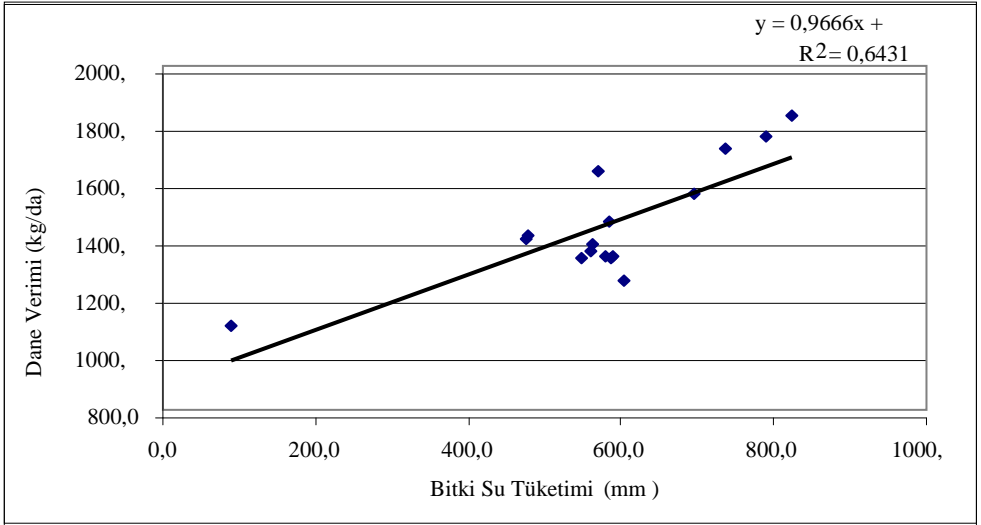
Sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleriyle, ortalama dane verimleri arasında su-verim fonksiyonları belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 3 ve 4'te verilmiştir.

Dane verimi ile sulama suyu ve bitki su tüketimi arasında % 1 önem düzeyine göre sırasıyla ikinci dereceden ve doğrusal ilişkiler olduğu bulunmuştur. Sulama suyu (I) ile dane verimi (Y) arasında $Y = 0.0015 I^2 - 0.089 I + 1145.5$ ($R^2 = 0.7439$), bitki su tüketimi (ET) ile dane verimi (Y) arasında ise $Y = 0.9666 ET + 914.19$ ($R^2 = 0.6431$) şeklinde eşitlikler elde edilmiştir.

Dane verimi ile sulama suyu ve bitki su tüketimi arasında % 1 önem düzeyine göre sırasıyla ikinci dereceden ve doğrusal ilişkiler olduğu bulunmuştur. Sulama suyu (I) ile dane verimi (Y) arasında $Y = 0.0015 I^2 - 0.089 I + 1145.5$ ($R^2 = 0.7439$), bitki su tüketimi (ET) ile dane verimi (Y) arasında ise $Y = 0.9666 ET + 914.19$ ($R^2 = 0.6431$) şeklinde eşitlikler elde edilmiştir.



Şekil 3. Sulama Suyu (I) ile Dane Verimi (Y) İlişkisi



Şekil 4. Bitki Su Tüketimi (ET) ile Dane Verimi (Y) İlişkisi

Gençoğlan (1996), Çukurova koşullarında sulama suyu ile verim arasında ikinci dereceden, 1993 yılında $R^2 = 0,98$, 1994 yılında ise $R^2 = 0,97$; Yıldırım ve Kodal (1998), Ankara koşullarında sulama suyu ile verim arasında ikinci dereceden ($R^2 = 0,91$) ilişki belirlemişlerdir. Wanjura ve ark. (2003) Teksas koşullarında sulama suyu ile verim arasında ikinci dereceden $R^2 = 0,53$ bir ilişki bulmuşlardır. Yukarıdaki araştırmacılar ile bu çalışmada belirlenen sulama suyu verim arasındaki ikinci dereceden ilişki, Wanjura ve ark. (2003)'ün çalışmasından yüksek, Gençoğlan (1996) ve Yıldırım ve Kodal (1998)'in çalışmalarından düşük çıkmıştır, bunun nedeni de su kısıtlarının farklı gelişme dönemlerinde uygulanmasından kaynaklanabileceği söylenebilir.

Kanber ve ark.(1990), Köksal (1995), Gençoğlan (1996) Çukurova, Öğretir (1994) Eskişehir, Yıldırım ve Kodal (1998) Ankara, Köksal ve ark. (2001) Kırklareli, Öktem ve ark (2003) Şanlıurfa, Yılmaz ve ark. (2005) Aydın koşullarında su tüketimi ile verim arasında doğrusal bir ilişki belirlemişlerdir.

Arazi denemesinde elde edilen verilere göre, Bursa koşullarında yetiştirilen Tector mısır çeşidinde uygulanan su kısıtlarının gelişme dönemlerine göre dane veriminde azalmalara yol açtığı, vejetatif gelişme ve tepe püskülü dönemlerinde yapılan sulamaların verim artışında olumlu bir etki yaptığı, koçan çıkarma ve süt olum dönemlerinde kısıntılı sulama yapmanın verimi etkilemediği sonucu elde edilmiştir.

Özellikle vejetatif gelişme dönemi ve tepe püskülü döneminde yapılan sulamaların verimi arttırdığı, tek bir gelişme döneminde yapılan sulamaların verim artışı üzerinde çok fazla etkili olmadığı görülmüştür.

Kaynaklar

- Anonim, 2001. IIIV. Beş Yıllık Kalkınma Planı Bitkisel Üretim Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Tahıl ve Baklagil Alt Komisyonu Raporu, s. 56-82.
- Eşiyok, D., K. Bozokalfa ve A. Uğur. 2004. Farklı lokasyonlarda yetiştirilen şeker mısır (*Zea mays* L. var. saccharata) çeşitlerinin verim kalite ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 41 (1): 1-9.
- Gençoğlan, C. 1996. Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, Kök Dağılımı ile Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve CERES-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uyumluluğunun İrdelenmesi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 220 s.
- Howell, T.A., A. Yazar, A.D. Schneider, D.A. Dusek and K.S. Copeland. 1992. LEPA Irrigation of corn and sorghum. Center Pivot Field at USDA-ARS, Conservation and Production Research Laboratory, Bushland, TX.
- Kanber, R., A. Yazar ve M. Eylem. 1990. Çukurova koşullarında buğdaydan sonra yetiştirilen ikinci ürün mısırın su-verim ilişkisi. Tarsus Araştırma Enst. Md. Yayınları, Genel Yayın No:173/108, Tarsus.
- Karahaşin, M. ve B. Sade. 2011. Farklı sulama yöntemlerinin hibrit mısırdaki (*Zea mays* L. indentata S.) dane verimi ve verim unsurları üzerine etkileri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(2): 47-56.
- Kırnak, H., C. Gençoğlan ve V. Değirmenci. 2003. Harran ovası koşullarında kısıntılı sulamanın II. ürün mısır verimine ve bitki gelişimine etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi, 34(2): 117-123.
- Köksal, H. 1995. Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Üretim Fonksiyonları ve Farklı Büyüme Modellerinin Yöreye uygunluğunun Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü. Fen Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Doktora Tezi. 199 s.
- Köksal, H., A.F. Tarı, R. Çakır, R. Kanber ve M. Ünlü. 2001. Su-Verim İlişkileri. Köy Hizmetleri Araştırma Ana Projesi (435-1). 87 s.
- Öğretir, K. 1994. Eskişehir Koşullarında Mısır Su-Verim İlişkileri (Doktora Tezi). Eskişehir Araştırma Enst. Md. Yayınları, Genel Yayın No:234/182, Eskişehir. 86 s.
- Öktem, A., M. Şimşek ve A.G. Öktem. 2003. Deficit irrigation effects on sweet corn with drip irrigation system in a semi-arid region I. water-yield relationship. Agricultural Water Management, 61: 63-74.

- Öktem, A., A.G. Öktem ve Y. Coşkun. 2004. Determination of sowing dates of sweet corn (*Zea mays* L. *Saccharata* Sturt.) under Şanlıurfa conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 28: 83-91.
- Turan, Z.M. 1995. Araştırma ve Deneme Metotları. U.Ü. Zir. Fak. Ders Notları No:62, Bursa.
- Uçak, A. B., H. Değirmenci, C. Gençoğlan, K. Uçan, S. Aykanatı ve Ö.F. Karaca. 2010. Mısır bitkisinde farklı gelişme dönemlerinde su stresinin verime etkisi. Çukurova Tarımsal Araştırma Ens. Müd. 1. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Sempozyumu 28-29 Mayıs 2010.
- Wanjura, D.F., D.R. Upchurch and R.J. Lascano. 2003. Subsurface drip irrigation of cotton using time thresholds. Proceedings of 2003 Beltwide Cotton Conference. 2003. p. 554-562.
- Yıldırım, Y.E. ve S. Kodal. 1998. Ankara koşullarında sulamanın mısır verimine etkisi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22: 65-70.
- Yılmaz, E., N. Dağdelen, F. Sezgin ve T. Gürbüz. 2005. Karık yöntemiyle sulanan ikinci ürün mısırdaki farklı sulama düzeylerinin verim ve bazı agronomik özellikler üzerine etkisi. GAP IV. Tarım Kongresi, 21-23 Eylül 2005, Şanlıurfa, s. 1645-1650.

Mahalle Parklarının Etkin Hizmet Alanlarının Belirlenmesi – Bursa İli Nilüfer İlçesi Örneği

Elvan ENDER^{1*}, Cengiz USLU²

¹Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bursa.
²Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana.
*e-posta: elvanender@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 02.11.2015; Kabul Tarihi: 29.01.2016

Öz: Kentsel donatı alanları, fiziksel açıdan kentsel yaşam niteliğini belirleyen önemli alanlardır. Kentsel donatı alanlarının, kentte bilinen işlevlerinin yanı sıra, kent insanının bedensel ve ruhsal gelişiminde, toplumsal ilişkilerin kurulması ve sürdürülmesinde yaşamsal önem taşır. Kentlerde bireylerin doğaya olan özlemlerini giderebilecekleri ve serbest zaman etkinliklerini gerçekleştirebilecekleri öncelikli kentsel donatılardan birisi de mahalle parklarıdır. Mahalle parkları işlevselliği ile kent formunun ve kent yaşamının temel taşları olarak kentsel yaşam niteliğini yükseltecek özelliklerde olmalıdır. Mahalle parklarının kentsel yaşam niteliğini yükseltmesi için, kent içerisinde eşitlikçi dağılımları önemlidir. Kent genelinde bu alanların dengeli ve gereksinimleri karşılayacak dağılımı gerektiği için eşitlikçi dağılım göz ardı edilmemelidir. Bu bağlamda araştırmada, eşitlikçi dağılım özelliklerinden birisi olan konuta uzaklık kavramı dikkate alınarak Nilüfer ilçesindeki mevcut mahalle parklarının durumları irdelenmiştir. Yapılan çalışma ile Nilüfer ilçesinde mahalle parklarına ihtiyaç duyulan öncelikli alanlar belirlenerek, ilçedeki yeşil alanların gelişimi için plan kararlarına ışık tutabilecek önerilerin oluşturulması hedeflenmiştir. Araştırma kurgusu ise; Nilüfer ilçesindeki mahalle parklarının varlığının mahalleler özelinde belirlenmesi, mahalle parklarının kullanıcıya olan uzaklıkla ilişkilendirilerek, etkinlik alanlarının oluşturulması, mahalle parklarının mahallelerdeki dağılımlarının belirlenmesi, ulaşılan bulgular ile haritaların üretilmesi ve oluşturulan haritaların, Nilüfer ilçesindeki mahalle parkı tesisinde plan kararlarına ışık tutularak Nilüfer ilçesinin gelişmesinde önerilerin oluşturulması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Etkin hizmet alanı, Nilüfer ilçesi, mahalle parkları, ulaşılabilirlik.

Determination of the Efficiency Zone of Neighborhood Parks - A Case Study in Nilufer District in Bursa

Abstract: Urban facility areas, which determine the quality of urban life in physical aspects, are significant. Urban facility areas, have vital significance on establishing and maintaining public relationships, dweller's physical and spiritual development; besides their known-functions in city. One of the most privileged urban facility areas in cities is neighbourhood parks, where individuals can satisfy their craving to nature and perform their leisure activities. Neighbourhood parks should

improve the qualification of urban life and form of the city with their functionalities. For the purpose to enhance urban life qualification, it is important that neighbourhood parks should be distributed homogeneously. Equitable distribution shouldn't be ignored for balanced and distributed to meet the needs around the city. Hence, in this study, existing neighbourhood parks' conditions are examined in Nilüfer District by the notion of distance to houses, which is one of the equitable distribution facilities. This study aimed to determination of needed priority spaces for neighborhood parks in Nilufer District and creation of proposals for the development of green spaces by keeping the light on neighborhoods' planning decisions. Method of the study; determination of the existence of neighborhood parks in Nilufer District, creation of neighborhood parks efficiency zone by associating neighborhood parks with the distance from the user, determination of the neighborhood parks regional dispersal in neighborhoods, the production of maps with findings, generated maps will help formulating proposals for the development of Nilufer District.

Key Words: Accessibility, efficiency zone, Nilufer district, neighborhood parks.

Giriş

Nüfus artışı ve konut ihtiyacı nedeniyle hızlı büyüyen kentlerde, yeşil alanların insan yaşamındaki önemi gün geçtikçe artmaktadır. Kent insanının psikolojik açıdan dinlenmesi, rekreasyonel faaliyetlerde bulunması ve sosyo-kültürel açıdan gelişimi için açık ve yeşil alanların etkisi büyüktür. Ancak kentlerde yapılaşma arttıkça yeşil alanlar tükenmekte ve bu alanlara her geçen gün daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır.

Yeşil alanlar, plan ve tasarım özellikleri bakımından ülkeden ülkeye bölgeden bölgeye göre değişiklik göstermekle birlikte, temelde insanın doğa ile buluşmasına olanak sağlama amacıyla oluşturulmuştur (Bilgili ve Gökyer, 2013).

Yeşil alan gereksinimini, yalnızca sayısal bir artış olarak ele almak yeterli olmamaktadır. Yeşil alanların dengeli dağılımı da ele alındığında, kentlerde yeşil alanlara ulaşılabilirlik konusundaki sıkıntılar azaltılabilmektedir.

Kentsel alanlarda kişi başına düşen "aktif yeşil alan" miktarı 3194 Sayılı İmar Kanunu'nun Plan Yapımına Ait Esaslara Dair Yönetmeliği'nde 10 m² olarak belirtilmiştir. Ancak ülkemizde çoğu kentin yasada belirtilen yeşil alan miktarına sahip olmadığı araştırmalar sonucunda ortaya çıkmıştır. Yasada belirtilen kişi başına düşen değeri karşılayan kentlerimizde ise yeşil alanlar dengeli bir dağılım göstermediği için, kent insanının rekreasyonel ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmaktadır.

Kent sakinleri rekreasyonel ihtiyaçlarını karşılamak, günün yorgunluğunu ve stresini atabilmek için mekanlar aramaktadır. Kent içinde bu işlevi yerine getirebilecek yeşil alanlardan biri mahalle parklarıdır. Mahalle parklarının miktarı ve kent içerisindeki dağılımları bu işlevi karşılayabilmelerinde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle mahalle parklarının kentlerde ulaşılabilirlik mesafesi içerisinde dengeli bir dağılım göstermesi gerekmektedir. Ersoy (1994), Mertes ve Hall (1995), Baud-Bovy ve Lawson (2002), Herzele ve Wiedemann (2003), Altunkasa (2004), Uz (2005), Oh ve Jeong (2007), Kellett ve Rofe (2009), Duncan ve Ark. (2011) ve Önder ve Ark. (2011)'nin açıklamalarına göre, ABD ve Avrupa Birliği ülkelerinde kullanılan ve ülkemizde de standartlarca belirlenen ulaşılabilirlik için ortalama uzaklık değeri 800 metredir.

Bu çalışma, mahalle parklarının etkin hizmet alanlarının belirlenmesi, araştırma alanında mahalle parklarına ihtiyaç duyulan öncelikli alanların saptanması ve yeşil alanların

plan kararlarına yardımcı olması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, Bursa ilinin kentsel gelişme bölgesinde bulunan Nilüfer ilçesindeki 179 adet mahalle parkının durumları irdelenmiş, bu parklar kullanıcıya olan uzaklıkla ilişkilendirilerek etkin hizmet alanları oluşturulmuştur.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma ana materyalini Marmara Bölgesi'nin güneyinde yer alan Bursa ilinin merkez ilçelerinden biri olan Nilüfer ilçesinin iskan alanı oluşturmaktadır (Şekil 1). Araştırma alanında 43 mahalle bulunmaktadır (Şekil 2). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2013 verilerine göre araştırma alanının toplam nüfusu 349520 kişidir.

Çalışmada hava fotoğraflarından ve uygulama imar planından yararlanılmıştır. Haritaların oluşturulmasında AutoCAD 2015 ve Photoshop CS6 programları kullanılmıştır. Bunlara ek olarak sayısal analizlerde Microsoft Office Excel 2013 programı kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu

Yöntem

Çalışmanın yöntemi,

- (1) Nilüfer ilçesindeki mahalle parklarının varlığının mahalleler özelinde belirlenmesi,
- (2) Mahalle parklarının kullanıcıya olan uzaklıkla ilişkilendirilerek, etkin hizmet alanlarının oluşturulması
- (3) Mahalle parklarının mahallelerdeki dağılımlarının belirlenmesi,
- (4) Ulaşılan bulgular ile haritaların üretilmesi olmak üzere 4 aşamadan oluşmaktadır.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

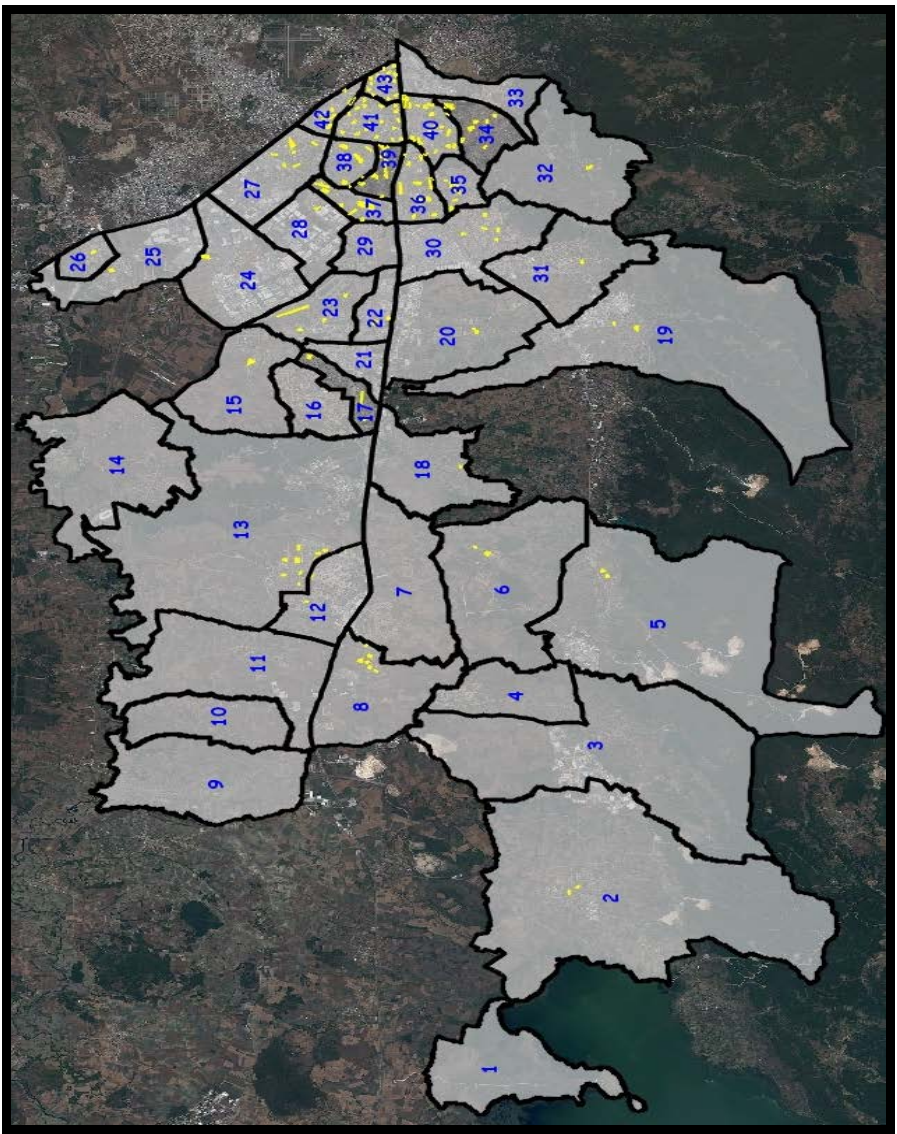
Nilüfer ilçesi mahalle parklarının etkin hizmet alanlarının belirlenmesi amacı ile mahalle parklarının konum ve alansal olarak mevcut durumları incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre 43 mahallede toplam 179 adet mahalle parkı bulunmaktadır. Mahalle özelinde mahalle parklarının sayıları ve toplam alansal ölçüleri Çizelge 1’de, konumları ise Şekil 2’de yer almaktadır.

Nilüfer ilçesindeki 12 mahallede mahalle parkı bulunmamaktadır. Mahalle parklarının sayısal üstünlüğü İhsaniye mahallesindedir (18 adet). Alansal üstünlük ise Beşevler mahallesindedir (54.600 m²).

Çizelge 1. Mahalle parklarının sayıları ve toplam alansal ölçüleri

Mahalle adı	Mahalledeki park sayısı (adet)	Parkın toplam alanı (m ²)	Mahalle adı	Mahalledeki park sayısı (adet)	Parkın toplam alanı (m ²)
Ahmet Yesevi	1	780	Hasanağa	-	-
Akçalar	2	1.800	İşiktepe	1	3.400
Alaaddinbey	3	1.840	İhsaniye	18	52.550
Altınşehir	4	21.310	İrfaniye	-	-
Ataevler	7	53.660	Karaman	14	26.000
Balat	1	3.850	Kayapa	2	2.115
Balkan	6	18.270	Kızılıcıklı	-	-
Barış	13	44.790	Konak	21	50.110
Beşevler	11	54.600	Kurtuluş	-	-
Büyükbalıklı	-	-	Kültür	8	20.500
Cumhuriyet	9	23.070	Minareliçavuş	2	4.000
Çalı	2	6.750	Oduluk	-	-
Çamlıca	7	35.050	Ozlüce	1	3.840
Demirci	1	1.600	Üçevler	5	8.000
Dumlupınar	3	4.690	Ürünli	1	900
Ertuğrul	3	5.200	Yolçatı	-	-
Esentepe	9	28.680	Yüzüncüyıl	3	10.990
Fethiye	6	23.140	30 Ağustos Zafer	2	8.380
Gökçe	-	-	23 Nisan	-	-
Gölyazı	-	-	29 Ekim	-	-
Görükle	12	30.790	19 Mayıs	-	-
Gümüştepe	1	4.250			

Etkin hizmet alanlarının belirlenmesinde, mahalle parklarına ulaşılabilirlik incelenmiştir. Bu doğrultuda, Ersoy (1994), Mertes ve Hall (1995), Baud-Bovy ve Lawson (2002), Herzele ve Wiedemann (2003), Altunkasa (2004), Uz (2005), Oh ve Jeong (2007), Kellett ve Rofe (2009), Duncan ve Ark. (2011) ve Önder ve Ark. (2011) mahalle birimi için mahalle parklarının etkin hizmet alanı yarıçaplarının 800 metre olduğunu belirtmişlerdir. Mahalle parklarına ulaşılabilirlik için önerilen uzaklık değeri (800 metre) göz önünde bulundurularak, mahalle parklarının etkin hizmet alanları, parkların dış sınırlarının 800 metre ötelenmesiyle çizilerek belirlenmiştir.



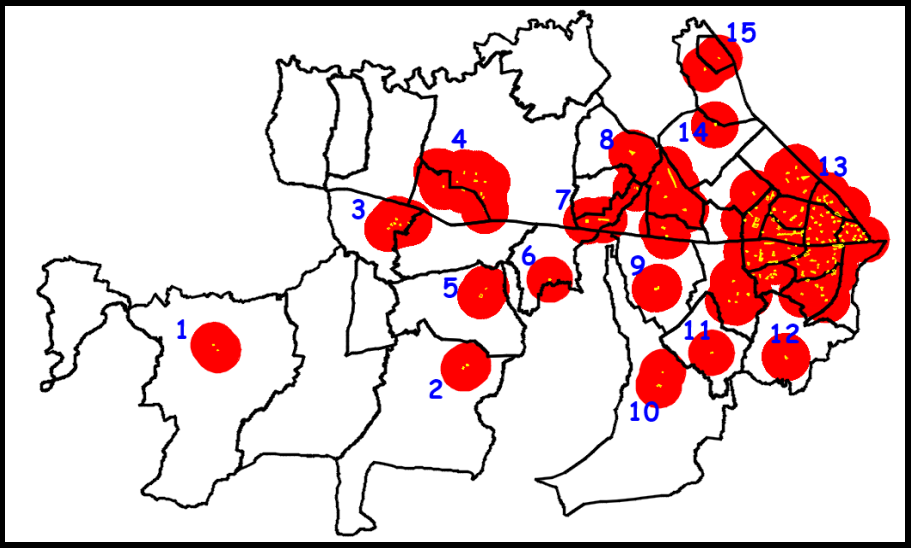
Şekil 2. Mahallelerin ve mahalle parklarının konumları

- | | | | | |
|---------------------|------------------|-------------------|---------------|----------------|
| 1. Gölyazı | 10. Gökçe | 19. Çalı | 28. Işıktepe | 37. Ataevler |
| 2. Akçalar | 11. İrfaniye | 20. Alaaddinbey | 29. 23 Nisan | 38. Cumhuriyet |
| 3. Hasanağa | 12. Dumlupınar | 21. 29 Ekim | 30. Üçevler | 39. Barış |
| 4. Kızılcıklı | 13. Görükle | 22. Ertuğrul | 31. Demirci | 40. Konak |
| 5. Kayapa | 14. Yolçatı | 23. Altınşehir | 32. Gümüştepe | 41. İhsaniye |
| 6. 30 Ağustos Zafer | 15. Özlüce | 24. Minareliçavuş | 33. Odunluk | 42. Esentepe |
| 7. Kurtuluş | 16. 19 Mayıs | 25. Balat | 34. Çamlıca | 43. Karaman |
| 8. Balkan | 17. Yüzcüncü Yıl | 26. Ahmet Yesevi | 35. Kültür | |
| 9. Büyükbalklı | 18. Ürünü | 27. Fethiye | 36. Beşevler | |

Şekil 3'teki haritada mahalle parklarının etkin hizmet alanları taralı bölgelerdir. Taralı olmayan bölgeler ise mahalle parklarının tesisinde öncelikli bölgelerdir. Mahallelerdeki etkin hizmet alanlarının artırılma çabasıyla, mahalle parklarının ulaşılabilirlik mesafesi içinde dengeli dağılımları sağlanacaktır. Mahallelerdeki etkin hizmet alanlarının yüzdelik oranının hesaplanması amacıyla mahallelerin yüzölçümleri de Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Mahallelerin yüzölçümleri (m²)

1 6.120.551	10 3.939.304	19 20.517.361	28 2.797.647	37 1.062.480
2 25.942.883	11 8.574.756	20 6.921.796	29 1.522.531	38 1.147.747
3 18.917.595	12 3.273.391	21 1.360.914	30 4.927.251	39 866.573
4 3.763.381	13 21.199.184	22 1.288.850	31 5.100.642	40 1.584.581
5 20.073.337	14 8.830.828	23 2.822.194	32 6.858.312	41 1.492.054
6 10.683.472	15 4.773.369	24 5.366.474	33 2.553.095	42 835.634
7 6.787.686	16 2.322.729	25 4.304.812	34 1.911.675	43 643.357
8 5.678.222	17 1.233.285	26 993.975	35 1.196.448	Toplam Alan 257.763.253 m ²
9 7.700.235	18 4.832.496	27 3.415.744	36 1.624.402	



Şekil 3. Nilüfer ilçesindeki mahalle parklarının etkin hizmet alanları

Şekil 3'teki haritaya göre araştırma alanında mahalle parklarının ulaşılabilirlik yönünden etkin hizmet alanları kesintisiz olarak 15 farklı bölgede bulunmaktadır. Ataevler, Cumhuriyet, Barış, Konak, Esentepe, Çamlıca, Karaman, Beşevler Mahallelerindeki parklar bu mahallelerdeki tüm konutlara hizmet etmektedir. Nilüfer ilçesindeki mahalle parklarının 15 bölgedeki etkin hizmet alanlarının tümünün toplamı 72.807.017 m²'dir. Bu bölgelerdeki alansal büyüklükler Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Araştırma alanındaki mahalle parklarının etkin hizmet alanlarının alansal büyüklükleri

Mahalle no	Etkin hizmet alanı(m²)	Mahalle no	Etkin hizmet alanı(m²)
1	2.370.818	9	2.200.795
2	2.493.801	10	2.782.002
3	3.398.857	11	2.010.619
4	7.178.676	12	2.114.783
5	2.493.801	13	25.877.305
6	2.010.619	14	2.010.619
7	2.922.100	15	3.007.451
8	9.934.771	Toplam Alan	72.807.017

Araştırma alanındaki 72.807.017 m² olan etkin hizmet alanlarının toplamının 3.340.807 m²'si Nilüfer ilçe sınırları dışında kaldığı için Nilüfer ilçesine hizmet etmemektedir. Bu alan etkin hizmet alanlarının toplamından çıkarıldığında Nilüfer ilçesindeki etkin hizmet alanı 69.466.205 m²'dir. Bulgulara göre, Nilüfer ilçesinin yüzölçümü 257.763.253 m², mahalle parklarının etkin olduğu alan ise 69.466.205 m²'dir. Nilüfer ilçesinin yüzölçümünün %26,94'ü mahalle parklarının etkin hizmet alanı içinde bulunmaktadır. Etkin hizmet alanı içinde bulunmayan bölgelerde mahalle parklarının tesis edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Mahalle parklarının büyüklüğü etkin hizmet alanının genişlemesinde öncelikli etkiye sahiptir. Ancak alan büyüklüğü değiştirilmesi en güç ölçütlerden biridir. Bu nedenle mahalle parklarının planlama aşamasında, konut alanlarından önce düşünülmesi ve en uygun büyüklükte planlanması etkin hizmet alanını önemli ölçüde artırabilmektedir. Planlama aşamasında parkların, mahalle sınırlarının birleştiği bölgelerde düşünülmesi birçok mahalleye ait bireylerin o parktan faydalanmasını sağlayabilmektedir.

Parkların etkin hizmet alanlarının birbirleri ile çakışması olumlu bir özellik olarak değerlendirilebilecek iken, ilçedeki parkların dağılımı ve ulaşılabilirlikleri birlikte değerlendirildiğinde etkin hizmet alanlarının azalmasına neden olmaktadır.

Nilüfer ilçesindeki mahalle parklarının etkin hizmet alanları, standartlarca belirlenen ulaşılabilirlik için ortalama uzaklık değerine (800 metre) bağlı olarak irdelenmiştir. Mekansal veriler doğrultusunda, Nilüfer ilçesindeki mahalle parklarının etkin hizmet alanları yeterlilik yönünden değerlendirmiş ve Nilüfer ilçesinde yeşil alan plan kararları alınırken dengeli dağılımın yapılmadığı görülmüştür. Şekil 3'te görüldüğü üzere ilçenin genelinde mahalle parkları ulaşılabilirlik yönünden yetersizdir. Mahalle parklarının tesisinde Şekil 3'te öncelikli bölgelere dikkat edilmelidir. Öncelikli bölgeler dikkate alındığında mahalle parklarının ulaşılabilir mesafeler içerisinde dengeli dağılımları sağlanarak işlevsellikleri artacaktır. Mahalle parklarının planlamasında özellikle rekreasyonel ihtiyaçları karşılamak üzere parkların dengeli dağılımının sağlandığı bir kent planının yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Altunkasa, M.F. 2004. Adana'nın Kentsel Gelişim Süreci ve Yeşil Alanlar. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Adana Kent Konseyi Çevre Çalışma Grubu Bireysel Raporu, Adana.
- Baud-Bovy M. and F. Lawson. 2002. Tourism and Recreation. Handbook of Planning and Design. Architectural Press, UK.
- Bilgili, B.C. ve E. Gökkyer. 2013. Urban green space system planning. Landscape Planning. Published by InTech. DOI: 10.5772/45877. <http://www.intechopen.com/books/landscape-planning/urban-green-space-systemplanning>.
- Duncan, D.T., J. Aldstadt, J. Whalen, S. Melly and S. Gortmaker. 2011. Validation of walk score for estimating neighborhood walkability: An analysis of four US metropolitan areas. Int J Environ Res Public Health, 8: 4160–4179.
- Ersoy, M. 1994. Kent Planlamasında Yeni Normlar. ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Herzele, A.V. and T. Wiedemann. 2003. A monitoring tool for the provision of accessible and attractive urban green spaces. Landscape and Urban Planning, 63:109–126.
- Kellett, J. and W.R. Matthew. 2009. Creating active communities: How can open and public spaces in urban and suburban environments support active living? Adelaide: Active Living Coalition. A Literature Review. Report by the Institute for Sustainable Systems and Technologies, University of South Australia to SA Active Living Coalition. Available at: www.heartfoundation.org.au/SiteCollectionDocuments/Creating-Active-Communities-full.pdf (accessed January 17, 2013).
- Mertes, J.D. and J.R. Hall. 1995. Park, recreation, open space and greenway guidelines, National Recreation and Park Association (NRPA), Arlington, VA, USA.
- Oh, K. and S. Jeong. 2007. Assessing the spatial distribution of urban parks using GIS. Landscape and Urban Planning, 82: 25–32.
- Önder, S., AT. Polat ve S. Korucu. 2011. The evaluation of existing and proposed active green spaces in Konya Selçuklu district, Turkey. African Journal of Agricultural Research, 6(3): 738-747.
- Uz, Ö. 2005. Eskisehir Kent Merkezi Yeşil Alanlarının Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımı ile Değerlendirilmesi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.

Seyfe Gölü Havzası Yeraltı Suyu Kalitesinin Zamana Göre Değişimin İncelenmesi

Sultan KIYMAZ^{1*}, Ufuk KARADAVUT¹, Ahmet ERTEK²

¹Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kırşehir.

¹Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Kırşehir.

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Isparta.

*e-posta: skiyamaz@ahievran.edu.tr

Geliş Tarihi: 18.01.2016; Kabul Tarihi: 07.04.2016

Öz: Sulamada kullanılan su kaynaklarının kalitelerinin bilinmesi ve değişimlerinin izlenmesi toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği yönünden önemlidir. Bu çalışmanın materyalini Kırşehir ili Seyfe Gölü havzasında Boztepe-Malya Devlet Üretim Çiftliği ve Eskidoğanlı yerleşim biriminde bulunan sulama kuyuları oluşturmuştur. Çalışmada yeraltı su kalitesi parametrelerinin (sıcaklık, pH elektriksel iletkenlik, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, karbonat, bikarbonat, klor, sülfat, nitrit, nitrat, amonyak, bor, sertlik, organik madde ve toplam tuz miktarları) 2001-2009 yıllarına ait aylardaki değişimleri irdelenmiştir. İstatistiksel olarak verilerin sulama mevsimi öncesi (Haziran) ve sonrasındaki (Eylül) değişimleri parametrik t testi ile incelenmiştir. Yıllar arasındaki değişimler ise F testi kullanılarak yapılmıştır. Bununla birlikte yıllara göre kimyasal parametrelerdeki değişimin gidişatının belirlenmesi için ise trend analizi yapılmıştır. Yapılan trend analizi sonucunda zamana göre değişimin su kalitesi parametrelerine göre farklı eğilimlere sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Seyfe Gölü havzası, su kalitesi, trend analizi.

Investigation of Change Groundwater Quality of Seyfe Lake According to Time

Abstract: The determination and evaluation quality of water resources used irrigation are important for the sustainable use of the soil and water resources. The material of the study constitutes the groundwater wells in the Seyfe Lake Basin. The variation of pre-irrigation (June) and post-irrigation (September) periods of the years 2001-2009 of groundwater quality parameters such as temperature, pH, EC, Na⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺², CO₃²⁻, HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄, bor, water hardness, organic matter and total salt content) were examined. The variation of pre-irrigation and post-irrigation of the data and the variation between years were employed using the parametric t test and F test for statistical analysis, respectively. In addition this, trend analysis was used to determine the progress of the change in chemical parameters according to the years. As a results of the trend analysis, changes in time has been shown to have different trends according to water quality parameters.

Key Words: Seyfe Lake basin, water quality, trend analysis.

Giriş

Dünya nüfusu giderek büyük bir hızla artmakta ve bunun sonucu olarak besin ve su yetersizliği sorunları ile karşı karşıya kalınmaktadır. Su yetersizliğinin nedenleri arasında hızlı kentleşme, sanayileşme, nüfus artışı ve tarımsal mücadele ilaçlarının ve kimyasal gübrelerin bilinçsizce kullanımı sonucu oluşan su kaynaklarının kirlenmesi gelmektedir. Su kaynaklarının kirlenmesi önemli sosyo-ekonomik kayıplar getirmesinin yanı sıra, kirlilik türü ile kirliliğin yoğunluğuna bağlı olarak doğrudan insan ve ekosistem yaşamını tehdit etmektedir. Önümüzdeki yıllarda su varlığının daha da kısıtlı hale gelecek olması, aynı zamanda mevcut suyun kalitesi ile ilgili problem ve maliyetlerin de artması beklenmektedir (WWAP, 2012). Bu nedenle su kalitesi, insan ve ekosistemin temel ihtiyaçlarının karşılanması için suyun miktarı kadar önemlidir. Bu amaçla sulamada kullanılan yer altı ve yerüstü sularının kalitelerinin belirlenmesi, değişimlerinin izlenmesi ve çevreye olan etkilerinin bilinmesi toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği yönünden oldukça önem taşımaktadır.

Dünya su kaynaklarının yaklaşık %70'i tarım amaçlı kullanılmaktadır. Bunu %19 ve %11 ile sanayi ve evsel kullanım izlemektedir (FAO Aquastat, 2013). 2012 yılında 7,1 milyar olan Dünya nüfusunun 2030 yılında 8,3 milyar olması beklenmektedir. Nüfus artışı ile birlikte kentleşmenin de artması ve nüfusun yaklaşık %60'ının kentlerde yaşaması öngörülmektedir (UNDESA, 2009). Bu durum su kaynaklarının miktarı ve kalitesi üzerindeki baskıları daha da artıracaktır. Türkiye Çevre Durum Raporu'nda (2011) belirtildiği üzere, Türkiye'nin su kaynaklarının kalitesinin bozulmasının başlıca nedenleri arasında; doğal kaynakların aşırı kullanımı, sanayileşme faaliyetlerinin ile kentleşmenin denetimsiz ve düzensiz oluşu, evsel ve tarımsal faaliyetlerin olduğu belirtilmektedir. Kaynaklar kirlendikten sonra alınacak önlemler daha zor ve pahalı olmaktadır (Muluk ve ark. 2013). Su kaynakları yönetiminde suyun miktarının yanında, suyun kalitesine de önem verilmesi, su kalitesi izleme ve değerlendirilmesi çalışmalarına hız verilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada Seyfe Gölü havzasında bulunan yeraltı suyu kuyularının yeraltı su kalitesi parametrelerinin değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

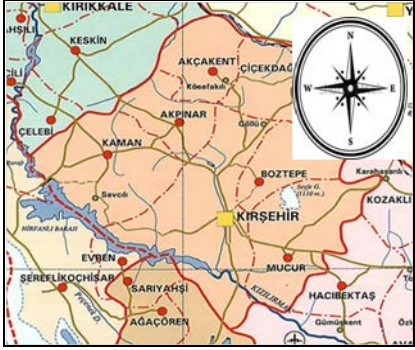
Materyal ve Yöntem

Çalışma Alanı

Seyfe Havzasında DSİ tarafından sulama amacıyla açılmış kuyulardan seçilen altı adet kuyu araştırmanın materyalini oluşturmaktadır. Çalışma alanının yer aldığı bölge Şekil 1'de gösterilmiştir (Kıymaz ve Karadavut, 2014b). Çalışma alanında yer alan sulama kuyularının özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'den görüldüğü üzere, kuyuların derinlikleri ve debileri sırasıyla 55-80 m ile 47.14-81 L/s arasında değişmektedir. Söz konusu kuyular tarımsal alanlarda yer almakta olup, sulama amaçlı kullanılmaktadır.

Araştırma alanını da içine alan Seyfe Havzasının hidrojeolojisi Çakıröz ve Keçik (1979) ile Çelenk ve Kaplan (1989) tarafından ayrıntılı olarak incelenmiştir. Paleozoyik mermerler ile kristalize kireçtaşları, havzanın değişik yerinde uygun hidrojeolojik koşullarda akifer özelliği taşımaktadır. Havzada; Kargasekmezdağ Kuvarsit Üyesi, Çomakdağ Kuvarsiti, Karahıdır Vokanik Üyesi, Buzlukdağ Siyenitoyidi yeraltısuyu taşımamaktadır. Diğer formasyonlar (kalkıştiller, çakıltaşı, kumtaşı, tuf, vb.) ise yeraltısuyu

taşlılar. Akifer özelliği bulunan mermerler ile kalkerin içinde bazı kuyularda şist bantları geçilmiştir. Mermerler ile kalkerin kalınlıkları ve derinlikleri ise havzanın her tarafında aynı olmayıp farklılık göstermektedir. Kızılırmak Formasyonu'nda açılmış bulunan kuyuların çoğunda verim alınamamıştır. Ancak araştırma alanında yer alan Malya Devlet Üretim Çiftliği'nde açılmış bulunan Çizelge 1'de verilen kuyuların üst seviyelerinde Neojen kalkerine geçmiş olup, kuyulardan verimler alınmıştır (Güzel ve Çelenk, 2004).

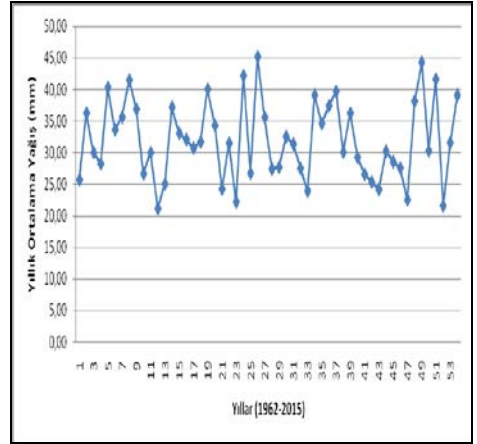
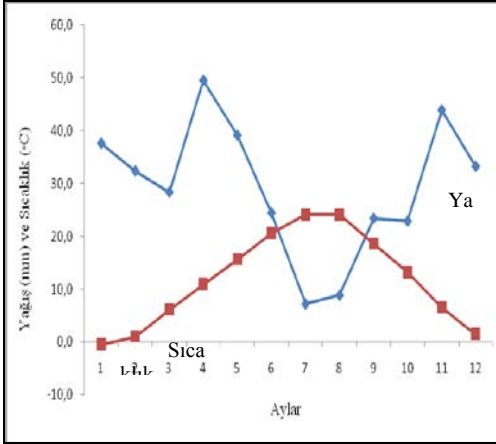


Şekil 1. Çalışma alanının yeri

Çalışma alanı, İç Anadolu Bölgesi'nde yer almakta olup, karasal iklim özellikleri görülmektedir. Kışları soğuk ve az yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçer. Araştırmanın yapıldığı 2001-2009 yıllarına ait aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri ile uzun yıllar (1962-2015) yıllık ortalama yağış değerleri Şekil 2a ve 2b'de gösterilmiştir. Şekil 2a incelendiğinde, aylık ortalama sıcaklık ve yağış değerlerinin sırasıyla -0.5°C (Ocak) ile 24.1°C (Temmuz, Ağustos), 7.2 mm (Temmuz) ile 43.9 mm (Kasım) arasında değiştiği görülmektedir. Uzun yıllar (1962-2015) yıllık yağış toplamı değeri 383.6 mm olup, yıllık ortalama yağış 32 mm'dir (Şekil 2b).

Çizelge 1. Yeraltı su kuyularının bazı özellikleri

Çalışma alanı	Kuyu Numarası	Zemin Kotu (m)	Koordinatlar Kuzey/Doğu	Debi (L/s)	Derinlik (m)
Boztepe-Malya DÜÇ	10764	1968	4351626/616448	59.68	55
Boztepe-Malya DÜÇ	10767	1968	4350780/615880	81	68
Boztepe-Malya DÜÇ	10766	1968	4350787/615900	94.4	80
Boztepe-Malya DÜÇ	10769	1968	4350755/615830	60	80
Boztepe-Malya DÜÇ	14219/B	1970	4350755/615857	80	70
Boztepe-Eskidoğanlı	24752	1977	4344374/615439	47.14	80



Şekil 2. Araştırma yılındaki aylık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri ile uzun yıllar (1962-2015) ortalama yağış değerleri

Yeraltı su kuyularının 2001-2009 yıllarına ait sulama mevsimi öncesi (Haziran) ve sulama mevsimi sonrası (Eylül) aylarına ilişkin su analiz sonuçları ve yeraltı su kuyularının bazı özellikleri DSİ Kayseri XII. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Araştırmanın yapıldığı 2001-2009 yıllarına ait aylık ortalama bazı iklim verileri (sıcaklık ve yağış) ile uzun yıllar (1962-2015) yıllık ortalama yağış değerleri ise Kırşehir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınmıştır.

Verilerin Analizi

Verilerin istatistiksel analizinde, verilerin sulama mevsimi öncesi (Haziran) ve sulama mevsimi sonrasındaki (Eylül) değişimler arasındaki farklılığın önemli olup olmadığını belirlemek için parametrik t testi uygulanmıştır. Yıllar arasındaki değişimler ise F testi kullanılarak incelenmiştir. Önemlilik testleri $P > 0.05$ önemlilik düzeyleri dikkate alınarak yapılmıştır. Bununla birlikte yıllara göre kimyasal parametrelerdeki değişimin gidişatının belirlenmesi için ise trend analizi yapılmıştır. Trend analizinde index olarak ifade edilen özellik yılları ifade etmektedir. Trend analizi yapılırken uzun dönemli verilerin kullanılması

gerekli olduğundan, veri setinde 9 yıllık bir dönemi içeren zaman dilimi bulunmaktadır. Trend analizi yapılması için 3 ve üzerinde zamanın olması yeterli kabul edilmektedir (Saraçoğlu, 1990). Yapılan çalışmalarda istatistiksel analizler için SPSS 16 istatistik programı kullanılmıştır.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yeraltı kuyularının su analizlerinin t testi sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde, kimyasal özellikler bakımından yıllara göre önemli değişimlerin olduğu görülmektedir. İncelenen özelliklerin sulama öncesi dönem ve sonrası dönemdeki değerler arasındaki değişimin yıllarla göre süreklilik göstermesi sulamanın etkisinin önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Sıcaklık, pH, nitrit (NO_2^-), bor, sertlik (CaCO_3) ve toplam tuz miktarlarının sulama mevsimi öncesi ve sulama mevsimi sonrası bakımından miktar olarak görülen değişimin istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Buna karşın, elektriksel iletkenlik (EC), potasyum (K^+), kalsiyum (Ca^{+2}), klorür (Cl^-), sülfat (SO_4^{2-}), NH_3 (amonyak) ve organik madde miktarlarının sulama mevsimi öncesi ve sulama mevsimi sonrası farklılıkları %5 düzeyinde önemli bulunurken, sodyum (Na^+), magnezyum (Mg^{+2}), karbonat (CO_3^{2-}), bikarbonat (HCO_3^-) ve nitrat (NO_3^-) miktarları bakımından %1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Çizelge 2’de verilen “-” ve “+” işaretleri incelenen özelliklerin sulama öncesine göre değişimini göstermektedir. “-” işareti ile gösterilen alanlar sulama öncesine göre azalma eğilimi gösterdiğini, “+” işareti ile gösterilen alanlarda ise artma eğilimi gösterdiğini ifade etmektedir.

Çizelge 2a. Seçilen kuyuların su analizlerinin t testi sonuçları (2001-2009)

Yıllar	Sıcaklık °C	pH	EC $\mu\text{S cm}^{-1}$	Na^+ meq/l	K^+ meq/l	Ca^{+2} meq/l	Mg^{+2} meq/l	CO_3^{2-} meq/l	HCO_3^- meq/l
2001	0.211	-0.621	-241.10	-1.151	-0.022	-5.581	-3.670	-0.812	9.001
2002	0.250	-0.077	-30.125	-0.143	-0.002	-0.697	-0.458	-0.101	7.125
2003	0.196	-0.589	-228.95	-1.092	-0.019	-5.301	-3.486	-0.769	8.552
2004	0.196	-0.607	-236.18	-1.127	-0.019	-5.468	-3.596	-0.793	8.821
2005	0.220	-0.682	-265.10	-1.265	-0.022	-6.138	-4.037	-0.891	9.900
2006	0.210	-0.651	-253.05	-1.207	-0.021	-5.859	-3.853	-0.850	9.451
2007	0.204	-0.632	-245.82	-1.173	-0.020	-5.696	-3.743	-0.826	9.182
2008	0.198	-0.613	-238.59	-1.138	-0.019	-5.524	-3.633	-0.801	8.913
2009	0.206	-0.638	-248.23	-1.184	-0.020	-5.747	-3.780	-0.834	9.270
T test	ÖD	ÖD	*	**	*	*	**	**	**

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; ÖD: önemli değil.

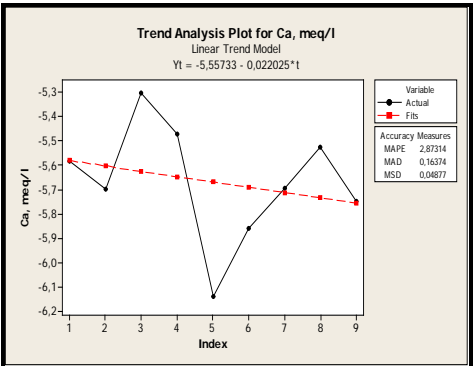
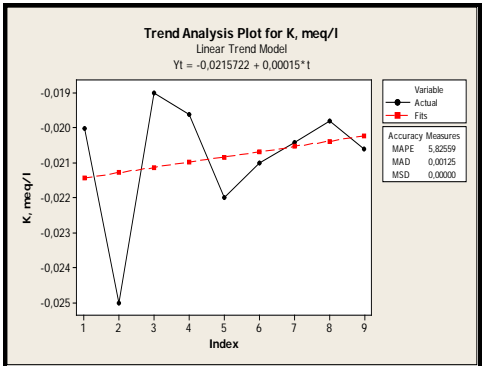
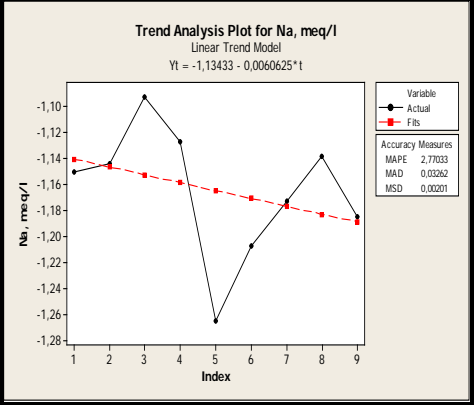
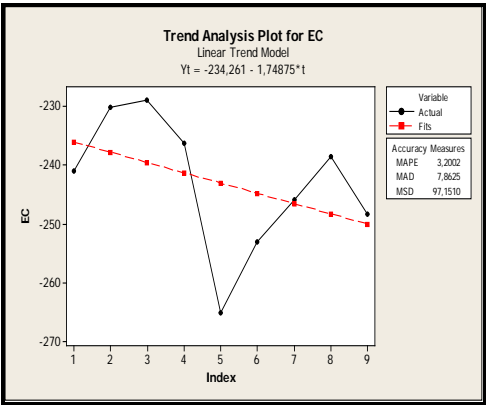
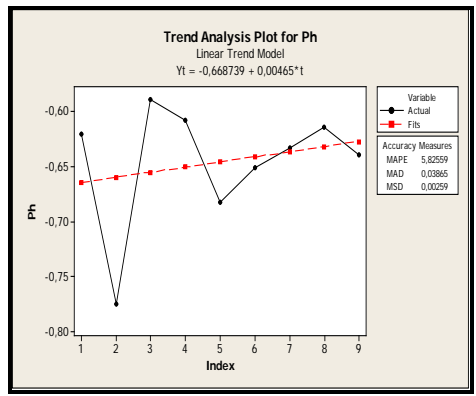
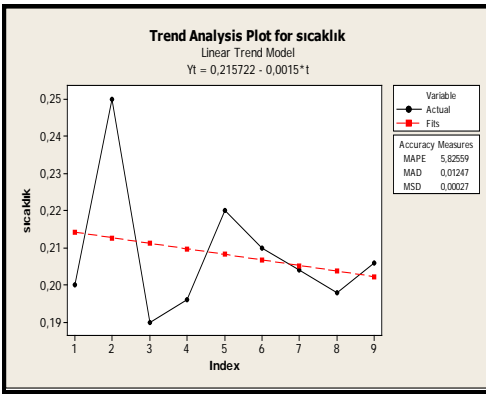
Çizelge 2b. Seçilen kuyuların su analizlerinin t testi sonuçları (2001-2009)

Yıllar	Cl ⁻ meq/l	SO ₄ ²⁻ meq/l	NO ₂ ⁻ ppm	NO ₃ ⁻ ppm	NH ₃ ppm	Bor ppm	Sertlik CaCO ₃	Organik madde, mg-oksijen/l	Toplam çöz.tuz, mg/l
2001	-0.261	-4.011	0	9.130	-0.041	0.301	-1.502	-0.161	1.001
2002	-0.252	-3.501	0	7.141	-0.051	0.375	-0.875	-0.201	0.125
2003	-0.190	-3.809	0	8.673	-0.038	0.285	-1.425	-0.152	0.952
2004	-0.196	-3.929	0	8.947	-0.039	0.294	-1.472	-0.156	0.984
2005	-0.220	-4.411	0	10.043	-0.044	0.331	-1.652	-0.176	1.110
2006	-0.210	-4.210	0	9.586	-0.042	0.315	-1.575	-0.168	1.050
2007	-0.204	-4.090	0	9.312	-0.040	0.306	-1.532	-0.163	1.021
2008	-0.198	-3.969	0	9.038	-0.039	0.297	-1.485	-0.158	0.990
2009	-0.206	-4.130	0	9.403	-0.041	0.309	-1.545	-0.164	1.032
T test	*	*	ÖD	**	*	ÖD	ÖD	*	ÖD

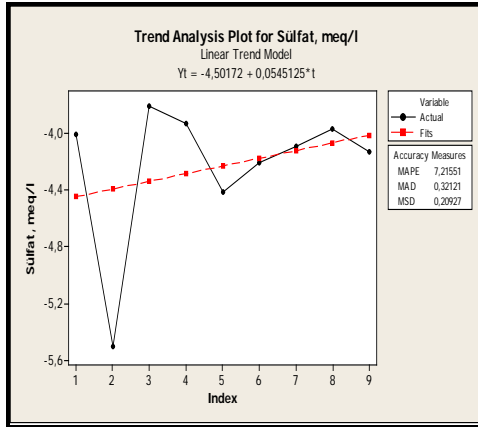
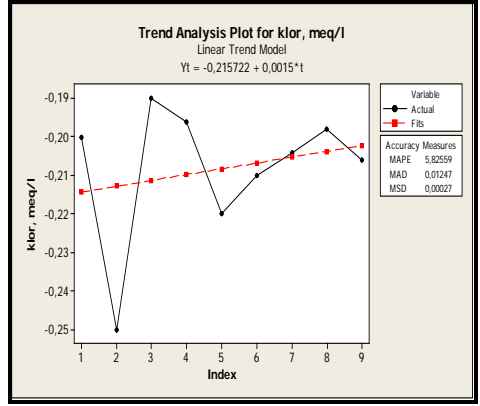
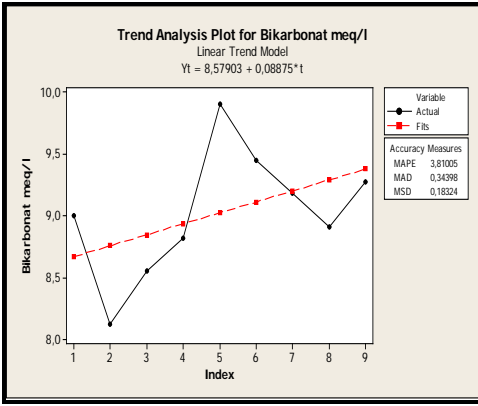
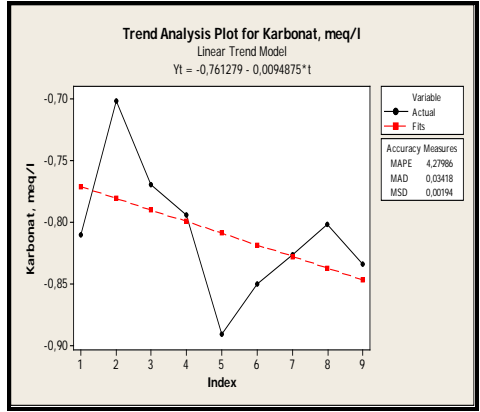
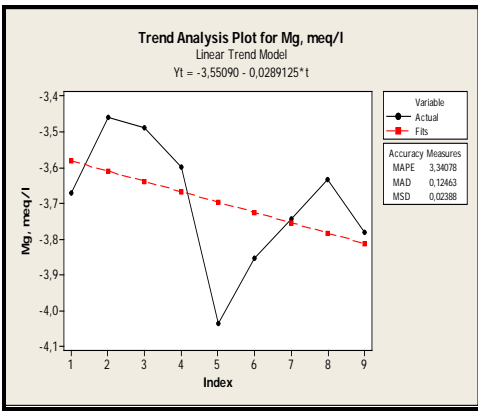
* P< 0,05; ** P< 0,01; ÖD: önemli değil.

Yeraltı su kalitesi parametrelerinin trendleri Şekil 3, 4 ve 5'te gösterilmiştir. Trend analiz sonuçları incelendiğinde, genel olarak kimyasal özellikler bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir değişimin olmadığı görülmektedir. Ancak EC'de yıllara bağlı olarak bir miktar azalma olduğu belirlenmiştir. Buna göre yeraltı suyu miktarındaki değişim, su içindeki tuz miktarının daha az seviyede ölçülmesine neden olmuş olabilir.

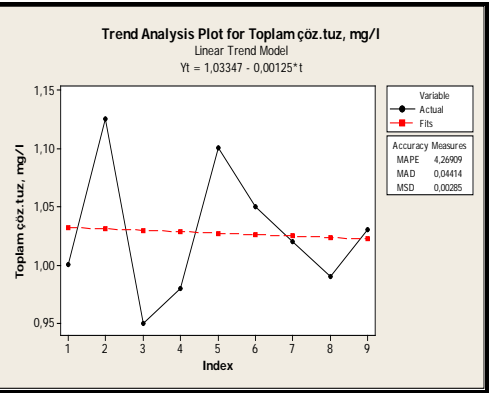
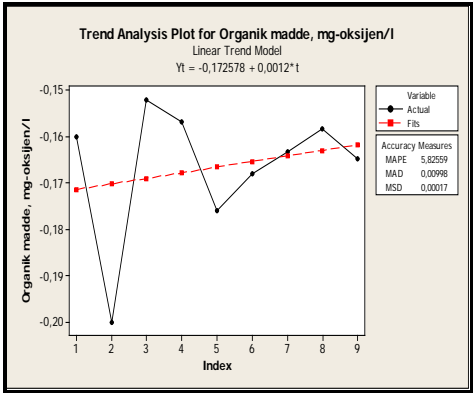
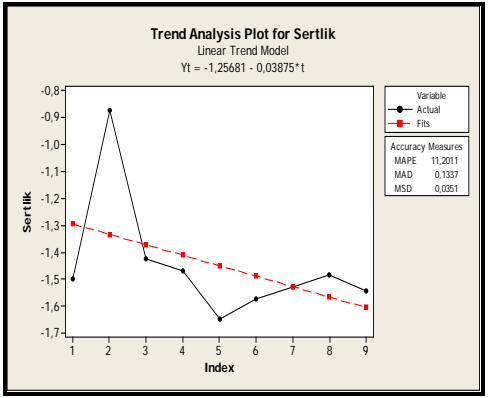
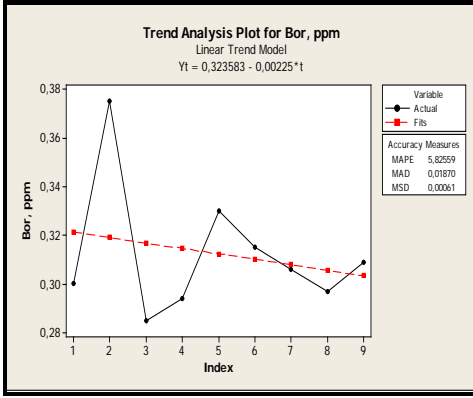
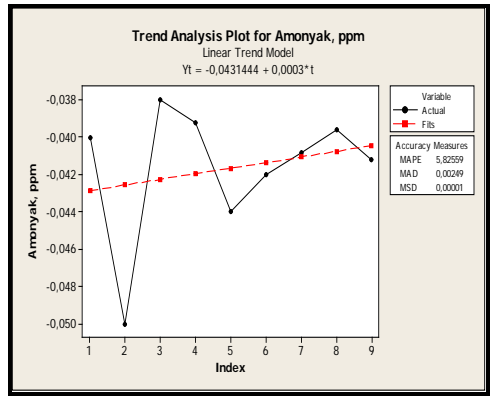
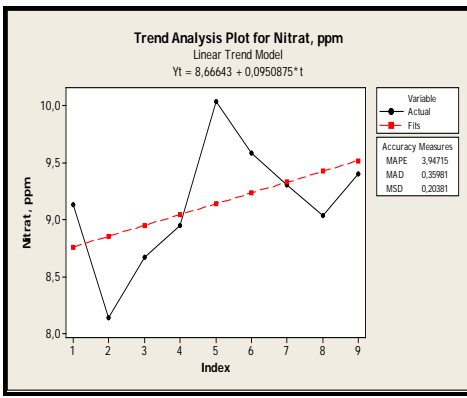
Sıcaklık-yıl ve bikarbonat-yıl ilişkisinin birbirine benzer hareketler gösterdiği anlaşılmaktadır. Özellikle 2001 yılında sulama mevsimi öncesi ve sulama mevsimi sonrası farklılıkta ciddi anlamda azalma görülmüştür ve daha sonra daha düzenli bir halde devam etmiştir. Sıcaklık ve bikarbonat artı değerinden sıfıra doğru bir yönelim göstermiştir. Ancak pH, EC, Na⁺, K⁺, Mg⁺², CO₃²⁻ ve Cl⁻ ise yıllar bakımından değerlendirildiğinde sulama mevsimi öncesi ve sulama mevsimi sonrası arasındaki farkların negatif olduğu ve 2001 yılında bu parametrelerin tamamında ciddi olarak sıfıra yaklaşma eğilimi göstermişlerdir. Ancak 2002 yılından itibaren daha az dalgalı değişime sahip olmuştur. Bu farklılığın 2001 yılında yaşanan kuraklıktan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Çünkü kurak koşullarda su miktarının azalması nedeniyle toprak altındaki kimyasal çözünüm yavaşlamaktadır. Ayrıca jeolojik birimlerin jeokimyasal özellikleri de suyun kimyasal içeriklerini etkilemiş olduğu için bu sonuç normal karşılanmalıdır (Will ve Faust, 2005). Böylece sulama mevsimi öncesi ve sulama mevsimi sonrasındaki farklılık azalmaktadır (Şekil 3). Buna karşın, HCO₃⁻, SO₄²⁻ ve NO₃⁻ miktarlarında ise önemli ölçüde artma eğilimi gözlenmiştir (Şekil 4 ve 5). Sülfat, nitrat, amonyak, bor, organik madde ve toplam çözülmüş tuz miktarlarının daha değişken bir yapıya sahip oldukları görülmektedir (Şekil 4 ve 5).



Şekil 3. Sıcaklık, pH, EC, Na, K ve Ca trendleri



Şekil 4. Mg, CO₃, HCO₃, Cl ve SO₄ trendleri



Şekil 5. NO₃, NH₃, bor, sertlik, organik madde ve toplam tuz trendleri

Özellikle sülfat, organik madde ve toplam çözünmüş tuz miktarları incelenen yıllar içerisinde ciddi olarak dalgalanmalar göstermişlerdir. Nitrat ve amonyak çok dar bir aralıkta değişim gösterirken, sertlik ise Şekil 3’de incelenen özellikler gibi 2001 yılında sifıra doğru daha düzenli değerlere sahip olduğu görülmektedir. Buna göre bölgede tarımsal alanlarda azot, sülfat ve nitrat gübrelere kontrolsüz bir şekilde yüksek miktarlarda kullanıldığı anlaşılmaktadır. Özellikle gübre kullanımından sonra yapılan sulamalarda alt tabakalara süzülen suyun yeraltı sularını ciddi oranda etkilediği belirtilebilir. Mevcut çalışmanın sonuçları ile Seyfe Gölü havzasında yapılan önceki çalışmaların sonuçları birbirini desteklemektedir (Başaran, 2011; Kıymaz ve Ertek, 2011; Kıymaz ve Karadavut, 2014a; 2014b). Araştırmadaki kuyuların beş adedi Malya Devlet Üretim Çiftliğinde ve bir adedi de Eskidoğanlı yerleşim biriminde yer alan kuyulardır. Seyfe Gölü Havzası’nda yer alan Tarım ve Köyişleri Bakanlığı’na bağlı Malya Tarım İşletmesi yöredeki tarımsal yapının biçimlenmesinde ve su kaynaklarının kullanımında önemli bir işleve sahiptir. İnsan faaliyetlerinin de kirlilikte etkili olmasının yanı sıra, söz konusu değişimleri arazi kullanımı, yağış dağılımı, litoloji, yeraltı suyu beslenme oranları gibi etkenler de belirlemektedir (Polat ve ark. 2007; Elçi ve Polat (2011)).

Seyfe gölü havzasındaki tarımsal alanlarda yoğun olarak kullanılan kimyasal gübrelere ağır metal miktarlarının su kalitesi üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada da, genel olarak incelenen (amonyum sülfat, amonyum nitrat, potasyum C, potasyum sülfat, kompoze 20-20-20+Zn) gübrelere metal içeriklerinin Zn> Pb> Cu> Cr> Cd> As> Ni> Co şeklinde değişim gösterildiğini ve tarımsal kaynaklı bir ağır metal kirlilik probleminin olduğu belirtilmiştir (Başaran, 2011).

Sonuç olarak, araştırma alanındaki sulama kuyularının su kalitesini Malya Devlet Üretim Çiftliği ve Eskidoğanlı yerleşim alanlarından gelen tarımsal, hayvancılık ve evsel atıkların önemli ölçüde etkilediği söylenebilir. Ülkemizde suyun en çok kullanıldığı alan tarımsal alanlardır. Bu nedenle, tarımsal alandaki yeraltı kuyu sularının niteliklerinin korunması, kirlilik parametrelerinin takibi, toprak analiz sonuçlarına göre gübre cinsi ve miktarının uygun zamanda verilmesi, su kaynaklarının etkili kullanılması ve sürdürülebilirlik açısından büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Başaran, B.V. 2011. Seyfe Gölü Su Kalitesi ve Dip Çamuru Ağır Metal Özelliklerinin Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Yüksek Lisans Tezi. 133 s. Ankara.
- Çakıröz, M. ve A. Keçik. 1979. Kırşehir-Seyfe Ovası Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Çelenk, S. ve A. Kaplan. 1989. Kırşehir – Malya DÜÇ ve Yeni Doğanlı Çevresi Karst Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ 12. Bölge Müdürlüğü, Kayseri.
- Elçi, A. and R. Polat. 2011. Assessment of the statistical significance of seasonal groundwater quality change in a karstic aquifer system near Izmir-Turkey. Environ Monit Assess, 172:445–462.
- FAO (Food and Agriculture Organisation) AQUASTAT. 2013. Erişim: [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm].
- Güzel, S. ve S. Çelenk. 2004. Seyfe Ovası Hidrojeolojik Revize Etüt Raporu, DSİ 12. Bölge Müdürlüğü, Kayseri.

- Kırşehir Meteoroloji Bölge Müdürlüğü. 2015. Kırşehir ili iklim verileri kayıtları.
- Kıymaz, S. ve A. Ertek. 2011. Seyfe Gölü yüzey su kalitesinin farklı gözlem yıllarındaki değişimleri. II. Türkiye Sulak Alanlar Kongresi, Sözlü Bildiri Kitabı: s. 138-147. 22-24 Haziran 2011, Kırşehir.
- Kıymaz, S. and U. Karadavut. 2014a. Application of multivariate statistical analysis in the assessment of surface water quality in Seyfe Lake, Turkey. Ankara Tarım Bilimleri Dergisi, 20 (2): 152-163.
- Kıymaz, S. and U. Karadavut. 2014b. Evaluation of irrigation water quality in groundwater well water in Seyfe Lake Basin. Journal of Selçuk University Natural and Applied Science, 3 (3): 55-72.
- Muluk, Ç.B., B. Kurt, A. Turak, A. Türker, M.A. Çalışkan, Ö. Balkız, S. Gümrükçü, G. Sarıgül ve U. Zeydanlı. 2013. Türkiye’de suyun durumu ve su yönetiminde yeni yaklaşımlar: çevresel perspektif. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi.
- Polat, R., A. Elçi, C. Şimşek ve O. Gündüz. 2007. İzmir-Nif dağı çevresindeki yeraltı suyu nitrat kirliliği boyutunun mevsimsel değerlendirilmesi. 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknoloji.482-489. 24-27 Ekim 2007, İzmir.
- Saraçoğlu, B. 1990. Ekonomik zaman serilerinin ve DİE toptan eşya fiyat endeksinde trend ve mevsimlik dalgalanmaların regresyon yolu ile incelenmesi, G.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi, 6 (1):139.
- Türkiye Çevre Durum Raporu. 2011. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ankara.
- UNDESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division). 2009. World Population Prospects: The 2008 Revision, Highlights, Working Paper No. ESA/P/WP.210. New York, UN.
- Will, E. and J.E. Faust. 2005. Irrigation water quality for greenhouse production. Agricultural Extension Service, PB 1617, The University of Tennessee, USA.
- WWAP (World Water Assessment Programme). 2012. The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk. Paris, UNESCO.



Kırıkhan Sulama Birliği Alanında Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanılarak Haritalanan Taban Suyu Gözlemlerinin Değerlendirilmesi

Mehmet GENÇOĞLU¹, Kenan UÇAN^{2*}

¹KSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği ABD, Kahramanmaraş

²KSÜ, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

*e-posta: ucan@ksu.edu.tr

Geliş Tarihi: 16.02.2016; Kabul Tarihi: 17.05.2016

Öz: Taban suyunun bitki kök bölgesinde yükselmesi, verimin azalmasına, tuzluluk ve sodyumluluk gibi problemlerin ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu durum tarımsal üretimi olumsuz yönde etkiler. Sulama amacıyla yapılan yatırımlardan beklenen yararın sağlanabilmesi için, taban suyunun sürekli izlenmesi ve projelerde öngörülen düzeylerde tutulması gerekmektedir. Bu çalışmada Hatay Kırıkhan Sulama Alanında Küresel Konum Belirleme Sistemi (GPS) ile koordinatları belirlenen noktalardan 2013 yılında Mayıs, Temmuz ve Eylül aylarında taban suyu gözlemleri yapılmıştır. Taban suyu tuzluluk seviyesini belirlemek için de su örnekleri alınmıştır. Gözlemler bilgisayar ortamında bir Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı olan Netcad 5.1 kullanılarak işlenmiş ve her bir dönem için taban suyu eş yükseklik, taban suyu eş derinlik ve taban suyu tuzluluk haritaları elde edilerek gerekli değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışma alanında sulamanın yoğun olduğu Temmuz ayında taban suyu derinliğinin net sulama alanının %1.92'sinde 0-0.5 m, %17.68'inde 0.5-1 m ve %24.75'inde 1-1.5 m derinlikte olduğu belirlenmiştir. Deneme alanının tamamında taban suyu tuzluluğunun 2 dSm⁻¹ den düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kırıkhan sulaması, yeraltı suyu seviyesi, yeraltı suyu tuzluluğu, küresel konum belirleme sistemi (GPS), coğrafi bilgi sistemi (CBS).

Evaluation of Ground Water Observations Mapped by Using Geografik Information Systems (GIS) in the Kırıkhan Irrigation Area

Abstract: Rising ground water tables into the plant root zone of plants can cause some problems such as reduction in yield, salinity and sodium. This situation negatively affects agricultural production. The level of ground water should be constantly monitored and kept at the desired level in the project to achieve the expected benefits from investments made for irrigation. In this study, ground water observations were conducted at points identified coordinates by Global Positioning System (GPS) on the Hatay Kırıkhan Irrigation Area in May, July and September 2013. The water samples were also taken to determine the ground water salinity levels. The observations were processed by using Netcad

5.1 software program in Geographical Information System and the ground water contour maps, depth-to-ground water maps and ground water salinity maps have been prepared and evaluated for each observation periods. The ground water depths were determined to be 0-0.5 m, 0.5-1.0 m and 1.0-1.5 m respectively in 1.92's%, 17.68% and 24.75% of the total irrigated area in July of intensive irrigation in the study area. The groundwater salinity was observed to be less than 2 dSm⁻¹ at the experimental area.

Key Words: Kırıkhan irrigation, groundwater levels, groundwater salinity, global positioning system (GPS), geographic information system (GIS).

Giriş

Dünyada ve ülkemizde gelecekte artacak olan gıda ihtiyacının karşılanabilmesinde, sulu tarım alanları en önemli rolü oynayacaktır. Ancak sulu tarımda uygulamada birçok sorunla karşılaşmaktadır. Sulamaya açılan alanlarda, bir süre sonra drenaj ile ilgili problemlerin ortaya çıktığı ve dolayısıyla sulamadan istenilen faydaların sağlanamadığı bilinmektedir. Bunun en önemli nedeni, aşırı ve kontrolsüz yapılan sulamalar sonucunda taban suyunda meydana gelen yükselmelerdir (Kaman ve ark., 2010). Yüksek taban suyu temel iki önemli soruna yol açmaktadır. Birincisi, taban suyunun kapilarite ile üst katmanlara yükselerek buharlaşması sonucunda içeriğindeki tuzları bitki kök bölgesinde bırakarak toprakların tuzlulaşmasına ve bitkilerin bundan olumsuz etkilenmesine neden olmasıdır. İkincisi ise, özellikle drenajı bozuk alanlarda taban suyunun etkili bitki kök bölgesi derinliğine kadar yükselmesi ve buradaki hava-su dengesini hava aleyhine bozmasıdır. Toprakta gözeneklerin suyla dolması sonucunda ise, nemli ve serin toprak koşulları oluşmakta, bunun sonucunda ise ekim ve hasat işlemleri gecikmekte; kök hücrelerinin bölünerek çoğalması yavaşlamakta ve böylece kök gelişimi istenilen düzeye ulaşamamaktadır. Ayrıca, organik maddeleri parçalayıp bitkilerin alabileceği şekle dönüştüren toprak mikroorganizmalarının faaliyetleri yavaşlamakta ve toprakta bitki besin maddelerinin alınmasını engelleyen zararlı bileşikler oluşmaktadır (Güngör ve ark., 2012).

Taban suyunun neden olduğu sorunları önlemek için, taban suyu derinliği ve bu derinliğin zaman içindeki değişimi izlenmeli ve elde edilen sonuçlara göre önlemlerin alınması gerekmektedir. Taban suyu seviyesinin izlenmesi sulanan alanlarda sürekli yapılması gereklidir ve projede öngörülen düzeylerde tutulmalıdır. Ayrıca yapılan bu gözlemler drenaj tesislerinin işlevlerini tam olarak yapıp yapmadığının ve mevcut tesislere ek olarak yeni tesislerin yapılmasına gereksinim olup olmadığının belirlenmesi kararının alınması için gereklidir. Taban suyu izleme ve kalitesinin değerlendirilmesi çalışmaları mevcut topraklarımızın korunması ve tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir (Kara ve Arslan, 2004; Gündoğdu ve ark., 1998).

Ülkemizde taban suyu gözlemi açısından çeşitli bölgelerde, özellikle sulama yapılan ovalarda, birçok çalışma yürütülmüştür (Demirören ve Köse, 1980; Çetin ve Özcan, 1999; Cemek ve ark., 2006)

Tüm alanlarda olduğu gibi tarımsal üretim aşamasında; üretimi olumsuz etkileyen unsurların incelenmesi ve gerekli olan tedbirlerin alınması, bilgilerin en hızlı ve etkin biçimde değerlendirilip sorunların çözülmesi gerekmektedir. Günümüzde bilgi teknolojileri çok farklı alanlarda, farklı meslek gruplarında, farklı amaçlarla insanlara yoğun bir şekilde hizmet etmektedir. Bu bilgi teknolojilerinden Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ekonomik,

politik, sosyal ve kültürel, mühendislik gibi birçok alanda kaynakların yönetimi ve birbirleri ile entegrasyonunun yapılmasındaki karmaşık analizlerin hızlı ve verimli gerçekleştirilmesinde önemli bir yere sahiptir. (Yomralıoğlu, 2000).

Türkiye’de Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından sulamaya açılan alanlarda taban suyu gözlemleri rutin olarak her yıl yürütülmektedir. Bu gözlemlere dayalı olarak taban suyu seviyesinin ve su kalitesinin değişimi izlenmekte ve proje alanında drenaj sistemlerinin çalışma etkinliği hakkında fikir edinilmekte, gerektiğinde de belirlenen aksaklıklar giderilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada Hatay İli Kırıkhan İlçesi Kırıkhan Sulama Birliği sulama alanında yapılan taban suyu gözlemlerinden yararlanılarak taban suyu eş yükseklik, eş derinlik ve tuzluluk haritaları oluşturulmuştur.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Alanı ve Özellikleri

Bu çalışma Doğu Akdeniz Bölgesinde bulunan Hatay İli Kırıkhan İlçesinde yer alan alan ve 11 köyü (Aktutan, Alaybeyli, Güzelce, Ilıkpınar, Karaçağıl, Karadurmuşlu, Karamağara, Karmankaşı, Kodallı, Mahmutlu ve Reşatlı) kapsayan Kırıkhan Sulama Birliği sulama alanında yürütülmüştür. Amik Ovasının kuzey doğusunda bulunan sulama alanı 4170 ha büyüklüğe sahip olup sulama suyu ihtiyacını Karasu Çayı üzerinde bulunan Kamışlar Regülatöründen sağlamaktadır. Alan 36° 25' - 36° 21' Doğu Boylamları ile 36° 36' - 36° 27' Kuzey Enlemleri arasında olup denizden ortalama yüksekliği 100 m (Kuzeyden güneye doğru 147-85 m)’dir.

Sulama alanı toprak yapısı genelde killi ve köken itibari ile kolluviyal oluşum gösteren ova topraklarından oluşmaktadır. Toprak rengi yaygın olarak kahverengi olmasına rağmen taban suyu seviyesinin yüksek olduğu yerlerde gri veya mavimsi gri renktedir. Genellikle derin profilli topraklar bulunmasına rağmen özellikle sulama alanında yer yer az miktarda ve toplu halde sığ profilli topraklı alanlara rastlanmaktadır. Sulama alanında ağır bünyeli topraklar %68,3, orta bünyeli topraklar %19,2 ve hafif bünyeli topraklar ise %3,8 oranındadır. Sulama alanında tuzluluk ve alkalilik problemi bulunmamaktadır. Organik maddeler yeterli düzeydedir. Toprakların geçirgenliği oldukça iyidir.

Sulama alanı topoğrafyası %2-5 arasında eğime sahiptir. Eğim nedeni ile sulanamayacak olan alan nerde ise yok denecek kadar azdır. Yüzeysel tesviye gerekmektedir. Genel eğim kuzey güney yönlüdür. Ovada bazı alanlarda eğim %0,5’e kadar düşmekte olup buda drenej sorununa sebep olmaktadır.

Sulama alanı tipik Akdeniz iklimi karakterine sahiptir. Kışlar yağışlı ve ılık yazlar sıcak ve kurak geçmektedir. Sırasıyla yıllık ve uzun yıllık yağış miktarı 1162.7-1120.7 mm, ortalama sıcaklık 18.6-18.3 °C, en yüksek sıcaklık 27.0-27.8 °C, en düşük sıcaklık 7.1-8.3 °C’dir (Tablo 1). Sulama alanı deniz kıyısında yaklaşık 15-20 km içerde kalmakta olup deniz ile arasında Güney Doğu Toros Dağlarının başlangıcı olan Amanos Dağları bulunmasına rağmen aldığı yağış miktarı taban suyu seviyesini etkilememektedir.

Tablo 1. Sulama alanına ait bazı iklim verileri

Aylar	Sıcaklık (°C)		Nem (%)		Toplam Yağış (mm)	
	2013	Uzun Yıllar	2013	Uzun Yıllar	2013	Uzun Yıllar
Ocak	8.8	8.3	95.1	80.2	131.3	182.9
Şubat	12.0	9.8	74.5	66.4	146.7	164.8
Mart	14.3	13.2	57.0	60.0	87.5	143
Nisan	18.0	17.2	65.3	64.4	383.4	109.9
Mayıs	22.8	21.2	63.2	63.8	95.1	86.5
Haziran	25.5	24.8	60.1	61.9	0	22.4
Temmuz	26.4	27.2	57.7	60.4	0	8.2
Ağustos	27.0	27.8	59.3	60.3	0	5.1
Eylül	26.1	25.5	61.4	60.9	158.9	39.6
Ekim	18.7	20.7	48.3	51.3	47.8	67.3
Kasım	17.0	14.2	59.8	64.1	7.4	103.2
Aralık	7.1	9.6	64.8	70.2	104.6	187.8
Ortalama	18.6	18.3	63.9	63.7		
Toplam					1162.7	1120.7

Sulama alanında I. ve II. ürün olmak üzere genelde iki ürün ekimi yapılmakta olup 2013 yılında ise 5074 ha alanda üretim faaliyetleri gerçekleşmiştir (Tablo 2). Toplam sulama alanı 4170 ha olan alan II: ürünle birlikte yaklaşık %20 aratarak 5142.4 da ulaşmıştır. Bu alanın %75.5'i ise yoğun sulama gerektiren bitki yetiştiriciliği yapılmakta olup 2013 yılında saptırılan sulama suyu miktarı 64.94 hm³ olup hektara dağıtılan yıllık sulama suyu miktarı 16651 m³ olmuştur. Dolayısıyla 1665.1 mm ile aşırı bir su kullanımı söz konusu olmuştur.

Tablo 2. Yıllara Göre Gerçekleşen Bitki Deseni (da)

Bitki Çeşidi	Ekim Alanı (ha)	Oran (%)
Hubabat	1261.9	24.5
Bostan	134.4	2.6
1. Ürün Pamuk	1062.6	20.7
2. Ürün Pamuk	60.2	1.2
1. Ürün Mısır	468.2	9.1
2. Ürün Mısır	1240.9	24.1
Sebze	44.7	0.9
Havuç	435.5	8.5
Mevsim Dışı	434.0	8.4
Toplam	5142.4	100.0

Çalışma alanında taban suyu gözlemleri yapılan kuyular 30 adet olup bu kuyulara ait olan grid ve coğrafi koordinat değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Kuyu su seviye ölçümleri elektronik düzey ölçer ile yapılmıştır.

Tablo 3. Kuyu Yerlerinin Grid ve Coğrafi Koordinatları

Kuyu No	Grid Koordinat			Coğrafi Koordinat		
	Y	X	Z (m, Ortametriik)	Enlem	Boylam	Z (m, Elipsoidal)
1	541044.76	4052985.72	112.24	36°36'28,58" K	36°27'32,41" D	139
2	540444.74	4053253.22	113.99	36°36'37,35" K	36°27'08,32" D	139
3	539226.79	4052801.57	106.63	36°36'22,88" K	36°26'19,23" D	136
4	539119.02	4051962.88	102.81	36°35'55,69" K	36°26'14,74" D	131
5	539942.86	4051180.51	100.53	36°35'30,19" K	36°26'14,74" D	117
6	537929.54	4050232.44	96.25	36°34'59,73" K	36°25'26,58" D	120
7	536846.01	4049024.88	99.25	36°34'20,71" K	36°24'42,79" D	125
8	537659.82	4048339.13	93.17	36°33'58,35" K	36°25'15,40" D	122
9	537663.42	4046839.21	96.4	36°33'09,69" K	36°25'15,28" D	122
10	536391.38	4045988.78	97.7	36°32'42,28" K	36°24'23,99" D	118
11	537588.45	4045775.96	89.1	36°32'35,21" K	36°25'12,08" D	120
12	535786.06	4044952.3	89.68	36°32'08,74" K	36°23'59,48" D	121
13	536700.62	4044568.62	89.75	36°31'56,17" K	36°24'36,18" D	120
14	536268.14	4043992.84	91.12	36°31'37,55" K	36°24'18,70" D	121
15	535071.11	4043901.55	90.78	36°31'34,75" K	36°23'30,57" D	117
16	535066.65	4041689.83	91.02	36°30'23,00" K	36°23'30,03" D	117
17	534461.74	4042116.75	92.15	36°30'36,93" K	36°23'05,79" D	125
18	534691.86	4042502.42	94.38	36°30'49,41" K	36°23'15,10" D	122
19	535034.49	4041202.63	91.37	36°30'07,20" K	36°23'28,66" D	122
20	535420.8	4040771.08	87.57	36°29'53,15" K	36°23'44,11" D	120
21	534582.93	4040622.86	96.47	36°29'48,45" K	36°23'10,42" D	119
22	534886.95	4039977.67	89.68	36°29'27,48" K	36°23'22,53" D	118
23	534411.15	4038936.94	91.2	36°28'53,78" K	36°23'03,25" D	116
24	534180.47	4037782.13	86.49	36°28'16,35" K	36°22'53,80" D	110
25	533320.62	4037767.46	85.15	36°28'15,98" K	36°22'19,26" D	112
26	532565.56	4038009.94	97.76	36°28'23,94" K	36°21'48,97" D	118
27	531995.01	4037787.09	94.06	36°28'16,78" K	36°21'26,02" D	135
28	532243.34	4037147.14	86.56	36°27'55,99" K	36°21'35,90" D	114
29	531421.12	4037587.34	95.82	36°28'10,37" K	36°21'02,94" D	126
30	531785.13	4036971.55	87.12	36°27'50,35" K	36°21'17,47" D	114

Kullanılan Yöntemler

Çalışma alanı olan Kırıkhan Sulama Alanına ait 1/25000 ölçekli Antakya P36-b2 ve Antakya O36-c3 numaralı topoğrafik haritalar bilgisayar ortamına aktarılarak sayısallaştırılmış ve GPS cihazına yüklenmiştir. Ridder (1994) büyüklüğü 10.000 ha olan alanlar için 100 gözlem kuyusuna ve büyüklüğü 100.000 ha olan alanlar için ise 300

gözlem kuyusuna ihtiyaç duyulacağı belirtilmiştir. Kırıkhan Sulama Birliği Alanı yaklaşık 4170 ha büyüklüğünde olup bu sınıflandırmaya göre gözlem kuyusu sayısının 13-42 arasında olması gerektiği, çalışma alanında belirlenen 30 adet kuyunun yeterli olduğu sonucuna varılmıştır. Sulama alanında koordinatları belirlenen 30 kuyuda 2013 yılı Mayıs, Temmuz ve Eylül aylarında taban suyu gözlemleri yapılmıştır. Elde edilen veriler Netcad 5.1 yazılımı kullanılarak işlenmiş ve her bir dönem için taban suyu eş yükseklik ve taban suyu eş derinlik haritaları elde edilmiştir. Ayrıca ölçülen taban suyu tuzluluk değerlerinden yararlanılarak taban suyu tuzluluk haritası da elde edilmiştir. Gözlem yapılan kuyuların kesin koordinatları (x, y, z değerleri) GPS cihazı yardımıyla belirlenmiştir. Söz konusu gözlem kuyularının sulama alanı içerisindeki dağılımları Şekil 1’de gösterilmiştir.

Çalışmada kullanılan ters uzaklık ağırlık yöntemi (IDW); temel olarak Shepard’s Yöntemi olarak bilinen matematiksel fonksiyonu kullanılmıştır (Shepard 1968). Fonksiyon bilinmeyen noktanın değerini bilinen noktaların yakın olanlarına daha çok ağırlık verirken uzak olanlarına daha az ağırlık vererek bulur (Franke ve Nielson, 1980). IDW kullanarak taban suyu eş derinlik ve taban suyu eş yükseklik haritaları ile taban suyu tuzluluk haritaları hazırlanmış ve bu özelliklere ait CBS katmanları üretilmiştir.



Şekil 1. Kırıkhan sulama alanının konumu ve taban suyu gözlem kuyularının çalışma alanındaki dağılımı

Taban suyu eş derinlik ve taban suyu eş yükseklik haritaları oluşturulurken topoğrafya da bulunan detay (yol, yapılar, köprüler v.b) verileri ve doğal yapılara (şev, dere, v.b) ait koordinat değerleri belirlenmiştir. Bu değerler x, y, z grid koordinat değerleridir. Tüm

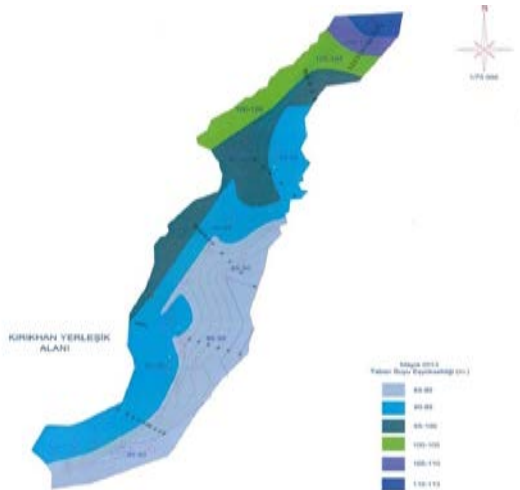
kuyular için hesaplanan x, y, z değerleri yardımı ile arazi modelini temsil eden üçgen modeller oluşturulmuştur. Bu üçgen model yardımı ile Netcad yazılımı kullanılarak üçgenlerin köşe kot değerleri ile en yakın kot değerleri göz önünde bulundurularak eş yükseklik eğrilenin çizimi yapılmıştır. Bu aşamada elde ettiğimiz eş yükseklik eğrileri ve kot değerleri kullanılarak belirlenen çalışma aralığında yazılım kullanılarak renklendirme yapılmıştır. Taban suyu eş yükseklik haritalarında taban suyu eğimi ile yüzey eğiminin aynı yönlü olduğu görülmektedir. Oluşturulan haritalar kullanılarak her bir özelliğin alansal büyüklük değeri elde edilmiştir.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

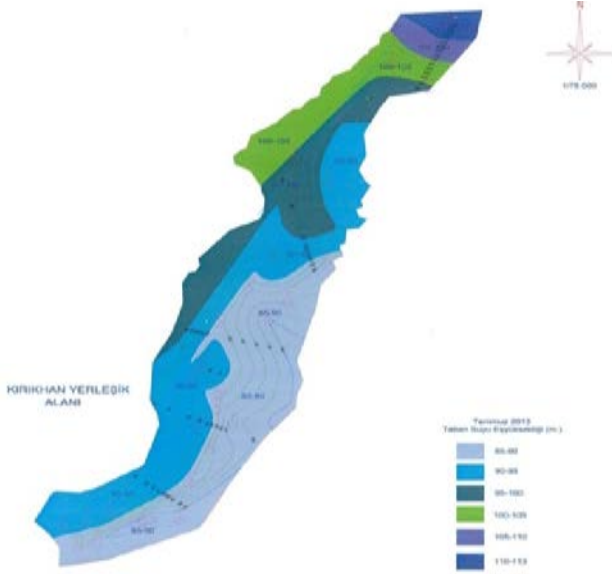
Taban Suyu Eş Yükseklik Haritaları

Taban suyu eş yükseklik haritaları yeraltı suyu araştırmalarında önemli bir değere sahiptir. Bu haritalardan, su tablası eğimi ve yeraltı suyu akış yönü belirlenmektedir. Taban suyu eş yükseklik haritaları aynı zamanda eş potansiyel çizgilerdir. Bu nedenle eş potansiyel çizgilerine dik olarak gerçekleşen akışın yönü bu haritalar yardımıyla çıkarılabilmektedir. Bunlara ek olarak incelenen alandan su kayıpları veya herhangi bir kaynaktan su kazançları ve artezyen etkileri de belirlenebilmektedir (De Ridder, 1994)

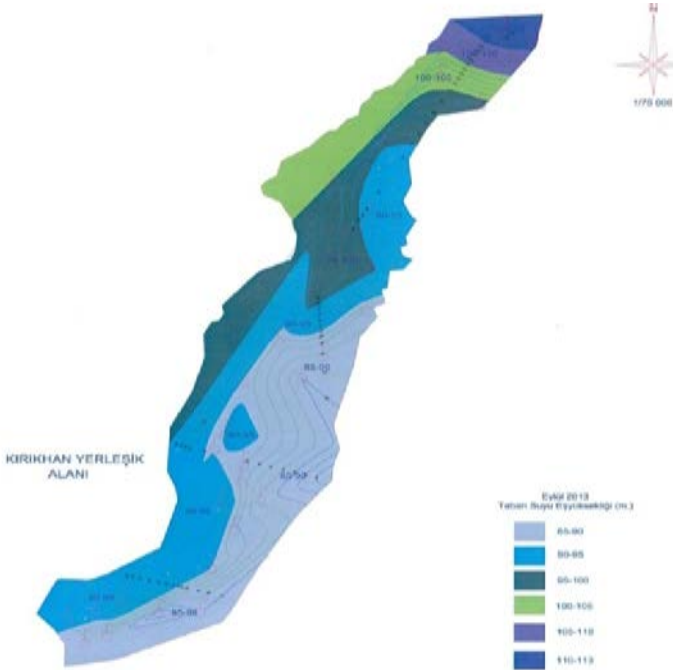
Gözlem kuyusu kotundan taban suyu derinliği çıkarılarak taban suyu kotu bulunmuş eş taban suyu eğrili haritalar Şekil 2, 3 ve 4'te verilmiştir. Söz konusu şekillerde görüleceği üzere en yüksek kotlu eş taban suyu eğrileri Kırıkhan Sulama Alanının kuzeyinde, en düşük kotlu eş taban suyu eğrileri ise çalışma alanının güneyinde yer almaktadır. Dolayısıyla taban suyu akışı ovada kuzey-güney yönünde hâkim eğim istikametinde gerçekleşmektedir. Taban suyu eğimi sulama alanının kuzeyinde eş taban suyu eğrileri güneye göre daha sık olduğundan taban suyu eğimi kuzeyde daha yüksektir. Taban suyu eş su yüksekliklerine karşılık gelen alansal dağılımlar Tablo 4'te verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi aylar arasında küçük farklılıklar olsa da alanın büyük bir kısmında taban suyu eş yüksekliği 85-95 m arasındadır.



Şekil 2. Kırıkhan sulama alanı Mayıs ayı taban suyu eş yükseklik haritası



Şekil 3. Kırıkhan sulama alanı Temmuz ayı taban suyu eş yükseklik haritası



Şekil 4. Kırıkhan sulama alanı Eylül ayı taban suyu eş yükseklik haritası

Tablo 4. Kırıkhan sulama alanında tespit edilen taban suyu eş yüksekliği alansal dağılımı

Mayıs			Temmuz			Eylül		
Taban Suyu Eş Yüksekliği (m)	Alan (ha)*	Alan (%)	Taban Suyu Eş Yüksekliği (m)	Alan (ha)*	Alan (%)	Taban Suyu Eş Yüksekliği (m)	Alan (ha)*	Alan (%)
85-90	1662	34.82	85-90	1650	34.57	85-90	1729	36.22
90-95	1577	33.04	90-95	1583	33.17	90-95	1431	29.98
95-100	818	17.14	95-100	759	15.90	95-100	838	17.56
100-105	467	9.79	100-105	531	11.12	100-105	516	10.81
105-110	141	2.95	105-110	133	2.79	105-110	141	2.95
110-113	108	2.26	110-113	117	2.45	110-113	118	2.48
Toplam	4773	100.00	Toplam	4773	100.00	Toplam	4773	100.00

*Kırıkhan Sulama Birliği alanında kalan sulanan alan, yollar ve köy yerleşim alanlarında tarımsal amaçlı olarak kullanılmayan alanları da içermektedir.

Taban Suyu Eş Derinlik Haritaları

Taban suyu eş derinlik haritaları, taban suyunun toprak yüzeyinden olan derinliğinin yersel dağılımını göstermektedir. Taban suyu derinlik kriterleri, sulama sezonu için bitkinin havalanma ihtiyacına, sonbahar dönemi için ise yeraltı suyunun kılcal yükselmeyle oluşturacağı tuzlulaşmanın önlenmesine bağlıdır. Sulama sezonunda tarla bitkileri için taban suyunun 1.0-1.2 m arasındaki bir derinlikten, meyve ağaçları için 1.2-1.6 m arasındaki bir derinlikten daha aşağıda olması istenilir. Sonbaharda tuzlulaşma riskini azaltabilmek için taban suyu kumlu ve killi topraklar için 1.4 m'nin altında ve siltli topraklar için 1.70 m'nin altında bir derinlikte tutulmalıdır (Van Hoorn ve Van Alphen, 1994).

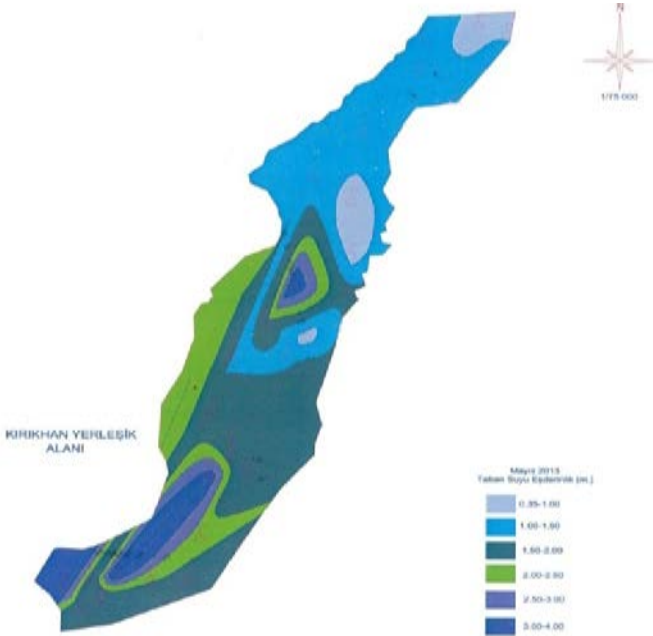
Mayıs, Temmuz ve Eylül ayları için Kırıkhan Sulama Birliği Alanında taban suyu derinliğindeki değişim Şekil 5, 6 ve 7'de ve Tablo 5'de verilmiştir. Buna göre Mayıs ayında taban suyu 0.35-1.00 m. den yakın olduğu alan oranı %5.87, 1.00-1,50 m'den daha yakın olduğu alan oranı %30.38 düzeyindedir. Sulama yapılan Temmuz ayında ise 0.35-1.00 m'den yakın olan alanların oranı %3.25, 1.00-1.50 m'den daha yakın olan alanların oranı %26.19'dur. Eylül ayında bu oran 0.35-1.00 m'den yakın olduğu alan oranı %3.75, 1.00-1.35 m'den yakın olan alan oranı ise %52.86 olduğu düzeyine çıktığı görülmektedir.

Sulama alanında sulama sezonu başlangıcında tarla bitkileri için taban suyunun tehlike arz eden alan oranı Mayıs ayında %5.87 iken Temmuz ayında bu oran %3.25 olup sulama sezonu sonunda Eylül ayında ise %3.75 olduğu tespit edilmiştir. Bu oranlara göre taban suyunda Mayıs ayından Temmuz ayına doğru bir azalma eğilimi meydana gelirken Temmuz ayından Eylül'e doğru tekrar bir artış gözlemlenmiştir. Benzer durum 1,00-1,50 m taban suyu derinlikleri içinde geçerlidir.

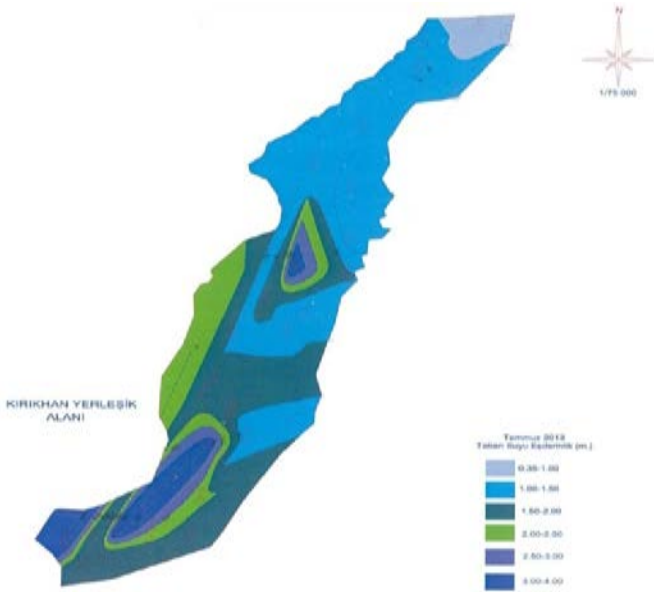
Tablo 5. Kırıkhan sulama alanında tespit edilen taban suyu derinliği alansal dağılımı

Mayıs			Temmuz			Eylül		
Taban Suyu Derinliği (m)	Alan (ha)*	Alan (%)	Taban Suyu Derinliği	Alan (ha)*	Alan (%)	Taban Suyu Derinliği	Alan (ha)*	Alan (%)
0.35-1.00	280	5.87	0.35-1.00	155	3.25	0.35-1.00	179	3.75
1.00-1.50	1450	30.38	1.00-1.50	1250	26.19	1.00-1.50	2523	52.86
1.50-2.00	1575	33.00	1.50-2.00	2444	51.20	1.50-2.00	948	19.86
2.00-2.50	873	18.29	2.00-2.50	500	10.48	2.00-2.50	569	11.92
2.50-3.00	275	5.76	2.50-3.00	224	4.69	2.50-3.00	327	6.85
3.00-4.00	320	6.70	3.00-4.00	200	4.19	3.00-4.00	227	4.76
Toplam	4773	100.00	Toplam	4773	100.00	Toplam	4773	100.00

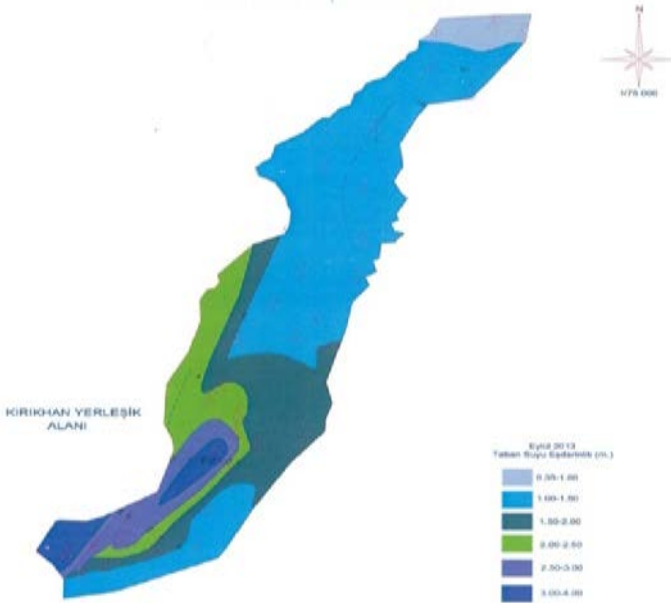
*Kırıkhan Sulama Birliği alanında kalan sulanan alan, yollar ve köy yerleşim alanlarında tarımsal amaçlı olarak kullanılmayan alanları da içermektedir.



Şekil 5. Kırıkhan sulama alanı Mayıs ayı taban suyu eş derinlik haritası



Şekil 6. Kırıkhan sulama alanı Temmuz ayı taban suyu eş derinlik haritaları



Şekil 7. Kırıkhan sulama alanı Eylül ayı taban suyu eş derinlik haritaları

Bu sonuçlara göre yaz boyu yapılan sulamalar sonucunda sulama kayıpları taban suyunu yükseltmiştir. Ancak tarımsal bitki yetiştiriciliği açısından değerlendirildiğinde; Temmuz ayı itibariyle çalışma alanında taban suyu derinliği tarla bitkileri için tüm alanın

%3.25'inde tehdit oluştururken, meyve ağaçları için alanın %26.19'unda problem oluşturmaktadır. Eylül ayı itibarıyla ise taban suyu derinliği tarla bitkileri için tüm alanın %3.75'inde güvenli değilken, meyve ağaçları için bu durum büyük bir artış göstererek %52.86 ile toplam alanın yarısından fazlasında problemlili duruma gelmiştir. Taban suyu derinliğinin artış nedeni başta yağış olmak üzere, bu dönemde bitki-su tüketiminin azalması ve etkin bir drenaj sisteminin olmamasıdır.

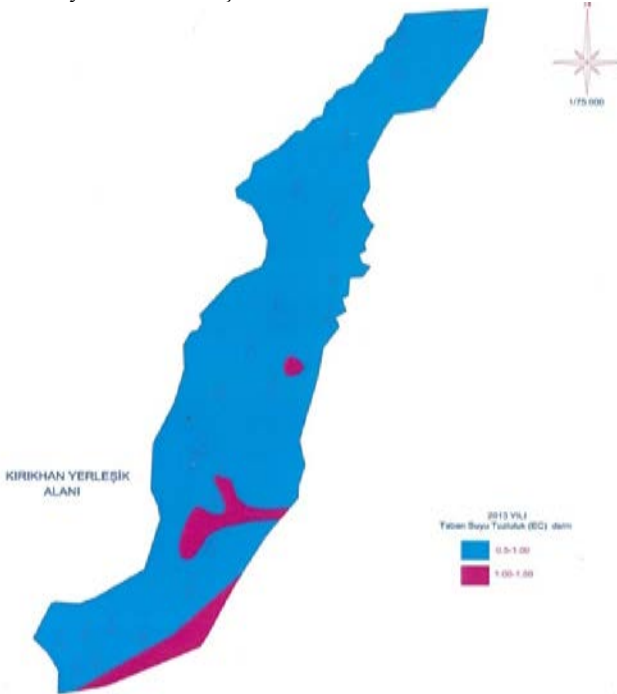
Taban Suyu Tuzluluk (EC) Haritaları

Yer altı suyu kalite ve elektriksel iletkenlik durumu haritaları incelenen tarihlere yer altı tuzluluğunu ve bu tuzluluğun konumsal değişimini gösteren haritalar olup Kırıkhan sulama alanı ile ilgili haritalar Şekil 8'de, alansal değerleri ise Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Kırıkhan sulama alanında taban suyu tuzluluk (EC) değerleri ve alansal dağılımı

EC X 10 ⁶ (dSm ⁻¹)	Alan (ha)*	Alansal Oran (%)
0.50-1.00	347	7.27
1.00-1.50	4426	92.73
Toplam	4773	100

*Kırıkhan Sulama Birliği alanında kalan sulanan alan, yollar ve köy yerleşim alanlarında tarımsal amaçlı olarak kullanılmayan alanları da içermektedir.



Şekil 8. Kırıkhan sulama alanı taban suyu tuzluluk haritası

Harita ve tablodan görüleceği üzere EC değerleri 0.5-1.00 dSm⁻¹ arasında olan alansal oranı %7.27, EC 1.00-1.50 dSm⁻¹ arasında kalan alan ise %92.73 olup çalışma yapılan alanın tamamında taban suyu tuzluluğunun 2 dSm⁻¹ den düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu değerler sonucunda sulama alanında taban suyu tuzluluğu açısından tehdit oluşturacak bir problem bulunmamaktadır. Çamoğlu ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada 1995–2006 yılları için, Menemen sulama sisteminde yer alan Maltepe ana kanalı hizmet alanında tuzluluğun hem yıllar arasında zamana; hem de gözlem kuyuları arasında mekana göre değişimini belirlemişlerdir. Taban suyu tuzluluğunun izlenmesi, değerlendirilmesi ve izin verilebilir sınırdaki tutulması, toprak muhafazası ve sulu tarımın sürdürülebilirliği açısından oldukça önemli olduğu ve bu amaca en uygun yöntemin CBS olduğunu vurgulamışlardır.

Sonuç ve Öneriler

Kırıkhan Sulama Birliği alanında tarla bitkileri yetiştiriciliği açısından tehdit oluşturacak taban suyu derinliği toplam alan içindeki oranı Temmuz ayında %3.25 iken Eylül ayında %3.75 olmuştur. Meyve yetiştiriciliğinde ise bu oran Temmuz ayında %26.19 iken Eylül ayında %52.86 olmuştur. Taban suyu derinliği tarla bitkileri açısından büyük bir tehdit oluşturmazken meyvecilik açısından problemleri görülen alan oldukça fazladır. Bu durumun yeterli drenaj kanalları ve bilinçli olarak yapılacak sulama uygulamalarıyla kontrol altında tutulabileceği düşünülmektedir.

Kırıkhan sulama alanında yer altı suyu EC değerlerinin 2 dSm⁻¹'nin altında olduğu görülmüş ve araştırma yapılan yıl için yer altı suyu tuzluluğu açısından tehdit edici bir soruna rastlanmamıştır. Buna rağmen yağışın yoğun olduğu ilkbahar aylarında taban suyunun yüzeye 0.35-1.00 m'den daha yakın olan alanlarda (%5.87) belirli aralıklarla toprak örnekleri alınarak tuzlulaşma olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Kaynaklar

- Cemek, B., Y. Demir, S. Erşahin, H. Arslan ve M. Güler. 2006. Spatial variability of groundwater depth, soil salinity in irrigated soils of Bafra plain in Northhern Turkey. International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture Adana, Turkey
- Çamoğlu, G., M.K. Ölgün, B.S. Karataş ve Ş. Aşık. 2006. Menemen sulama sisteminde taban suyunun zamana ve mekana göre değişiminin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi: Maltepe ana kanalı örneği. 4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri, Fatih Üniversitesi, İstanbul, S. 423-431.
- Çetin, M. ve H. Özcan. 1999. Aşağı Seyhan Ovasında sulanan ve sulanmayan alanlarda meydana gelen sorunlar ve çözüm önerileri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23: 207-217.
- Demirören, T. ve C. Köse. 1980. Kazova Sulama Rehberi. Tokat Bölge Toprak-su Araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Yayın No: 36, Rapor Yayın No: 24, Tokat.
- De Ridder, N.A. 1994. Groundwater Investigations in: Drainage Principles and Applications. Edited by H.P. Ritzema. Internatinal Institute for Land Reclamation and Improvement, P.O. Box 45, 6700 AA Wageningen, The Netherlands.
- Franke, R., G. Nielson, 1980. Smooth interpolation of large sets of scattered data. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 15: 1691-1704.

- Gündoğdu, K.S., A.O. Demir, H. Değirmenci, H. Büyükçangaz ve ŞT. Akkaya. 1998. Preparation and interpretation of groundwater maps using geographical information system (Arc/Info). Ageng Oslo98, International Conference On Agricultural Engineering, Oslo 24-27 August, Norway.
- Güngör, Y., A.Z. Erözel ve O.Yıldırım. 2012. Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları No: 1592, Ankara, 291s.
- Kaman, H., M. Çetin ve C. Kırd. 2010. Tarımda su kullanımının taban suyu niteliğine ve drenaja etkisinin saptanması. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3 (2): 17-20.
- Kara, T. ve H. Arslan. 2004. Bafra Ovası sulama alanında tabansuyu ve tuzluluk araştırması. Sulanan alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, DSİ Genel Müd., 20-21 Mayıs, 2004, Ankara, s. 89-96.
- Shepard, D. 1968. A Two-Dimensional Interpolation Function for Irregularly-Spaced Data. In Proceedings of the 1968 23rd ACM National Conference (New York: ACM Press), pp. 517-524.
- Van Hoorn, J.W. and J.G. Van Alphen. 1994. Salinity Control in: Drainage Principles and Applications. Edited by H.P. Ritzema. International Institute for Land Reclamation and Improvement, P.O. Box 45, 6700 AA Wageningen, The Netherlands.
- Yomrahoğlu, T. 2000. Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. İber Ofset, 2. Baskı, Trabzon.



Türkmenistan Pamuk Sektörünün Rekabetçilik Düzeyinin Analizi

Güçgeldi BASHİMOV*

*Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde
*e-posta: guyc55@gmail.com

Geliş Tarihi: 27.01.2016; Kabul Tarihi: 13.06.2016

Öz: Pamuk sektörü Türkmenistan'ın dış ticaretinde önemli bir rol oynamaktadır. Pamuk Türkmenistan'ın tarım sektörünün en önemli ihrac kalemini oluşturmaktadır. Son on yılda pamuk ihracatı 2 kattan fazla artış göstermiştir. Günümüzde Türkmenistan dünyanın önemli bir pamuk ihracatçısıdır. Bu çalışmanın ana amacı 2001-2014 döneminde Türkmenistan'ın pamuk ihracatındaki rekabet gücünü belirlemektir. Çalışmada Balassa ve Vollrath tarafından geliştirilen indeksler kullanılmıştır. Çalışmada HS (Uyumlaştırılmış mal tanım ve kod sistemi) kullanılmıştır. Araştırma sonucuna göre Türkmenistan pamuk ürününde karşılaştırmalı üstünlüğe sahiptir. Türkmenistan'ın pamuk ticaretindeki uluslararası rekabet gücünün artırılması için pamuk üretiminde verimlilik ve kaliteye önem verilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Pamuk Sektörü, rekabetçilik, Türkmenistan.

Competitiveness Analysis of Turkmenistan's Cotton Sector

Abstract: Cotton sector plays an important role in Turkmenistan's foreign trade. Cotton is the most important export items of Turkmenistan's agricultural sector. In the last decade, the export of cotton has grown more than 2 times. Today, Turkmenistan is a major cotton exporter. The main objective of this study is to determine the competitiveness of Turkmenistan's cotton sector during the period 2001-2014. In this study Balassa's and Vollrath's indices is used. Harmonised System (HS) classification is used in this study. According to research Turkmenistan has a comparative advantage in the cotton. To improve the international competitiveness of Turkmenistan in cotton trade should pay attention to the quality and productivity in cotton production.

Key Words: Cotton Sector, competitiveness, Turkmenistan.

Giriş

Pamuk, yarattığı yüksek katma değer nedeni ile birçok gelişmekte olan ülkelerde özellikle Asya ve Afrika ülkelerinde önemli bir gelir ve istihdam kaynağı oluşturmaktadır. Bugün pamuk üretimi ve işlenmesinde 250 milyondan fazla insan gelir elde etmekte ve gelişmekte olan ülkelerde toplam işgücünün %7'si pamuk sektöründe istihdam edilmektedir (Anonim, 2010).

Pamuk, dünyada en yaygın olarak üretilen tarımsal ürünlerden biri olup, 100'den fazla ülkede yaklaşık 34 milyon hektar alanda pamuk tarımı yapılmaktadır (Anonim, 2010). Son 50 yıl içerisinde dünya pamuk ekili alanında çok fazla değişim yaşanmazken, pamuk üretim ve veriminde önemli düzeyde artışlar yaşanmıştır. 1970-2014 yılları arasında dünya lif pamuk üretimi 12 milyon tondan 26,2 milyon tona ulaşmıştır. Pamuk, sanayi sektörünün önemli bir hammaddesi olması nedeniyle birçok ülke ekonomileri için stratejik bir öneme sahiptir. Pamuk, diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi Türkmenistan ekonomisinde de stratejik önemi en yüksek olan tarımsal ürünlerden biridir. Pamuk sektörü ekonomiye sağladığı istihdam ve ihracat katkısı ile Türkmen ekonomisini önemli bir kolunu oluşturmaktadır. Bugün Türkmenistan yıllık 300 bin tondan fazla lif pamuk üretimi ile dünya lif pamuk üretiminde ilk 10'a girmektedir. Pamuk, Türkmenistan'ın tarımsal alandaki en önemli ihraç kalemini oluşturmaktadır. 2014 yılında 330 bin ton pamuk ihracatına karşılık 542 milyon dolar gelir elde edilmiştir. Günümüzde Türkmenistan pamuk sektöründe net ihracatçı bir ülkedir.

Bu çalışmanın amacı Türkmenistan'ın pamuk ticaretindeki rekabet gücünü ortaya koymaktır. Çalışmada Türkmenistan'ın pamuk üretim ve dış ticaretinin mevcut durumu değerlendirildikten sonra sektörün rekabet gücü analiz edilmiştir. Analiz aşamasında Balassa ve Vollrath tarafından geliştirilmiş olan rekabet gücü indeksleri kullanılmıştır.

Türkmenistan'da Pamuk Sektörünün Mevcut Durumu

Pamuk Türkmenistan'da tarımsal üretimin önemli bir kolunu oluşturmaktadır. Türkmenistan'da pamuk üretimi uzun bir geçmişe sahiptir. Türkmenistan'ın pamuk tarımı ile ilgili en eski bilgiler İran ve Çin kaynaklarında yer almaktadır. Bu kaynaklarda X. Yüzyılda Türkmenistan'ın Merv vahasında pamuk tarımının yapıldığı belirtilmektedir. Türkmenistan'ın Çarlık Rusya'sına dâhil olmasıyla birlikte pamuk ekili alanlarında artışlar görülmüştür (Kim, 2012). 1913 yılına ilişkin veriler, Türkmen topraklarında 318 bin hektar tarım alanı olduğunu; bunun 202 bin hektarına tahıl ve 69 bin hektarına pamuk ekildiğini göstermektedir (Turan ve Dinç, 2015). 1913 yılında Türkmenistan'da 69 bin ton kütlü pamuk üretimi gerçekleşmiştir (Kim, 2012). 1917 yılında Ekim Devrimiyle birlikte Rusya İmparatorluğu yıkılıp yerine Sovyetler Birliği kurulmuştur. 1924 yılında ise Türkmenistan Sovyetler Birliği'nin egemenliğine girmiştir. Devrim sonrası toprak ve su reformunun gerçekleştirilmesi sonucunda tarımda hızlı bir atılım gerçekleşmiştir. 1925 yılında, Türkmenistan'da sulu tarım yapılan 255 bin hektar alanın 62,8 bin hektarında pamuk ekiliyordu. 1937 yılında, sulu tarım yapılan topraklar 894 bin hektara ulaşmıştır. Bu toprakların 156,8 bin hektarında pamuk ekiliyordu. 1940 yılında, tarım alanları 411 bin hektara çıkarken, 150,4 bin hektarında pamuk ekiliyordu (Jumayev, 1974, aktaran Turan ve Dinç, 2015). 1950-1980 yılları arasında ülke tarımında pamuk üretimi ayrı bir önem kazanmıştır. Ülke tarımında pamuk üretiminin diğer üretim dallarına göre daha fazla önem kazanmasının asıl sebebi, merkezi planlama sistemi ile Sovyetler Birliği zamanında bütün

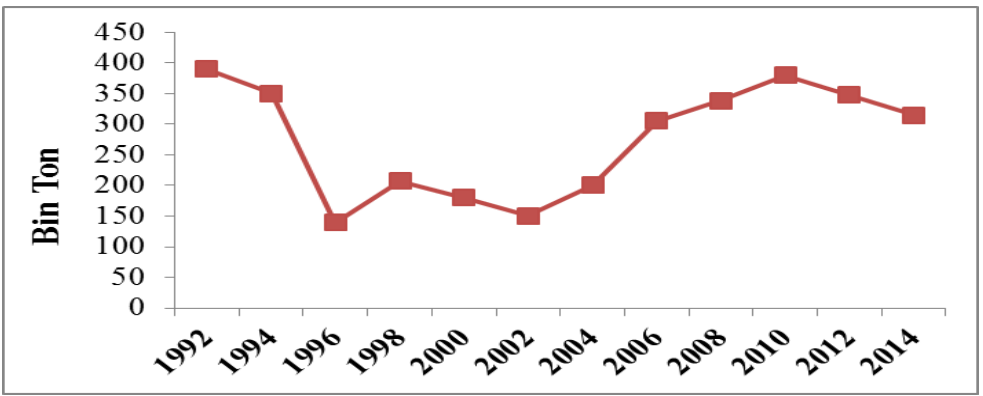
Cumhuriyetlerin iklim, toprak yapılarının analizi yapılarak tarımsal haritaların oluşturulmuş olmasıdır. Bu haritalara göre tarımsal ürünlerin hangi bölgelerde üretileceğine karar verilmiştir. Örneğin Türkmenistan, Özbekistan ve Tacikistan gibi ülkeler birliğin ihtiyacı olan pamuğu üretmekle görevlendirilmiştir (Gayıpov, 2008). Pamuğun değerli ve yüksek kar sağlayan tarım ürünü olması, iklim olarak uygunluk, Rusya'nın tekstil sanayisinin yükselmesi ve bu sektörün hammadde ihtiyacının karşılanabilmesi için pamuk üretimine ayrı bir önem verilmiştir. Türkmen topraklarının Rusya'nın hammadde sağlayan bir ülkesi konumunda olması ve iklim şartlarının elvermesiyle de tarımda özellikle pamuk seçilmiştir (Turan ve Dinç, 2015). 1950-1980 yılları arasında Türkmenistan'da pamuk üretimi 6 kattan fazla artış göstermiştir. 1980-1990 yılları arasında pamuk üretimi hızlı bir şekilde artmaya devam etmiştir. Özellikle tarımsal araştırma enstitüleri tarafından geliştirilen yüksek verimli tohumların pamuk tarımında kullanılmaya başlanması ile birlikte kütlü pamuk üretim miktarı bir milyon tonu geçmiş ve lif pamuk üretimi de 400 bin tonu geçmiştir. Ancak ülkede tekstil sanayisinin fazla gelişmemiş olması nedeniyle üretilen pamuğun oldukça büyük bir kısmı Rusya'ya götürülmüştür. Sovyetler Birliği döneminde Türkmenistan'ın pamuk ekim alanları ve lif pamuk üretimindeki gelişmeler Çizelge 1'de sunulmaktadır.

Çizelge 1. Sovyetler Birliği Döneminde Türkmenistan'da Lif Pamuk Üretim Miktarı

Yıl	Ekim Alanı (Bin Ha)	Üretim Miktarı (Bin Ton)
1940	150	70
1950	150	63
1960	222	120
1970	397	287
1980	508	415
1990	623	437

Kaynak: (Baffes, 2007; Stanchin ve Lerman, 2015)

Sovyetler Birliği'nin dağılması sonucu Türkmenistan'da pamuk ekim alanları ve üretim miktarında önemli düzeyde gerileme göze çarpmaktadır. Özellikle 1992-2000 yılları arasında pamuk üretimi hızlı bir şekilde gerileyerek 1960'lı yılları seviyesine gerilemiştir. 1992-2000 döneminde lif pamuk üretimi %54 oranında azalarak 390 bin tondan 180 bin tona gerilemiştir. İncelenen dönemde pamuk ekim alanında %17 oranında bir azalma görülürken, verimde ise %80'e varan oranda bir gerileme söz konusudur. 2000 yılından itibaren pamuk ekili alanlarında tekrar bir artış görülmektedir. Günümüzde yaklaşık 550-600 bin hektar alanda pamuk tarımı yapılmaktadır. Pamuk tarımı daha çok Marı, Ahal ve Lebap illerinde yapılmakta olup, genelde buğday ile münavebeli ekim nöbeti hâkimdir.

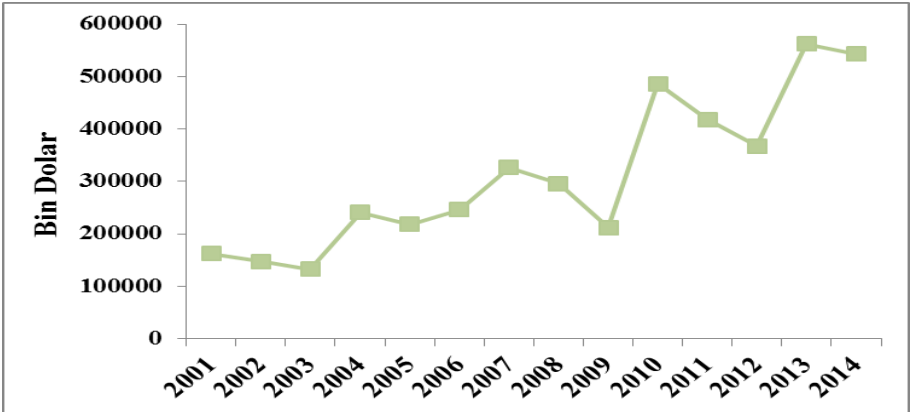


Şekil 1. Türkmenistan’da lif pamuk üretim durumu

Türkmenistan’da Pamuk Dış Ticareti

Türkmenistan Bağımsızlığını kazandıktan sonra ihracata yönelik ekonomi politikaları uygulanmaya başlanmıştır. Türkmenistan’ın ihracatı ağırlıklı olarak hidrokarbon ürünlerine dayanmaktadır. Bununla birlikte tarımsal ürünler de ülke ekonomisine önemli miktarda döviz girdisi sağlamaktadır. Özellikle pamuk Türkmenistan’ın ihraç ettiği en önemli tarımsal ürünlerin başında gelmektedir. Ancak son 20 yılda toplam ihracat içinde pamuğun göreceli payı azalmıştır. Örneğin 1996 yılında toplam ihracat içinde pamuğun payı %19,7 iken, günümüzde bu oran %4’e gerilemiştir (Jumayev, 2012).

Son 20 yılda Türkmenistan’ın pamuk ihracatı dalgalı bir seyir izlemiştir. Bağımsızlığın ilk yıllarında pamuk ihracatında sert bir düşüş söz konusudur. 1994-2004 yılları arasında pamuk ihracatı 320 bin tondan 80 bin tona gerilemiştir. İlerleyen yıllarda ise üretimdeki artışa bağlı olarak pamuk ihracatı tekrar artmıştır. 2014 yılında pamuk ihracatı miktar bazında 300 bin ton ve ihracat değeri de 540 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Şekil 2 incelendiğinde Türkmenistan’ın pamuk ihracatı 2001-2014 yılları arasında dalgalı bir seyir izlemesine rağmen pozitif bir düzeyde seyretmiştir.



Şekil 2. Türkmenistan’ın Pamuk İhracatının Yıllara Göre Gelişimi

Türkmenistan'ın pamuk ihracatında Türkiye ilk sırada yer almaktadır. Türkmenistan'ın Türkiye'ye olan pamuk ihracatı 2014 yılında 453 milyon dolar olarak gerçekleşmiş ve bu rakam Türkmenistan toplam pamuk ihracatının %83,5'ine tekabül etmektedir. Son 10 yıllık dönemde Türkmenistan'ın Türkiye'ye olan pamuk ihracatı yaklaşık 4 kat artmıştır. Türkiye ile birlikte Çin, Pakistan ve Mısır Türkmen pamuğunun önemli pazarını oluşturmaktadır.

Literatür Araştırması

Rekabet gücü kavramı ve rekabet gücünün ölçülmesi konusunda, Balassa (1965) tarafından ortaya konulan AKÜ ve benzeri indeksleri kullanarak rekabet gücünü ölçen ulusal ve uluslararası niteliğe sahip çok sayıda çalışma mevcuttur (Kösekahyaoğlu ve Özdamar, 2011). Çalışmanın bu bölümünde Balassa ve Vollrath indekslerinden yararlanılarak yapılan ulusal ve uluslararası düzeydeki çalışmalardan bazıları Çizelge 2'de özet halinde sunulmuştur.

Çizelge 2. Rekabet Gücü İndeksleri Kullanılarak Yapılan Bazı Çalışmalar

Yazarlar	Kullanılan Yöntem	Sonuç
Çoban vd. (2010)	Türk tarım sektörünün AB karşısındaki rekabet gücünü Balassa'nın AKÜ indeksini kullanarak analiz etmişlerdir.	Analiz sonucunda Türkiye'nin meyve ve sebze, şeker ve şeker ürünlerinde AB ülkeleri karşısında karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu belirlenmiştir.
Şahinli (2011)	Türk pamuk endüstrisinin rekabet gücünün belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada Balassa'nın Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler indeksini kullanmıştır.	Araştırma sonucunda Türkiye'nin pamuk sektöründe karşılaştırmalı avantaja sahip olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'nin pamuk sektöründeki rekabet gücünü devam ettirebilmesi için altyapı, teknoloji ve verimlilik gibi konulara önem verilmesi gerektiği vurgulanmıştır.
İqbal vd. (2013)	Çalışmalarında 1970-2010 dönemi için Pakistan'ın pamuk sektöründeki rekabet gücünü AKÜ indeksini kullanarak analiz etmişlerdir.	Pakistan'ın pamuk sektöründe rekabet gücüne sahip olduğu, ancak incelenen dönemde rekabet gücünde önemli düşüşler olduğu belirlenmiştir.
Kılıç (2013)	Çalışmasında Türkiye'nin dünya pamuk sektöründeki rekabet gücünü ve bu rekabet gücüne etki eden faktörleri belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada Balassa'nın Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlük indeksini kullanmıştır.	Araştırma sonucunda Türkiye'nin pamuk ipliği ve pamuklu dokuma ürünlerinde rekabet gücüne sahip olduğu tespit edilmiştir.
Bashimov (2015)	Özbekistan pamuk sektörünün uluslararası rekabet gücünün belirlenmesinde Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler ve Net Ticaret İndekslerini kullanmıştır.	Araştırma bulgularına göre Özbekistan'ın pamuk sektöründe güçlü bir karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak Özbekistan'ın pamuk sektöründeki rekabet gücünün zamanla gerilediği belirlenmiştir.
Samuel vd. (2015)	Hindistan pamuk endüstrisinin rekabet gücünü analiz etmişlerdir. Araştırmada Balassa'nın Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler indeksini kullanmışlardır.	Araştırma sonucunda Hindistan'ın pamuk ürünündeki rekabet gücünün 2005 yılından itibaren önemli düzeyde artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada Uyumlaştırılmış Mal Tanım ve Kod Sistemi (HS Code) kullanılmıştır. HS sisteminde pamuk ürününün kod numarası 52'dir. Araştırma 2001-2014 dönemini kapsamakta olup, araştırmada kullanılan veriler Uluslararası Ticaret Merkezi'nin (INTRACEN-www.intracen.org) istatistik veri tabanından derlenmiştir.

Türkmenistan pamuk sektörünün karşılaştırmalı üstünlüğünü belirleyebilmek için Balassa ve Vollrath tarafından geliştirilen indekslerden yararlanılmıştır. Balassa geliştirdiği AKÜ indeksini ilk kez 1965 yılında yayınlamış olduğu çalışmasında kullanmıştır. O zamandan beri AKÜ indeksi uluslararası ticarete uzmanlaşmayı ölçme konusunda birçok akademik çalışmalarda kullanılmaktadır (Laursen, 1998). AKÜ indeksi, bir ülkenin belirli bir mal, endüstri veya sektördeki karşılaştırmalı avantajını veya dezavantajını değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir (Ahmad ve Kalim, 2013). AKÜ İndeksi, bir malın veya sektörün ülkenin toplam ihracatındaki payı ile söz konusu malın veya sektörün dünyanın toplam ihracatındaki payı arasındaki orandır. Balassa'nın AKÜ indeksi, karşılaştırmalı avantajın altında yatan kaynakları belirlemekten ziyade, bir ülkenin 'açıklanmış' karşılaştırmalı avantaja sahip olup olmadığını saptamaya çalışmaktadır (Utkulu ve İmer, 2009). Balassa'nın AKÜ indeksi aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir:

$$AKÜ_{ij} = \left(\frac{X_{ij}}{X_j} \right) / \left(\frac{X_{iw}}{X_w} \right)$$

Burada, $AKÜ_{ij}$, 'j' ülkesinin 'i' sektörü için açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler indeksini, X_{ij} 'j' ülkesinin 'i' sektörünün ihracatını, X_j 'j' ülkesinin toplam ihracatını, X_{iw} 'i' sektörü dünya ihracatını ve X_w toplam dünya ihracatını göstermektedir. AKÜ indeksi 0 ile ∞ arasında bir değer almaktadır. Eğer indeks değeri birden büyükse o ülkenin ilgili sektörde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu söylenir. Başka bir deyişle, o endüstrinin ülkenin toplam ihracatı içindeki payı, dünya ticaretindeki payından daha büyüktür. Eğer indeks değeri birden az ise ülkenin ilgili sektörde karşılaştırmalı dezavantaja sahip olduğu söylenir (Vlachos, 2001; Havrila ve Gunawardana, 2003).

Balassa indeksinin sadece ihracat büyüklüğünü dikkate alması en fazla eleştirilen yönü olmuştur. Vollrath'a göre indeksin hesaplanmasında ihracat ile birlikte ithalat değerleri de hesaba katılmalıdır. Bu nedenle Vollrath, Balassa indeksine alternatif olarak üç ölçüm yöntemi geliştirmiştir. Bu ölçümlerden ilki Görelî İhracat Avantajı indeksidir. Görelî İhracat Avantajı indeksi belirli bir üründe herhangi bir ülkenin dünya piyasalarında sahip olduğu ihracat payının diğer bütün mallarda dünya ihracatında sahip olduğu paya oranı olarak tanımlanabilir. İndeksin bu özelliği, ele alınan ülkelerin ve malların toplam ihracat (dünya) hesaplanırken dışta tutulmasına ve böylece ele alınan ülke ve malın iki defa hesaplamaya dâhil edilmesini engellemektedir (Altay ve Gürpınar, 2008).

Vollrath'ın ikinci ölçüm yöntemi Görelî Ticaret Avantajı (RTA) olup, Görelî İhracat Avantajı (RXA) ile Görelî İthalat Avantajı (RMA) arasındaki fark olarak hesaplanmaktadır. Üçüncü yöntem ise Açıklanmış Rekabetçilik indeksidir. Vollrath'a göre, bu üç indeksin (RXA, RMA, RC) pozitif değerler alması karşılaştırmalı avantajı, negatif değerler alması ise karşılaştırmalı dezavantajı göstermektedir (Utkulu ve İmer, 2009). Bu indeksler şöyle formüle edilmiştir:

$$RXA_{ij} = (X_{ij}/X_{nj})/(X_{ir}/X_{nr})$$

$$RMA_{ij} = (M_{ij}/M_{nj})/(M_{ir}/M_{nr})$$

$$RTA_{ij} = RXA_{ij} - RMA_{ij}$$

$$RC_{ij} = \ln(RXA_{ij}) - \ln(RMA_{ij})$$

Burada, X = ihracatı, M = ithalatı, n = geri kalan tüm malları ve r = dünyanın geri kalanını göstermektedir. Buna göre,

RTA_{ij} = j ülkesinin i malında göreceli ticaret avantajını

RXA_{ij} = j ülkesinin i malında göreceli ihracat avantajını

RMA_{ij} = j ülkesinin i malında göreceli ithalat avantajını

RC_{ij} = j ülkesinin i malında göreceli rekabet üstünlüğü indeksini ifade etmektedir.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu bölümde Türkmenistan pamuk sektörünün rekabetçilik düzeyi analiz edilmiştir. Türkmenistan'ın pamuk ihracatında rekabet gücüne ilişkin analiz sonuçları Çizelge 3'de sunulmaktadır. Analiz aşamasında hesaplanan Balassa ve Vollrath'ın indeks değerleri birin üzerinde bulunmuştur. Buna göre Türkmenistan pamuk ihracatında rekabet gücüne sahiptir. İncelenen dönemde indeks değerleri dalgalı bir seyir izlese de genel olarak pozitif bir artış görülmektedir. Çizelge 3'de görüldüğü gibi indeks değerleri 2002 ve 2003 yıllarında pamuk ihracatındaki düşüşe bağlı olarak gerilemiştir. Yine 2008 yılında yaşanan küresel ekonomik krizin etkisiyle birlikte pamuk ürününe ait indeks değerleri tekrar gerilemiştir. İzleyen yıllarda ise tekrar bir yükselme görülmektedir. 2010 yılında Balassa ve Vollrath indeks değerleri son 10 yılın en yüksek seviyesine ulaşmıştır. Bu yıldan itibaren indeks değerleri sürekli gerilemektedir. Pamuk üretiminde başlayan gerilemeye bağlı olarak pamuk ihracatında düşüşler yaşanmış ve bunun sonucunda da pamuk sektörünün rekabetçilik düzeyine ilişkin indeks değerlerinde de bir gerileme göze çarpmaktadır.

Çizelge 3. Türkmenistan Pamuk Sektörüne Ait Rekabet Gücü İndeks Değerleri*

Yıl	AKÜ	RXA	RTA	RC
2001	11,87	12,74	12,55	4,21
2002	8,72	9,16	9,09	4,79
2003	8,59	9,01	8,94	4,78
2004	10,30	10,89	10,79	4,68
2005	8,03	8,33	8,12	3,68
2006	10,58	11,08	10,91	4,15
2007	13,39	14,12	14,08	5,81
2008	9,75	10,09	9,90	3,98
2009	26,89	29,69	29,32	4,38
2010	46,83	57,48	57,41	6,72
2011	14,28	15,16	15,11	5,67
2012	9,34	9,68	9,59	4,68
2013	12,83	13,54	13,47	5,27
2014	12,36	12,96	12,91	5,49

*Kaynak: INTRACEN verileri kullanılarak yazar tarafından hesaplanmıştır.

Türkmenistan pamuk üretim alanları bakımından önemli bir potansiyele sahiptir. Ancak bu potansiyelini yeteri kadar değerlendirememektedir. Özellikle Sovyetler Birliği'nin dağılması ile birlikte başlayan ekonomik durgunluk sonucu diğer sektörler gibi pamuk sektörü de önemli düzeyde gerilemiştir. Pamuk üretiminde kullanılan teknolojilerin eski olması, kapasite kullanım oranlarının düşük olması, lojistik altyapı eksiklikleri ve etkin pazarlama ağının olmayışı sektörün gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Bununla birlikte son 10 yılda Türkmenistan'ın pamuk sektöründe önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Türkmenistan halen önemli miktarda ham pamuk ihraç etmektedir. Ancak son yıllarda tekstil ve hazır giyim sektöründe görülen hızlı gelişmeler sonucu ham pamuğun önemli bir kısmı yurt içinde işlenerek katma değeri daha yüksek ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Bugün Türkmenistan, ham pamuk ihracatı ile birlikte iplik, bez, dokuma kumaş ve konfeksiyon ürünleri üretimi ve ihracatında önemli gelişmeler kaydetmiştir.

Sonuç

Türkmenistan dünyada en hızlı ekonomik büyüme kaydeden ülkelerden birisidir. Türkmenistan'da 1990'lı yılların başından itibaren serbest pazar ekonomisine dayalı stratejiler izlenmeye başlanmış ve dış ticarete liberal politikaların uygulanmasına öncelik verilmiştir. Büyüyen dünya ekonomisinin etkisiyle birlikte Türkmenistan da dış ülkelerle olan ticari ve endüstriyel ilişkilerini artırmış ve yıllık 10 milyar doların üzerinde ihracat yapmaya başlamıştır.

Türkmenistan'ın gerek toprak gerekse iklim yapısı pamuk tarımına oldukça elverişlidir. Türkmenistan'da ekim alanı ve üretimi en fazla olan tarım ürünleri arasında pamuk ilk sıralarda yer almaktadır. Pamuk aynı zamanda Türkmenistan'ın tarımsal alandaki en önemli ihraç kalemini oluşturmaktadır. Günümüzde pamuk Türkmen ekonomisi açısından stratejik bir öneme sahiptir.

Bu çalışmada Türkmenistan'ın dünya pamuk piyasasındaki rekabet gücü analiz edilmiştir. Araştırmada pamuk sektörünün rekabet gücünün belirlenmesinde Balassa ve Vollrath tarafından geliştirilen rekabet gücü indeksleri kullanılmıştır. Araştırma sonucunda Türkmenistan'ın pamuk ihracatında rekabet gücüne sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak, Balassa ve Vollrath'ın indeks değerleri 2001-2014 döneminde dalgalı bir trend seyretmiştir. Genel bir değerlendirme yapılacak olursa Türkmenistan pamuk ihracatında önemli bir rekabet gücüne sahiptir. Ancak ham pamuğun ihracı yerine üretilen pamuğun yurt içinde işlenerek katma değeri daha yüksek ürünlerin ihraç edilmesi ülke ekonomisi açısından çok daha yararlı olacaktır.

Kaynaklar

- Ahmad, N. ve R. Kalim. 2013. Changing revealed comparative advantage of textile and clothing sector of Pakistan: Pre and post quota analysis. *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences*, 7 (3): 520-544
- Altay, B. ve K. Gürpınar. 2008. Açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler ve bazı rekabet gücü endeksleri: Türk mobilya sektörü üzerine bir uygulama. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 10 (1): 257-274
- Anonim, 2010. Cotton scoping paper. Green Commodities Facility Internal Working Document.

- Baffes, J. 2007. Cotton-Dependent Countries in the Global Context: The Cotton Sector in Central Asia: Economic Policy and Development Challenges, (ed) D. Kandiyoti, University of London, United Kingdom.
- Bashimov, G. 2015. Özbekistan pamuk sektörünün rekabet gücünün belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2 (1): 99-104
- Çoban, O., A.E. Peker ve Y. Kubar. 2010. Türk tarımının Avrupa Birliği ülkeleri karşısındaki sektörel rekabet gücü. S.Ü. Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 20: 247-266.
- Havrila, I. ve P. Gunawardana. 2003. Analysing comparative advantage and competitiveness: An application to Australia's textile and clothing industries. Australian Economic Papers, 42 (1): 103-117
- INTRACEN, 2016. <http://www.intracen.org/itc/market-info-tools/statistics-export-product-country/> [Erişim tarihi: 16.01.2016]
- Iqbal, M., Z. Hussain, I.R. Noorka, M. Akhtar, T. Mahmood, S. Suleman ve I. Sana. 2013. Revealed comparative and competitive advantages of white gold of Pakistan (Cotton) by using balassa and white index. Int. J. Agric. Appl. Sci., 5 (1): 64-68.
- Jumayev, O.M. 1974. Türkmenistan Tarım Sektörünün 50 Yıllık Gelişimi. Türkmenistan SSC Bilim Yayınevi, Aşgabat.
- Jumayev, I. 2012. Foreign Trade of Turkmenistan: Trends, Problems and Prospects. University of Central Asia, Institute of Public Policy and Administration, Working Paper No: 11, Bishkek.
- Kim, V. 2012. Water Footprint for Cotton in Turkmenistan. University of Greifswald Master Thesis, Greifswald, Germany.
- Kılıç, A. 2013. Türkiye'de Pamuğun Uluslararası Rekabet Analizi ve Rekabet Koşullarını Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana.
- Kösekahyaoglu, L. ve G. Özdamar. 2011. Türkiye, Çin ve Hindistan'ın sektörel rekabet gücü üzerine karşılaştırmalı bir inceleme. Uludağ Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 30 (2): 29-49
- Laursen, K. 1998. Revealed Comparative Advantage and the Alternatives as Measures of International Specialization. Danish Research Unit for Industrial Dynamics, DRUID Working Paper No: 98-30
- Samuel, J., H. Basavaraja, H. Pushpanjali ve R. Rejani. 2015. Production, growth and export competitiveness of raw cotton in India - An economic analysis. Agri Res Tech Open Access J., 1 (1): 1-5.
- Stanchin, I. ve Z. Lerman. 2015. Wheat Production in Turkmenistan: Reality and Expectations, The Center for Agricultural Economic Research, Discussion Paper No: 3.15 The Hebrew University of Jerusalem.
- Şahinli, M.A. 2011. Açıklanmış karşılaştırmalı üstünlükler endeksi: Türkiye pamuk endüstrisi üzerine bir uygulama. Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 21: 227-240.
- Turan, G. ve A. Dinç. 2015. Bolşevik Esaretinden Enerji İmparatorluğuna Türkmen İktisat Tarihi. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Vlachos, I. 2001. Comparative advantage and uncertainty in the international trade of mediterranean agricultural products: An empirical analysis. Medit, 12 (4): 42-49.
- Utkulu, U. ve H. İmer. 2009. Türk tekstil ve konfeksiyon sektörünün Avrupa Birliği tekstil ve konfeksiyon sektörü karşısındaki rekabet gücünün alt sektörler düzeyinde ölçülmesi. Rekabet Dergisi, 36: 3-43.

Poliasetal (POM) Meme Plakalarının Orifis Geometrisinde Üretim Kusurlarının Eliptik Fourier Tanımlayıcılarıyla Tespiti

Bahadır SAYINCI^{1*}

¹Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Erzurum.

*e-posta: bsayinci@atauni.tr

Geliş Tarihi: 19.01.2016; Kabul Tarihi: 13.06.2016

Öz: Pestisit uygulamalarında yaygın olarak kullanılan termoplastik esaslı konik hüzmeli meme plakaları, belirli bir işletme basıncında kabul edilebilir sınırlarda debi sağlasa da orifis konturunda üretimden kaynaklanan şekil kusurları, püskürtme paterninin bozulmasına ve pülverizasyon kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu araştırma, nominal çapı 1.0, 1.2, 1.6, 2.0 ve 2.4 mm olan poliasetal (POM) malzemeden üretilmiş meme plakalarının orifis konturunda oluşan üretim kusurlarını eliptik Fourier tanımlayıcılarıyla tespit etmeyi amaçlamaktadır. Araştırmada, meme plakası görüntülerinde orifis şeklinin geometrisi kontur kodlarıyla tanımlanmış ve normalize edilerek kapalı orifis konturunun eliptik Fourier tanımlayıcıları elde edilmiştir. Bu tanımlayıcılar temel bileşenler analizine tabi tutulmuş ve elde edilen bileşen skorları kullanılarak saçılım grafikleri üzerinden üretim kusuru olan meme orifisleri tespit edilmiştir. Çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) sonuçlarına göre meme orifisleri arasındaki kontur farklılıklarının çok önemli düzeyde farklı olduğu belirlenmiştir. Eşli karşılaştırma testi sonuçlarına göre 1.0 ve 1.2 mm çaplı meme plakalarının diğer meme gruplarına göre farklı olduğu belirlenmiştir. Kanonik ayırma skorları saçılım grafiğinde 1.6, 2.0 ve 2.4 mm çaplı orifislerin grup merkezleri birbirine yakın bulunmuştur. Deskriptif analiz sonuçlarına göre orifis konturları için belirlenen şekil parametrelerinin MANOVA sonuçlarıyla uyumlu olduğu saptanmıştır. Bu araştırmada, eliptik Fourier tanımlayıcıları kullanılarak anormal kontura sahip meme orifisleri başarılı bir şekilde tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Meme orifisi, orifis konturu, püskürtme paterni, şekil analizi, üretim hatası.

Detection of Manufacturing Defects on Orifice Geometry of Polyacetal (POM) Nozzle Discs by Using the Elliptic Fourier Descriptors

Abstract: Even if the flow rates of hollow cone nozzle discs made in thermoplastic used widely in pesticide application were in the range of acceptable limits, the shape deflection on orifice contour based on their manufacturing caused deteriorating the spray pattern and decreasing the spray quality. This study aimed detecting the manufacturing defects on the orifice contour of hollow cone pattern type nozzle disc, orifice diameters of which were 1.0, 1.2, 1.6, 2.0 and 2.4 millimeters, made in

polyacetal (POM) material using elliptic Fourier descriptors. In the study, the geometry of the nozzle orifice was described using the codes of the closed-contour derived from the digitized orifice images, and generated elliptic Fourier descriptors of the closed contour using data normalized. These descriptors were subjected to the principal component analysis, and the defective nozzle orifices based on the manufacturing were detected from the scattered charts using the component scores of closed-contour of the orifices. According to the multivariate analysis (MANOVA), the contour differences between the nozzle orifices were statistically determined to be different. In accordance with the paired-comparison test, the contours of the nozzle orifices of 1.0 and 1.2 millimeters were found to be different than those of the other orifice groups. Canonical discriminant scores showed that the group centroids of the orifices of 1.6, 2.0 and 2.4 mm in diameter were found too close to each other. According to the results of the descriptive analysis, the shape parameters determined for the orifice contours were found compatible with MANOVA results. In this study, the nozzle orifices with abnormal contour were successfully detected using the elliptic Fourier descriptors.

Key Words: Nozzle orifice, orifice contour, spray pattern, shape analysis, manufacturing error.

Giriş

Günümüz tarımında karşılaşılan çoğu zararlı etmene karşı pestisitlerin yoğun bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Kimyasal mücadelenin başarısı sadece doğru pestisit kullanımına bağlı değildir. Hızlı ve kesin çözüm beklentisi yüksek olan pestisit uygulamalarında doğru teşhisin yanı sıra doğru ilaçlama ekipmanının uygun işletme koşullarında kullanılması gerekmektedir. Hidrolik memelerin yaygın bir şekilde kullanıldığı pülverizatörlerde ilaçlama işinin kalitesi, doğru parametrelerde işletilen memelerin tasarım özelliklerine bağlıdır.

Günümüzde ilaç uygulamalarını başarılı kılmak ve ilaçlama performansını arttırmaya yönelik farklı tasarım özelliklerine sahip çok çeşitli meme tipleri üretilmektedir. Bu tip memeler geniş spektrumda üretilen damla çapı alternatifleriyle, farklı püskürtme paterni oluşturma özellikleriyle ve geniş sınırlar arasında değişen hüzmeye açısı değerleriyle oldukça geniş bir yelpazede kullanım imkanı sunmaktadır. İlaçlama işinin kalitesini ortaya çıkarmada çok önemli bir işlevi olmasına rağmen bir pülverizatörde kontrolü en sona bırakılan ya da önemsenmeyen parçası püskürtme memeleridir (Krishnan et al., 2004).

Bir hidrolik memede en önemli kalite unsurları püskürtme paterninin tekdüzeliği, püskürtme açısının doğruluğu ve meme debisinin anma ölçülerine uygunluğudur (Huyghebaert et al., 2001). Gövde tasarımının dışında bir püskürtme memesinde aranan kalite standartlarının sağlanabilmesi için öncelikle meme orifisinin hedeflenen ölçüde düzgün bir geometriye sahip olması gerekir. Üretilen memeler arasında da aynı ölçü ve orifis düzgünlüğü hassasiyetinin sağlanması, püskürtme kolu boyunca püskürtmenin homojen bir şekilde oluşması açısından önemlidir. Meme orifisinin uygun olmayan ölçülerde kusurlu bir şekilde üretilmesi ilaçlama işinin kalitesini önemli ölçüde düşürmektedir.

Ucuz ve kolay temin edildiklerinden dolayı tarla pülverizatörlerinde yaygın olarak kullanılan meme tipi poliasetal (POM) malzemeden üretilmiş içi boş konik hüzmeye şeklinde püskürtme yapan memelerdir (Dursun ve ark., 2000). Bir girdap plaketiyle birlikte kullanılan konik hüzmeli memelerde meme plakası orifis çapı, girdap plakentinin tasarım özellikleri, girdap ve meme plakası arasındaki açıklık ve işletme basıncı parametreleri

püskürtme pateni, püskürtme açısı ve sıvı dağılım düzgünlüğünü etkilemektedir (Matthews, 2000).

Püskürtme memelerinin üretiminde kullanılan imalat yöntemi ve teknolojisi de aranan kalite standartlarına uygunluk açısından büyük öneme sahiptir (Dursun ve ark., 2000). Termoplastik malzemenin bir türü olan daha çok poliasetaldan (POM) üretilen meme plakaları, plastik enjeksiyon yöntemiyle üretilmektedir. İmalat aşamasında orifis konturunda oluşan çapaklanma veya eksenel sapma gibi unsurlar asimetrik bir orifis geometrisinin oluşmasına, meme üretim kalitesinin düşmesine ve bunun sonucunda ilaç dağılım düzgünlüğünün bozulmasına yol açmaktadır. Meme orifis geometrisinde oluşan bir deformasyon ya da oluşum, meme debisini değiştirebilir. Ancak orifis geometrisindeki bir değişim ilaç dağılım deseninin bozulmasına yol açabilmektedir. Nitekim Dursun ve ark. (2000) düzgün olmayan meme orifis konturundan dolayı hacimsel sıvı dağılımının bozulduğunu ve varyasyon katsayısının %20'lere ulaştığını saptamışlardır. İlaç dağılım düzgünlüğüyle ilgili testler stabil şartlarda paternatörde yapılabildiği gibi özellikle püskürtme memelerinin aşınmasıyla ilgili bilgilerin görsel açıdan değerlendirilmesinde elektron mikroskopunun kullanılabilirliği üzerine yürütülen çalışmalar da bulunmaktadır (Krause et al., 2003; Krishnan et al., 2004). Bu çalışmalar meme orifisindeki deformasyonun görselleştirilmesi üzerine kurgulanmıştır.

Püskürtme memelerinde orifis düzgünlüğünün kontrol edilerek üretim kusurlarına sahip memelerin seçilerek elimine edilmesi, üretim sürecinin bir parçası olarak değerlendirildiğinde imalat kalitesini arttırabilir. Meme orifislerini kalitatif yönden karşılaştırarak kusurlu olanların tespitinde eliptik Fourier algoritması kullanılabilir. Nitekim Sayıncı ve Yıldırım (2015) araştırmalarında paslanmaz çelikten üretilen konik hüzmeli meme plakalarının orifis konturunda üretimden kaynaklanan şekil farklılıkları eliptik Fourier tanımlayıcıyla tespit edilmiş ve üretim kusuru olan memelerin hassas bir şekilde tespit edilebildiği belirtilmiştir. Bu yöntem, kapalı bir konturu matematiksel olarak modellemekte ve incelenen geometriyi konturu tanımlayan katsayılarla şekilsel açıdan karşılaştırabilmektedir (Kuhl and Giardina, 1982). Geometrik morfometri metodunun farklı bir uygulaması olan eliptik Fourier analizinde, şeklin konturu üzerinden yan yana dizili noktalardan oluşan bir eğri geçmektedir. Her bir noktanın x ve y koordinat değerleri matematiksel fonksiyonlara dönüştürülerek fonksiyon katsayıları elde edilmekte ve şekil değişkeni olarak kapalı durumdaki eğriler için karşılaştırma yapılmaktadır (Özkan-Koca, 2012).

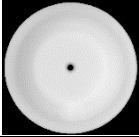
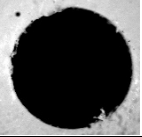

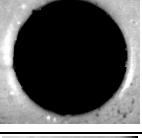
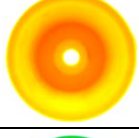
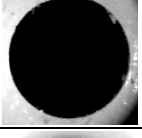
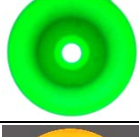
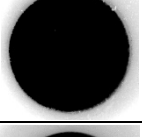

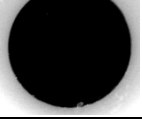
Bu çalışmanın amacı, eliptik Fourier analizden elde edilen tanımlayıcıları kullanarak konik hüzmeli tip poliasetal (POM) meme plakalarında kusurlu üretime sahip memeleri tespit etmek ve orifis deformasyonuna bağlı olarak üretim hatalarını belirlemektir.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada poliasetal (POM) malzemeden üretilmiş 5 farklı nominal orifis çapa sahip konik hüzmeli meme plakaları kullanılmıştır (Çizelge 1). Ucuz ve kolayca temin edildiklerinden dolayı tarla pülverizatörlerinde yaygın olarak kullanılan bu meme plakalarının nominal orifis çapları 1.0, 1.2, 1.6, 2.0 ve 2.4 mm olup sırasıyla beyaz, pembe, sarı, yeşil ve açık sarı rengindedir. Disk şeklinde imal edilen bu meme plakalarında nominal orifis ölçüleri, inch birim sisteminde 1/64'ün katları şeklinde gösterilmektedir (Çilingir ve

Dursun, 2010). Buna göre milimetrik çap olarak verilen meme ölçüleri D2.5, D3, D4, D5 ve D6 numaralarına karşılık gelmektedir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan meme plakaları ve örnek orifis görüntüleri

Nominal orifis çapı	Inch ölçü birimiyle anma ölçüsü	Renk	Meme plakası	Örnek orifis görüntüleri
Ø1.0 mm	D2.5	Beyaz		
Ø1.2 mm	D3	Pembe		
Ø1.6 mm	D4	Sarı		
Ø2.0 mm	D5	Yeşil		
Ø2.4 mm	D6	Açık sarı		

Tanımlayıcı Analiz

Meme plakalarının orifis yapısını tanımlayabilmek için boyut ve şekil analizi yapılmıştır. Bu amaçla stereo zoom mikroskobuna (Olympus SZ60, JP) bağlı bir dijital kamerayla (Panasonic Lumix DMC-FZ50) her bir meme orifisi için 3648x2736 piksel (genişlikxyükseklik) boyutlarında görüntüler alınmış ve *.jpeg uzantılı resim dosyası olarak kaydedilmiştir. Kaydedilen orifis görüntülerine ait örnekler Çizelge 1’de gösterilmiştir. Bir görüntü işleme (SigmaScan Pro v.5.0) programı kullanılarak her bir orifisin eşdeğer çapı, orifis alanı, orifis çevresi, en büyük ve en küçük çap ölçüleri belirlenmiştir. Her bir orifisin şekil özellikleri için şekil faktörü, dairesellik, uzanım ve yuvarlaklık parametreleri hesaplanmıştır.

Şekil faktörü (SF) için eşitlik (1) kullanılmıştır (SigmaScan®Pro, 2004). Eşitlikte geçen A_o orifis alanını (mm^2), C orifisin çevre uzunluğunu (mm) göstermektedir. Geometrik şekli tam daire olan bir konturun şekil faktörü 1’dir.

$$SF = \frac{4 \cdot \pi \cdot A_o}{\zeta^2} \quad (1)$$

Dairesellik (C) parametresi, eşitlik (2)'den hesaplanmıştır (SigmaScan® Pro, 2004). Eşitlikteki ζ orifisin çevresi (mm) ve A_o orifis alanı (mm²)'dir. Geometrik şekil, tam daire olduğunda dairesellik değeri yaklaşık $12.57 (4 \times \pi)$ 'ye eşittir.

$$C = \frac{\zeta^2}{A_o} \quad (2)$$

Eşitlik (3)'ten hesaplanan uzanım (E) parametresi uzun eksen çapının (L_b) kısa eksen çapına (L_k) oranıdır (Sayinci et al., 2015). Tam daire olan şeklin uzanım değeri 1'dir.

$$E = \frac{L_b}{L_k} \quad (3)$$

Meme orifis açıklığının yuvarlaklık (R) değeri eşitlik (4)'ten hesaplanmıştır (Mohsenin, 1986). Eşitlikte geçen A_o orifis alanı (mm²), L_b büyük eksen uzunluğu (mm)'dur. Tam daire olan geometrik bir şeklin yuvarlaklık değeri 1'e eşittir.

$$R = \frac{4 \cdot A_o}{\pi \cdot L_b^2} \quad (4)$$

Meme orifis açıklıklarının deskriptif özelliklere göre karşılaştırmak için tüm şekil parametreleri tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve önemli bulunan ortalamalar arasındaki farklar %95 önem düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testiyle belirlenmiştir. İstatistik analizler SPSS versiyon 20.0 paket programında yapılmıştır (IBM SPSS® Statistics, 2010).

Eliptik Fourier Analizi

Kapalı bir kontura sahip meme orifislerinin Eliptik Fourier analizi için SHAPE (versiyon 1.03) paket programı kullanılmıştır (Iwata and Ukai, 2002). Analizler için tüm orifis görüntüleri 24 bitlik *bmp uzantılı dosya formatına dönüştürülmüştür. Matematiksel bir esasa dayanan eliptik Fourier analizinde kapalı bir kontura sahip iki boyutlu eğrinin süturları üzerinde şeklin konturunu tanımlayan noktalar oluşturulmaktadır. Eğri üzerindeki her bir noktanın x ve y koordinat değerleri belirlenmekte ve matematiksel bir fonksiyona dönüştürülerek şekli tanımlayan fonksiyon katsayıları elde edilmektedir. Şeklin konturunu tanımlayan bu katsayılar harmonik sayısına bağlı oluşmaktadır. Dört Fourier katsayısı (a_n , b_n , c_n ve d_n) üreten her bir harmonikte a_n ve b_n katsayıları eğrinin x koordinat değerine, c_n ve d_n katsayıları ise y koordinat değerine karşılık gelmektedir (Neto et al. 2006; Özkan-Koca, 2012).

Eliptik Fourier analizi ve istatistiksel değerlendirmelerin dört alt modülle yapıldığı SHAPE (v.1.03) programında analiz prosedürleri sırasıyla "ChainCoder" modülüyle görüntü işleme, şekil kontur kodlarının oluşturulması ve kaydedilmesi, "Chc2Nef" modülüyle kontur kodlarının normalize edilerek eliptik Fourier tanımlayıcılarının elde edilmesi, "PrinComp" ile tanımlayıcıların temel bileşenler analizine tabi tutulması ve bileşen skorlarının oluşturulması ve "PrinPrint" ile orifis konturlarına ait şekil varyasyonlarının görselleştirilmesi şeklinde yürütülmüştür. Analizler 20 harmonik üzerinden yapılmıştır.

Temel Bileşenler Analizi

Normalize edilen kontur dataları temel bileşenler analizine tabi tutulmuş ve meme orifis konturları arasındaki farklılığa dayalı her bileşen skorunun toplam varyanstaki payı belirlenmiştir. İlk iki temel bileşen skorlarına göre meme orifis konturlarındaki değişim her bir orifis grubu için görselleştirilmiştir. Bu görsellerden meme orifis konturundaki üretim kusurlarının durumu (asimetrik meme orifisi, orifis açıklığında aksel kayma ve çaplanma gibi) şekilsel olarak tespit edilmiştir.

Üretim Kusuru Olan Meme Plakalarının Tespiti

Her bir orifis grubunun ilk iki temel bileşen skorları kullanılarak saçılım grafikleri oluşturulmuştur. Grafik üzerinde temel bileşen eksenlerine uzak olan meme plakaları belirlenmiş ve kusurlu üretime ait olanlar tespit edilmiştir (Şekil 1’de verilen grafiklerde kusurlu meme plakasını temsil eden sadece bir orifisin görseline yer verilmiştir).

Nominal Orifis Ölçülerine Göre Meme Plakalarının Karşılaştırılması

Tüm meme plakaları için orifis kodları bir arada yeniden normalize edilerek ortak varyansı gösteren eliptik Fourier dataları elde edilmiştir. Orifis görselinden varyansa neden olan bileşenler görselleştirilmiş ve meme grupları arasındaki farklar çok değişkenli varyans analiziyle ortaya konulmuştur. Varyans analizinin önem testinde “Wilks’in Lambda” ve “Pillai Trace” istatistikleri kullanılmıştır. Eşli karşılaştırmalar düzeltilmiş-Bonferroni önem testiyle yapılmıştır. İstatistik analizlerde PAST v.3.01 paket programı kullanılmıştır (Hammer et al., 2001).

Doğrusal Ayırma Analizi

Kanonik ayırma fonksiyon testi olarak ta bilinen bu analizde eliptik Fourier tanımlayıcılarından elde edilen temel bileşen skorlarına göre meme grupları arasında sınıflandırma yapılmakta orifis konturundaki benzerlik ya da farklılıklar ortaya konulabilmektedir. Bu farklılıklar kanonik ayırma fonksiyonları saçılım grafiğinden merkezi dağılımlar gözlemlenerek ortaya konulabilmektedir. İstatistik analizler SPSS versiyon 20.0 paket programında yapılmıştır (IBM SPSS® Statistics, 2010). Meme grupları bağımlı değişken ve her bir meme plakası için temel bileşen skorlarından elde edilen yedi bileşen, bağımsız değişken olarak atanmıştır.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çizelge 2’de verilen meme plakalarının boyut özelliklerine göre tüm meme gruplarında orifis çapının nominal ölçüden minimal düzeyde farklı olduğu görülmektedir. Orifis çaplarının büyük ve küçük çap ölçüleri arasındaki fark oldukça küçüktür. Boyutsal özellikler açısından en büyük varyasyon katsayısının çevre parametresinde olduğu dikkat çekmektedir.

Çizelge 2. Meme plakaları orifislerinin boyut özellikleri

Nominal orifis çapı (mm)	İstatistikler	Orifis çapı (mm)	Orifis alanı (mm ²)	Çevre (mm)	Küçük çap (mm)	Büyük çap (mm)
Ø1.0	¹ Ort±SS	1.03±0.02	0.84±0.03	4.90±0.39	1.03±0.02	1.05±0.02
	² Min-maks	0.99-1.06	0.76-0.88	4.25-5.61	0.99-1.07	1.01-1.09
	³ %CV	1.9	3.6	8.0	1.9	1.9
Ø1.2	Ort±SD	1.25±0.01	1.22±0.02	7.08±0.88	1.24±0.01	1.27±0.02
	Min-maks	1.23-1.27	1.18-1.27	5.65-9.11	1.22-1.27	1.24-1.30
	%CV	0.8	1.6	12.4	0.8	1.6
Ø1.6	Ort±SD	1.64±0.01	2.12±0.03	7.31±0.88	1.64±0.01	1.66±0.02
	Min-maks	1.61-1.67	2.04-2.19	6.35-9.80	1.61-1.66	1.63-1.71
	%CV	0.6	1.4	12.0	0.6	1.2
Ø2.0	Ort±SD	2.06±0.02	3.34±0.07	9.41±1.53	2.06±0.02	2.08±0.02
	Min-maks	2.02-2.10	3.20-3.47	7.80-15.60	2.02-2.10	2.04-2.11
	%CV	1.0	2.1	16.3	1.0	1.0
Ø2.4	Ort±SD	2.30±0.01	4.15±0.04	9.60±0.37	2.29±0.01	2.32±0.01
	Min-maks	2.28-2.32	4.09-4.24	8.99-10.33	2.26-2.31	2.30-2.34
	%CV	0.4	1.0	3.9	0.4	0.4

¹: ortalama±standart sapma; ²: minimum-maksimum; ³: varyasyon katsayısı [%CV = (SS/ortalama) × 100]

Meme orifislerinin Çizelge 3'te verilen tanımlayıcı şekil özellikleri genel çerçevede incelendiğinde daire geometrisine en yakın meme gruplarının 1.6, 2.0 ve 2.4 mm'lik nominal çaplı orifislerin olduğu görülmektedir. Şekil faktörü, uzanım ve yuvarlaklık parametrelerine göre 1.0 ve 1.2 mm çaplı memelerde dairesellik diğer gruplara göre daha düşük bulunmuştur. Dairesellik parametresine göre 1.2 mm çapa sahip meme plakasının diğerlerine göre önemli ölçüde farklı olduğu saptanmıştır.

Çizelge 3. Meme plakası orifis konturlarının şekil özellikleri

Nominal orifis çapı (mm)	İstatistikler	Şekil faktörü	Dairesellik	Uzanım	Yuvarlaklık
Ø1.0	¹ Ort±SS	0.45±0.08 c*	29.0±4.9 b	1.019±0.011 c	0.957±0.016 c
	² Min-maks	0.34-0.61	20.6-37.2	1.006-1.042	0.916-0.983
	³ %CV	17.8	16.9	1.1	1.7
Ø1.2	Ort±SS	0.32±0.07 d	41.5±10.0 c	1.019±0.006 c	0.967±0.009 b
	Min-maks	0.19-0.47	27.0-65.6	1.009-1.033	0.944-0.982
	%CV	21.9	24.1	0.6	0.9
Ø1.6	Ort±SS	0.52±0.10 b	25.6±6.9 ab	1.009±0.008 a	0.982±0.012 a
	Min-maks	0.27-0.65	19.3-47.2	1.002-1.038	0.932-0.994
	%CV	19.2	27.0	0.8	1.2
Ø2.0	Ort±SS	0.50±0.10 b	27.1±10.6 b	1.009±0.005 a	0.981±0.007 a
	Min-maks	0.18-0.70	18.0-72.0	1.001-1.024	0.965-0.992
	%CV	20.0	39.1	0.5	0.7
Ø2.4	Ort±SS	0.57±0.04 a	22.2±1.7 a	1.014±0.004 b	0.982±0.005 a
	Min-maks	0.49-0.64	19.7-25.6	1.005-1.023	0.972-0.991
	%CV	7.0	7.7	0.4	0.5


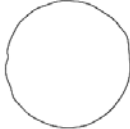
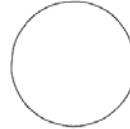

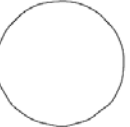
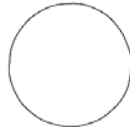

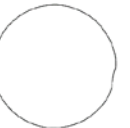
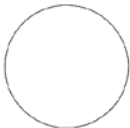
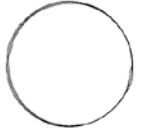
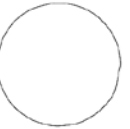
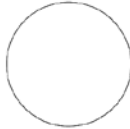

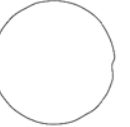
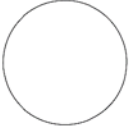
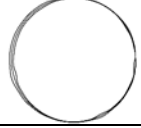
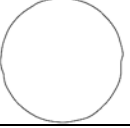
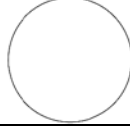

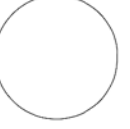
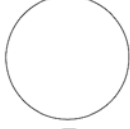

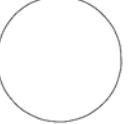
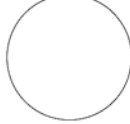
¹: ortalama±standart sapma; ²: minimum-maksimum; ³: varyasyon katsayısı [%CV = (SS/ortalama) × 100]

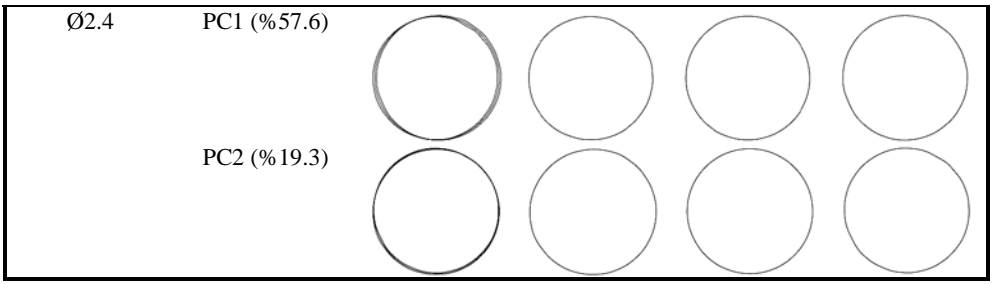
*: Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre aynı sütunda farklı harfle (a-d) gösterilen ortalamalar %95 önem seviyesinde farklıdır.

Diğer taraftan daire geometrisinin ifadesi olarak hesaplanan şekil parametreleri tek tek incelendiğinde, istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olarak değerlendirilmekte ve bu durum bulguların yorumlanmasını güçleştirmektedir. Örneğin şekil faktörüne göre en düşük

ortalamaya sahip 1.2 mm çaplı meme plakası, yuvarlaklık için benzer eğilimde değildir. Yuvarlaklık parametresine göre 1.6, 2.0 ve 2.4 mm çaplı meme orifislerinin daire şekline yakın olduğu görülürken, şekil faktörüne göre sadece 2.4 mm çaplı meme orifisinin en büyük ortalamaya sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 3).

Çizelge 4. Her bir orifis için eliptik Fourier tanımlayıcılarından elde edilen ilk iki temel bileşen skorlarına göre orifis konturlarının değişimi (Soldan sağa doğru orifis konturları: ortalama-2 SS, ortalama, ortalama+2 SS)

Nominal orifis çapı (mm)	Açıklanabilen varyansın %'si	-2 SS*	Ortalama	+2 SS
Ø1.0	PC1 (%55.4)			
	PC2 (%19.4)			
Ø1.2	PC1 (%65.9)			
	PC2 (%12.3)			
Ø1.6	PC1 (%52.7)			
	PC2 (%32.8)			
Ø2.0	PC1 (%54.4)			
	PC2 (%23.3)			



*: standart sapma

Çizelge 4'te eliptik Fourier analizinden elde edilen şekil tanımlayıcılarına göre ilk iki temel bileşen skorlarının (PC1 ve PC2) 1.0, 1.2, 1.6, 2.0 ve 2.4 mm nominal çaplı meme plakalarında toplam varyansın sırasıyla %74.8, %78.2, %85.5, %77.7 ve %76.9'unu açıkladığını göstermektedir.

Bileşen skorlarına ait görsellere göre en büyük varyasyon önce 1.0 mm, sonra 1.2 mm çaplı meme gruplarında oluşmaktadır. Çizelge 4'teki görsellere göre 1.0 mm çaplı meme orifis konturlarındaki bozukluk, orifis açıklığında aksel sapma ve çapaklanmadan dolayı oluşmuştur. İkinci olarak meme orifislerinde ayırt edilebilir kontur farklılığı 1.2 mm çaplı meme orifislerinde görülmektedir. Bu farklılık yine aksel sapma ve az da olsa orifis konturundaki çapaklanmadan ileri gelmektedir. Meme orifislerindeki ortalama şekil konturu tam daireye yakın iken, Çizelge 4'te ± 2 standart sapma (SS) sütunlarındaki görseller, orifis konturlarının şeklindeki sapma hakkında bilgi verebilmektedir.

Şekil 1'de orifis konturunu tanımlayan ilk iki bileşen skoruna göre meme plakalarının dağılımı gösterilmiştir. Orifis konturu daire geometrisine yakın olan meme plakalarının bileşen skorları (PC1 ve PC2) eksenlerinin orijininde ya da orijine yakın bir koordinatta konumlanması gerekmektedir. Meme grupları arasında 1.6 mm ve 2.4 mm nominal çaplı orifislerin orijine en yakın konumda bulunduğu görülmektedir. Bu meme gruplarını sırasıyla 1.2 mm ve 2.0 mm çaplı orifisler takip etmektedir. Temel bileşen eksenlerindeki dağılıma göre 1.0 mm çaplı meme plakalarından çok azının orijine yakın olduğu dikkat çekmektedir.

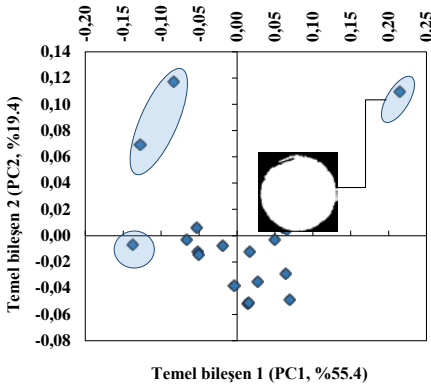
Meme orifis konturunda aksel sapma veya çapak nedeniyle oluşan şekilsel bir bozukluk meme plakasının orijinden uzaklaşmasına neden olmaktadır. Şekil 1'de orijinden uzaklaşan bazı meme plakaları görülmekte olup, bunlar daire içinde renkli olarak gösterilmiştir. Bu meme plakalarının orifis geometrisi diğerlerinden farklı olup seçilebilir ve şekilsel açıdan ayırt edici bir özellik taşımaktadır. Her bir nominal ölçü için grubun dışında kalan meme plakalarından sadece bir tanesi için örnek bir görsele yer verilmiştir. Bu gösterimler grubun dışında kalan diğer meme plakaları için de yapılabilir. Orijinden uzak olan meme plakalarına ait görseller incelendiğinde orifislerin büyük bir kısmında çapak oluşumu ya da daire süturunu oluşturan konturun bozuk olduğu gözlemlenmiştir.

Meme orifis geometrisinde oluşan bir farklılık ilaç dağılım düzgünlüğünü bozduğundan pestisit uygulama ekipmanlarında pülverizasyon kalitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bir hidrolik memede dağılım düzgünlüğü akış testleriyle belirlenmekte ve bu amaçla tek meme paternatörü kullanılmaktadır. Nitekim Dursun ve ark. (2000) araştırmalarında paslanmaz çelikten imal edilmiş konik hüzmeli meme plakalarında delik

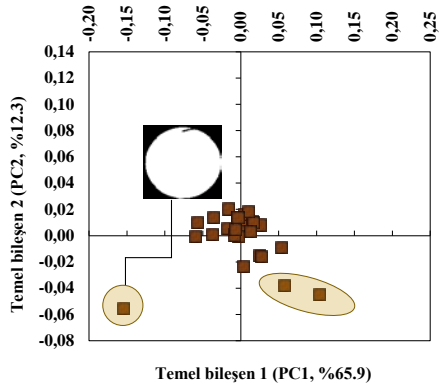
çaplarının nominal ölçüye uygunluğu araştırılmış ve meme debisi ve hacimsel dağılım düzgünlüğündeki farklılıklar ortaya konulmuştur. Hacimsel dağılım düzgünlüğü 8 bar işletme basıncında ve 50 cm sabit püskürtme yüksekliğinde paternatör kullanılarak belirlenmiştir. Paternatörde yapılan testler hassas ve güvenilir sonuçlar sağladığı gibi memenin püskürtme paterni hakkında da bilgi vermektedir. Laboratuvar ortamında paternatör kullanılarak testlerin yürütüldüğü pek çok araştırma bulunmaktadır (Bode et al., 1983; Azimi et al. 1985; Krishnan et al., 1988, 1993; Ozkan et al., 1997; Womac et al., 2001; Sidahmed et al., 2004; Bayat and Bozdogan, 2005). Meme testleriyle ilgili yürütülen bu çalışmaların tamamı gerek stabil koşullarda gerekse sürüklenme ölçümleri için yapay rüzgar ortamında gerçekleştirilmektedir. Hedef, en uygun işletme parametrelerinin belirlenmesi ya da mevcut koşullarda optimum koşulların tespiti üzerine kurgulanmıştır.

Yürütülen bu çalışma ise meme plakalarının üretimi ve kullanımı arasındaki süreçte üretim kusurlarını belirlemeye yöneliktir. Üretimden sonra ya da üretim esnasında meme plakaları standart bir yöntemle dayalı olarak kalitatif bir değerlendirmeyle orifis düzgünlüğü açısından test edilerek üretim standartlarına uygunlukları kontrol edilebilir.

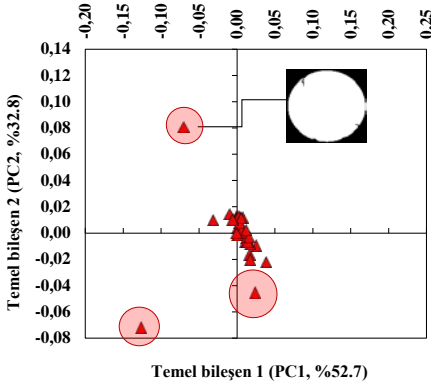
Çizelge 5'te tüm meme plakası orifis konturları için tanımlanan ortak dataların temel bileşenler analizi sonuçları gösterilmiştir. Orifis konturlarında oluşan toplam varyasyonun %92.41'inin ilk yedi bileşen tarafından açıklanabildiği görülmektedir. Birinci bileşen (PC1) tek başına toplam varyasyonun %53.86'ısını açıklayabilmektedir. Çizelge 5'te PC1 bileşeniyle açıklanan en büyük farklılık orifis konturlarında aksel sapma şeklinde kendini göstermektedir.



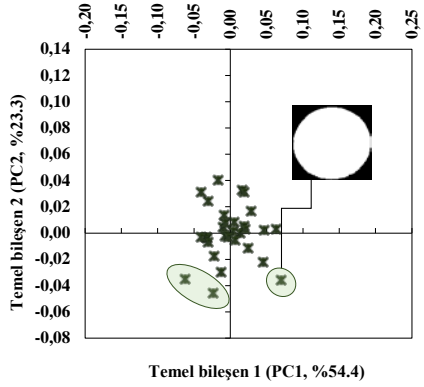
(a) Ø1.0 mm



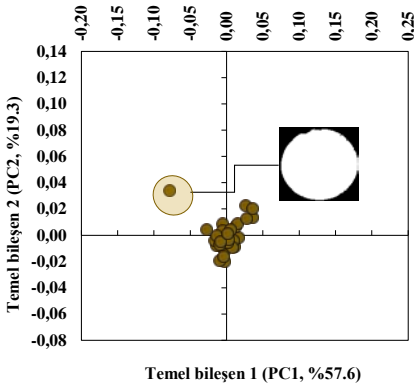
(b) Ø1.2 mm



(c) Ø1.6 mm






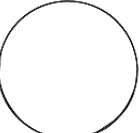
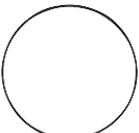
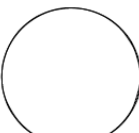
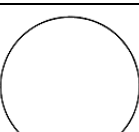
(d) Ø2.0 mm



(e) Ø2.4 mm

Şekil 1. Her bir orifis için elde edilen ilk iki temel bileşen skoruna göre meme orifislerinin dağılımı ve kendi grubundan farklı olan meme orifislerinin tespiti

Çizelge 5. Meme orifislerinin tümü için temel bileşenler analizine göre orifis konturundaki varyansı açıklayan ilk yedi temel bileşen ve özdeğer istatistikleri

Bileşenler	Özdeğerler	Varyansın açıklanabilen yüzdesi (%)	Kümülatif (%)	Orifis konturundaki varyasyonlar
PC1	1.61E-03	53.86	53.86	
PC2	5.30E-04	17.77	71.63	
PC3	3.30E-04	11.05	82.68	
PC4	1.21E-04	4.07	86.74	
PC5	6.96E-05	2.33	89.08	
PC6	5.86E-05	1.96	91.04	
PC7	4.09E-05	1.37	92.41	

Çizelge 6'da ilk yedi temel bileşen skorları kullanılarak yapılan çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) sonuçları görülmektedir. Wilks'in Lambda ve Pillai Trace istatistiklerine göre meme orifis konturları birbirlerinden çok önemli düzeyde farklı bulunmuştur. Eşli karşılaştırma testine göre 1.0 ve 1.2 mm nominal çaplı meme plakalarının orifis konturundaki farklılık açısından diğerlerinden anlamlı düzeyde farklı olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuç, özellikle imalat aşamasında küçük çaplı meme orifislerinde

yeterli düzgünlüğün sağlamadığını göstermektedir. Bulgular tanımlayıcı analiz sonuçlarıyla karşılaştırıldığında genel çerçevede uyumlu olduğu söylenebilir. Tanımlayıcı istatistiklere ait ANOVA sonuçlarına (Çizelge 3) göre küçük çaplı meme orifislerinde şekilsel farklılığın olduğu belirgin bir şekilde anlaşılmaktadır.

Çizelge 7'deki doğrusal ayırma testi sonuçları incelendiğinde dört diskriminant fonksiyonunun oluştuğu, birinci fonksiyonun toplam varyansın %53.0'unu ikinci fonksiyonun ise toplam varyansın %34.1'ini açıkladığı görülmüştür. Kanonik korelasyon katsayıları incelendiğinde gruplar arasındaki farklılığı birinci fonksiyonun %51.4, ikinci fonksiyonun ise %43.3 düzeyinde açıklayabildiği anlaşılmaktadır.

Çizelge 6. Kontur farklılıklarına bağlı olarak şekilsel açıdan meme orifisleri arasındaki benzerlik ve farklılıklar

A. MANOVA sonuçları (PAST ver. 3.01)						
Etkiler	İstatistikler	Değer	SD1	SD2	F	P (Sigma)
Nominal çaplar	Wilks Lambda	0.5496	28	462.9	2.986	9.47E-07**
	Pillai Trace	0.5340	28	524.0	2.883	1.91E-06**
B. Eşli karşılaştırma testi sonuçları. Bonferroni önem (P, sigma) testi (PAST ver. 3.01)						

Nominal orifis çapı (mm)	Ø1.0 mm	Ø1.2 mm	Ø1.6 mm	Ø2.0 mm	Ø2.4 mm
Ø1.0 mm		0.00124**	0.01997*	0.00663**	0.00822**
Ø1.2 mm	0.00124**		0.00055**	0.00072**	0.00097**
Ø1.6 mm	0.01997*	0.00055**		0.37924ns	0.54928ns
Ø2.0 mm	0.00663**	0.00072**	0.37924ns		0.86497ns
Ø2.4 mm	0.00822**	0.00097**	0.54928ns	0.86497ns	

*: p<0.05 önemli; **: p<0.01 çok önemli; ns: önemsiz

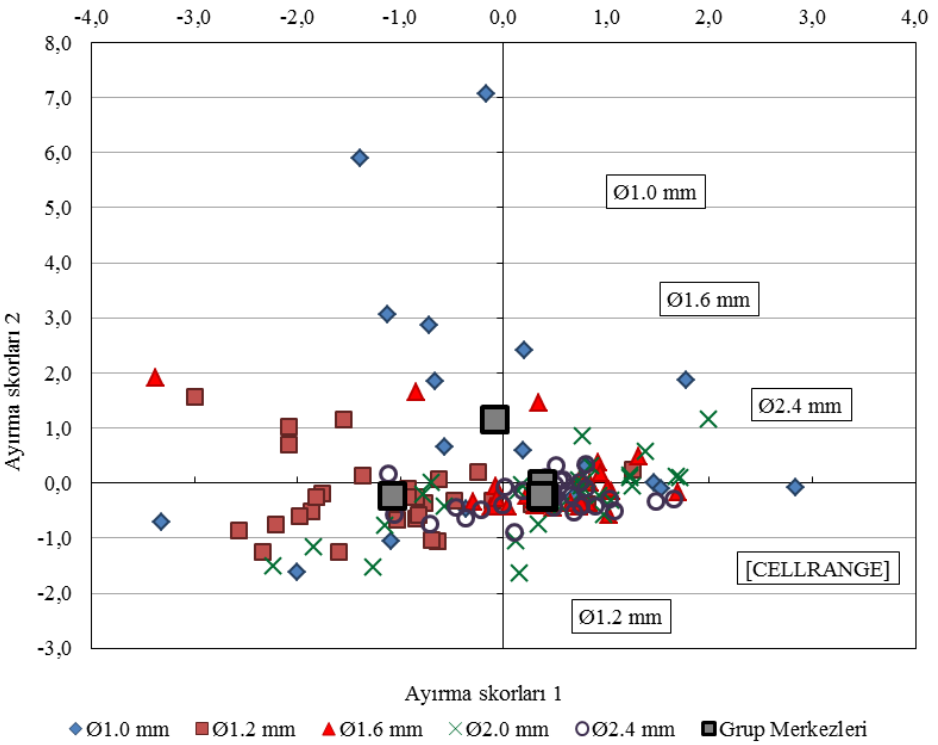
Wilks'in Lambda istatistikleri incelendiğinde birinci ve ikinci fonksiyonun meme orifis konturlarını ayırt etmedeki gücünün anlamlı olduğu, diğer fonksiyonların ise orifis konturları arasındaki farkı ayırt etmede yetersiz oldukları saptanmıştır. Meme plakalarında saptanan üretim kusurları, benzerlik açısından gruplandırıldığında doğru sınıflandırma oranı %49.6 olarak saptanmıştır. Kendi içinde en büyük sınıflandırma oranı %80.0 ile 1.2 mm nominal çaplı meme plakasında tespit edilmiştir.

Çizelge 7. Kanonik ayırma fonksiyonlarının özeti ve eliptik Fourier tanımlayıcılarından elde edilen temel bileşen skorlarının doğrusal ayırma analizine göre sınıflandırma sonuçları (kendi grubunda sınıflandırma yüzdesi %49.6)

Özdeğer istatistikleri						
Fonksiyon	Özdeğer	Varyansın %'si	Kümülatif (%)	Kanonik korelasyon		
1	0.358	53.0	53.0	0.514		
2	0.231	34.1	87.1	0.433		
3	0.062	9.2	96.4	0.242		
4	0.025	3.6	100.0	0.155		
Wilks'in Lambda istatistikleri						
Fonksiyon testi	Wilks Lambda	Ki - kare	SD	P (Sigma)		
1 - 4	0.550	79.018	28	0.000**		
2 - 4	0.746	38.604	18	0.003**		
3 - 4	0.919	11.198	10	0.342ns		
4	0.976	3.202	4	0.525ns		
Doğrusal ayırma analiziyle saptanan uyum ve farklılıklar (%)						
Nominal orifis çapları	Ø1.0 mm	Ø1.2 mm	Ø1.6 mm	Ø2.0 mm	Ø2.4 mm	Toplam
Ø1.0 mm	31.6	15.8	15.8	21.1	15.8	100.0
Ø1.2 mm	0.0	80.0	10.0	3.3	6.7	100.0
Ø1.6 mm	6.7	3.3	56.7	13.3	20.0	100.0
Ø2.0 mm	0.0	20.0	26.7	30.0	23.3	100.0
Ø2.4 mm	0.0	10.0	16.7	30.0	43.3	100.0

** : $p < 0.01$ çok önemli; ns: önemsiz

Meme grupları arasında 1.6, 2.0 ve 2.4 mm nominal çaplı meme plakalarının Şekil 2'de ayırma skorlarında gösterilen grup merkezleri çok yakın olduğundan doğru sınıflandırma yüzdeleri düşük olmaktadır. Ayırma skorlarında 1.0 ve 1.2 mm nominal çaplı meme plakaları diğer grupların merkezlerine uzak olduğundan orifis konturlarında belirgin bir farklılığın olduğuna işaret etmiştir.



Şekil 2. Kanonik ayırma analizinden elde edilen skorlara göre farklı nominal çapa sahip meme orifislerinin dağılımı ve grubu temsil eden meme plakalarının merkezi dağılımları

Sonuç

Laboratuvar koşullarında akış testlerini gerçekleştirmek için denemeye alınan meme örneklerinin hatasız olduğu kabul edilir. Ancak mikroskopik bulgular, üretimden sonra bazı meme plakalarında orifis geometrisinin kusurlu olduğunu göstermiştir. Üretim hatalarının tespiti görsel olarak yapılabilmekte, ancak hem kişisel bir yargıya dayalı olmakta hem de gözlemcinin deneyimini gerektirmektedir. Bu çalışmada matematiksel bir esasa dayalı olan eliptik Fourier tanımlayıcıları kullanılarak kapalı bir geometrinin konturu modellenmiş ve orifis geometrisi şekilsel açıdan kusurlu olan meme plakalarının yüksek bir doğrulukla tespit edilebileceği belirlenmiştir. Hassas görüntüleme teknikleriyle elde edilen meme orifis görüntüleri EFA yöntemiyle şekilsel açıdan analiz edilerek üretim kusurları görselleştirilebilmekte ve hatanın kaynağı ortaya çıkarılabilmektedir. Bu yöntem hidrolik memelerle ilgili yapılan akış testlerinden önce hatalı üretimden kaynaklanan memeleri tespit etmede kullanılabilir. Ayrıca belirli bir kullanımdan sonra meme orifis konturundaki aşınmayı hassas bir şekilde tespit etmede de yararlı olabilir.

Kaynaklar

- Azimi A.H., T.G. Carpenter and D.L. Reichard. 1985. Nozzle spray distribution for pesticide application. Transactions of the ASAE, 28(5): 1410-1414.
- Bayat, A. and N.Y. Bozdogan. 2005. An air-assisted spinning disc nozzle and its performance on spray deposition and reduction of drift potential. Crop Protection, 24: 651-960.
- Bode, L.E., B.J. Butler, S.L. Pearson and L.F. Bouse. 1983. Characteristics of the micromax rotary atomizer. Transactions of the ASAE, 24(4): 999-1004.
- Çilingir, İ. ve E. Dursun. 2010. Bitki Koruma Makinaları (2. Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1531, Ders Kitabı: 484, ISBN: 978-975-482-867-2, Ankara, 248 s.
- Dursun, E., Y. Karahan ve İ. Çilingir. 2000. Türkiye’de üretilen konik hüzmeli bazı meme plakalarında delik çapı ve düzgünlüğünün belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 6(3): 135-140.
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper and P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica, 4(1): 1-9.
- Huyghebaert, B., C. Debouche, O. Mostade. 2001. Flow rate quality of new flat fan nozzles. Transactions of the ASAE, 44(4): 769-773.
- IBM SPSS® Statistics, 2010. IBM Company® Version 19. SSS Inc.
- Iwata, H. and Y. Ukai. 2002. SHAPE: A computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors. Journal of Heredity, 93: 384-385.
- Krause C.R., D.L. Reichard, H. Zhu, R.D. Brazee, H.E. Ozkan and R.D. Fox. 2003. Evaluation of fan-pattern spray nozzle wear using scanning electron microscopy. Scanning 25: 8-11.
- Krishnan, P., T.H. Williams and L.J. Kemble. 1988. Technical Note: Spray pattern displacement measurement technique for agricultural nozzles using spray table. Transactions of the ASAE, 31(2): 386-389.
- Krishnan, P., I. Gal, L.J. Kemble and S.L. Gottfried. 1993. Effect of sprayer bounce and wind condition on spray pattern displacement of TJ60-8004 fan nozzles. Transactions of the ASAE, 36(4): 997-1000.
- Krishnan, P., T. Evans, K. Ballal, L.J. Kemble. 2004. Scanning electron microscopic studies of new and used fan nozzles for agricultural sprayers. Applied Engineering in Agriculture, 20(2): 133-137.
- Kuhl, F.P. and C.R. Giardina. 1982. Elliptic Fourier features of a closed contour. Computer, Graphics and Processing, 18: 236-258.
- Matthews, G.A. 2000. Pesticide Application Methods (Third Edition). London, New York: Longman, 432 pp.
- Mohsenin, N.N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. New York, Gordon and Breach Sci. Publication, 891 pp.
- Neto, J.C., G.E. Meyer, D.D. Jones and A.K. Samal. 2006. Plant species identification using Elliptic Fourier leaf shape analysis. Computers and Electronics in Agriculture, 50: 121-134.
- Ozkan, H.E., A. Miralles, C. Sinfort, H. Zhu and R.D. Fox. 1997. Shields to reduce spray drift. Journal of Agricultural Engineering Research, 67: 311-322.
- Özkan-Koca, A. 2012. Ortadoğu’da yayılış gösteren *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) alttürlerinin geometrik morfometri yöntemiyle analizi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı (Doktora Tezi), Ankara, 167 s.

- Sayinci, B., S. Ercişli, M. Akbulut, Y. Şavşatlı and H. Baykal. 2015. Determination of shape in fruits of cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) accessions by using elliptic Fourier analysis. Acta, Sci. Pol., Hortorum Cultus, 14(1): 63-82.
- Sayinci, B. ve Yıldırım, Y., 2015. Paslanmaz çelik konik hüzmeli meme plakalarında üretim hatalarının Eliptik Fourier tanımlayıcılarıyla tespiti. 29. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, 2-5 Eylül 2015, 296-305, Diyarbakır.
- Sidahmed, M. M., H.H. Awadalla, and M.A. Haidar. 2004. Symmetrical multi-foil shields for reducing spray drift. Biosystems Engineering, 88(3): 305-312.
- SigmaScan®Pro. 2004. SigmaScan® Pro 5.0 User's Manual. Systat Software, Inc., Point Richmond, CA 94804, 281 pp.
- Womac, A., R. Etheridge, A. Seibert, D. Hogan and S. Ray. 2001. Sprayer speed and venture-nozzle effects on broadcast application uniformity. Transactions of the ASAE, 44(6): 1437-1444.

Referans Evapotranspirasyonun Zaman, Konum, Bağlı Nem ve Rüzgâr Hızı Girdileri Kullanılarak Yapay Sinir Ağlarıyla Tahmin Edilmesi*

Necati AKSU^{1*}

¹Milli Eğitim Müdürlüğü, Araştırmacı, Yalova.

*e-posta: necatiaksu@hotmail.com.tr

Geliş Tarihi: 19.01.2016; Kabul Tarihi: 17.05.2016

Öz: Bu çalışma ile sınırlı olan su kaynaklarının planlanmasında ve yönetiminde önem arz eden referans evapotranspirasyonun (ET_0) kolay ve ekonomik olarak tahmini amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, Yapay Sinir Ağlarının (YSA) karmaşık sebep-sonuç ilişkilerini çözebilme yeteneğinden yararlanmak suretiyle, temin edilmesi çeşitli zorluklar içeren ve ayrıca yüksek maliyet ve uzun zaman gerektiren birçok meteorolojik girdi yerine, bu girdileri şekillendiren doğal veriler ve daha az meteorolojik veri kullanılarak ET_0 tahmin edilmiştir. Bu kapsamda; zaman, enlem, yükseklik ve denize mesafe gibi konum değişkenleriyle, bağlı nem ve rüzgâr hızı gibi meteorolojik değişkenler girdi olarak, FAO PM ET_0 değerleri de çıktı (hedef) olarak kullanılan farklı yapı ve özelliklerde çok sayıda ağ projesi oluşturulmuştur. Bu projeler Levenberg Marquardt (LM) algoritması ve farklı yinelemelerle eğitilerek test edilmiş ve tahmin başarısı en yüksek YSA belirlenmiştir. Belirlenen ağın Ortalama Mutlak Hatası (MAE) = 0.11 mm gün⁻¹; Ortalama Mutlak Yüzde Hatası (MAPE) = % 4.3; Belirlilik Katsayısı (R^2) = 0.99; Ortalama Göreceli Hatası (OGH) = 0.04; Kök Ortalama Kare Hatası (KOKH) = 0.15 mm gün⁻¹ ve NS katsayısı 0.99 bulunmuştur. Netice itibarıyla, güvenle kullanılabilir doğrulukta bir sonuç elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: ET_0 , referans evapotranspirasyon, YSA, konum, meteorolojik faktörler.

Estimation of Reference Evapotranspiration with Artificial Neural Networks Using Values of Time, Location, Relative Humidity and Wind Speed

Abstract: In this study, the easy and economic way of prediction of the reference evapotranspiration (ET_0), an important factor in planning and management of limited water resources, was aimed. Accordingly, Evapotranspiration (ET_0) was predicted with the helping Artificial Neural Networks (ANN) ability in solving the complex cause-and-effect relationships by using natural data and less meteorological data instead of large amount of real meteorological data that require various

* Doktora tezinden hazırlanmıştır.

difficulties, high costs, and longer durations. In this context, numerous network project in different structures and features has been generated. In these projects, location variables such as time, latitude, elevation, distance to sea and meteorological variables such as relative humidity and wind speed have been used as input data while FAO PM ET_0 has been used as output (target) value. These projects have been tested by the training with Levenberg Marquardt algorithms and different iterations, ANN with the highest prediction success was identified. On the selected network, Nash-Sutcliffe Coefficient (NS), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Relative Error (MRE), Determination Coefficient (R^2), the Mean Absolute Percentage Error (MAPE), and the Mean Absolute Error (MAE) between the ANN predictions and the FAO PM ET_0 were 0.99, 0.15 mm day⁻¹, 0.04, 0.99, 4.3%, and 0.11 mm day⁻¹, respectively. In conclusion a reliable result was obtained.

Key Words: ET_0 , reference evapotranspiration, ANN, location, meteorological factors.

Giriş

Dört temel hayat unsurundan biri olan ve sınırlı miktarda bulunan tatlı suyun verimli kullanımı önemlidir. Bu kullanımda en büyük pay tarımsal sulamaya aittir. Tarımsal sulamada ideal kullanım ise ihtiyaç duyulan miktarın bilinmesine bağlıdır.

Bu miktarın belirlenmesi, su kaynaklarının planlanması ve yönetimi gibi faaliyetlerin önemli bir unsurunu oluşturan referans evapotranspirasyonun (ET_0) tespit veya tahmin edilmesiyle mümkündür. Yapılan çalışmayla bu tahminin kolay ve ekonomik yöntemi araştırılmıştır. Bu amaçla, kolay temin edilebilen girdiler ve Yapay Sinir Ağlarından (YSA) yararlanılmıştır.

Geçmişte bu doğrultuda birçok çalışma yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu çalışmaların tümünde meteorolojik girdilerin farklı birleşimleri kullanılmıştır. Bu çalışmada ise farklı olarak daha az meteorolojik girdi ile birlikte zaman ve konum değerleri kullanılmıştır. ‘Zaman’ da aslında Dünya-Güneş ilişkisi açısından bir konum değeri ifade etmektedir. Bu anlamda girdiler; meteorolojik girdiler ve konum girdileri olarak tanımlanabilir. Aşağıda zaman ve konumun ET_0 ile ilişkisi konusunda ortaya konulan bazı görüşler aktarılmıştır.

Linacre (1999), bir bölgeye ait bazı iklim değerlerini kullanarak o yerin enlem, yükseklik ve denize uzaklığını; aynı şekilde bir bölgeye ait enlem, yükseklik ve denize uzaklık değerlerini kullanarak o yerin bazı iklim değerlerini yaklaşık olarak hesapladıktan sonra, elde ettiği sonuçlar çerçevesinde; konumdan iklimin veya iklimden konumun tahmininde iklim ve coğrafya arasındaki ampirik ilişki seviyesinin önemli olduğunu, yerel şartlar göz ardı edildiğinde bile sonuç alınabildiğini ve bu durumun ilginç olduğunu, bu tür normatif tahminlerin gerçek gözlemlerle karşılaştırılmasıyla bu ilişkilerin öneminin daha iyi değerlendirilebileceğini ifade etmiştir.

Allen ve ark. (1998)’a göre; ET_0 ’ı etkileyen faktörler sadece iklim parametreleridir. Dolayısıyla ET_0 ; belirli bir konum ve zamanda atmosferin buharlaşma gücünü ifade eden ve hava verilerinden hesaplanan bir iklim parametresidir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre; iklim elemanları oluşumlarını etkileyen faktörler ile şekillenirler. Bu faktörler; enlem etkisi, yükseklik etkisi, deniz ve kara etkisi, deniz akıntıları etkisi, yer şekilleri etkisi ve bitki örtüsü etkilerinden oluşur (MGM, 2013).

Yukarıdaki bilgiler bağlamında; mademki ET_0 zaman ve konumun bir fonksiyonudur, o halde zaman ve konum bilgisinden tahmin edilmesi mümkündür. Bunun için gerekli olan ise, oldukça karmaşık bu ilişkileri analiz edebilecek bir yöntemin kullanılmasıdır. Bu yöntem; yapay zekâ konusunun önemli alt dallarından biri olan YSA'nın tahmin amaçlı kullanımı olabilir.

Materyal ve Yöntem

Ülkemizde bulunan 143 meteoroloji istasyonuna ait uzun yıllar ortalaması aylık veriler kullanılarak FAO PM eşitliğiyle (Eşitlik 1) hesaplanan günlük ET_0 , ay bazında zaman, istasyonlara ait; enlem, yükseklik, denize uzaklık, ortalama aylık bağıl nem ve rüzgâr hızı değerleri kullanılmıştır.

YSA yazılımı olarak çeşitli paket programlardan yararlanılmıştır.

FAO PM Eşitliği:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

Eşitlikte;

ET_0 : Referans evapotranspirasyon [$mm \text{ gün}^{-1}$],

Rn : Bitki yüzeyinde net radyasyon [$MJ \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$],

G : Toprak ısı akısı yoğunluğu [$MJ \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$],

T : 2 m yükseklikteki ortalama günlük hava sıcaklığı [$^{\circ}C$],

u_2 : 2 m yükseklikteki rüzgâr hızı [$m \text{ s}^{-1}$],

e_s : Doymun buhar basıncı [kPa],

e_a : Mevcut buhar basıncı [kPa],

$e_s - e_a$: Doymun buhar basıncı açığı [kPa],

Δ : Buhar basıncı eğrisi eğimi [$kPa \text{ } ^{\circ}C^{-1}$],

γ : Psikrometrik sabit [$kPa \text{ } ^{\circ}C^{-1}$].

Eşitlik girdileri:

- Net radyasyon,
Solar radyasyon, ortalama sıcaklık, bağıl nem ve albedo ile hesaplanmaktadır.
- Toprak ısı akısı yoğunluğu,
Ortalama sıcaklık değişimiyle hesaplanmaktadır.
- Psikrometrik sabit,
Yüksekliğe bağlı olarak belirlenmektedir.
- Ortalama sıcaklık,
Doğrudan en düşük-en yüksek sıcaklık değerlerinin ortalamasıdır.
- Rüzgâr hızı,
Doğrudan rüzgâr hızı değeridir.

- Buhar basıncı açığı,
En düşük-en yüksek sıcaklıklar ve bağıl nem ile hesaplanmaktadır.
- Buhar basıncı eğrisi eğimi,
En düşük-en yüksek sıcaklıkla belirlenmektedir.

Eşitlik girdilerinin belirlenmesinde kullanılan ve ölçülerek elde edilen meteorolojik büyüklükler:

- En düşük sıcaklık,
Eşitlikte doğrudan yer alan ortalama sıcaklığı belirler. Net radyasyonu, toprak ısı akısı yoğunluğunu, buhar basıncı açığını ve buhar basıncı eğrisinin eğimini etkiler.
- En yüksek sıcaklık,
Eşitlikte doğrudan yer alan ortalama sıcaklığı belirler. Net radyasyonu, toprak ısı akısı yoğunluğunu, buhar basıncı açığını ve buhar basıncı eğrisinin eğimini etkiler.
- Bağıl nem,
Buhar basıncı açığını ve net radyasyonu etkiler.
- Rüzgâr hızı,
Eşitlikte doğrudan yer alır.
- Güneşlenme,
Solar radyasyonu, dolayısıyla eşitlikte yer alan net radyasyonu etkiler.
- Solar radyasyon.
Ölçüm değerleri mevcut olmadığında, 'zaman', 'enlem' ve 'güneşlenme' verileri kullanılarak hesaplanır. Net radyasyonu etkiler.

YSA'da kullanılan girdiler:

- Zaman,
En düşük-en yüksek sıcaklığı, güneşlenme ve solar radyasyonu etkiler. Zaman-sıcaklık ilişkisine ve dolayısıyla mevsimlere bağlı olarak bağıl nem ve rüzgâr hızı girdilerini etkiler.
- Konum;
– Enlem (en düşük-en yüksek sıcaklığı ve solar radyasyonu etkiler),
– Yükseklik (en düşük-en yüksek sıcaklığı, kısmen bağıl nemi etkiler),
– Denize mesafe (bağıl nemi ve sıcaklığı etkiler).
- Bağıl nem (Zaman ve konum bu verinin şekillenmesinde tam belirleyici olmadığından, doğrudan YSA girdisi olarak kullanılmıştır. Zaman ile bağıl nem arasında 0.95; konum girdileri ile bağıl nem arasında çoklu regresyonla 0.78 korelasyon hesaplanmıştır.),
• Rüzgâr hızı (Zaman ve konum bu verinin şekillenmesinde tam belirleyici olmadığından, doğrudan YSA girdisi olarak kullanılmıştır. Zaman ile rüzgâr hızı arasında 0.66 korelasyon hesaplanmıştır. Konumla rüzgâr hızı arasındaki ilişki çok küçük bulunmuştur).

YSA nedir? Nasıl çalışır?

Yapay Sinir Ağlarının üzerinde ittifak edilmiş tek bir tanımı yoktur. Geniş ya da dar kapsamlı birçok tanım yapılmıştır. Kapsamlı ve genel kabul gören bir tanım Haykin (1999) tarafından şu şekilde yapılmıştır:

'Bir sinir ağı; -deneysel bilgi depolama- ve -kullanıma uygun hale getirme- eğilimine sahip, paralel dağıtılmış basit işlem birimlerinden oluşan, yekpare bir işlemcidir. İki bakımdan beyne benzer:

1. Bilgi, ağ tarafından bir öğrenme süreciyle çevreden kazanılır.

2. Kazanılan bilgiler, sinaptik ağırlıklar olarak bilinen nöronlar arası bağlantı kuvvetleri kullanılarak saklanır.'

Yurtoğlu (2005)'ya göre; YSA, ağırlık atama yöntemiyle önceki örneklerin girdi değişkenleriyle hedef değişkenleri arasındaki ilişkiyi belirlerler. Diğer bir deyişle, eğitilirler. Bu ilişkiler bir kez belirlendikten yani ağ eğitildikten sonra, YSA artık yeni verilerle çalıştırılarak tahminler üretebilir. Eğitilmiş bir ağın performansı, amaçlanan sinyal ve hata kıstası ile ölçülür. Ağın çıktısı, amaçlanan çıktı ile karşılaştırılarak hata payı elde edilir. Hata payını azaltacak şekilde ağırlıkları ayarlamak için 'Geri Yayılım - (Backpropagation)' olarak adlandırılan bir algoritma kullanılır. Bu işlem defalarca tekrar edilerek ağın eğitimi tamamlanır. Bu eğitime işlemiyle, performans ölçümleri bazında en uygun çözüm elde edilmeye çalışılır.

1- Ağ Tasarımı

Verilerin hazırlanması, analiz edilmesi, bölümlenmesi ve ön işlenmesi:

'Zaman', istasyonların 'konum' bilgileri, bu istasyonlara ait uzun yıllar ortalaması 'bağlı nem' ile aylık ortalama 'rüzgâr hızı' değerleri ve FAO PM aylık ortalama günlük ET_0 değerlerinden oluşan veriler bir excel tablosu olarak hazırlanmıştır (Çizelge 1). Ağa sunulan bu veriler; istasyon yeri sütunu bilgi amaçlı, diğer sütunlar eğitim, doğrulama ve test amaçlı kullanılmak üzere toplam 8 sütun ve 1716 satırdan oluşmuştur.

Çizelge 1. YSA girdi sütunları

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Zaman (Ay)	Enlem (°)	Yükseklik (m)	Denize uz. (km)	Bağlı Nem (%)	Rüzgâr H. (km gün ⁻¹)	ET_0 (mm gün ⁻¹)	İstasyon Yeri
2	1	37.00	66	34	68	112	1.25	Adana
3	2	37.00	66	34	73	121	1.54	Adana
4	3	37.00	66	34	69	121	2.31	Adana
5	4	37.00	66	34	72	130	3.26	Adana
6	5	37.00	66	34	70	121	4.36	Adana
7	6	37.00	66	34	67	138	5.47	Adana
8	.	.	.	.	.	.	.	.
9	.	.	.	.	.	.	.	.

ET_0 hedef sütun olmak üzere, ağı; eğitim, doğrulama ve testinde kullanılacak 7 sütun, ön işlemeden önce seçilen aykırılık katsayısı ile analiz edilerek, 23 veri satırı işlem dışı bırakılmıştır.

Veri satırları % 68 eğitim, % 16 doğrulama ve % 16 test verisi olacak şekilde bölümlenmiştir. 1716 veri satırının, işlem dışı bırakılan 23'ünden arda kalan 1693'ü rastgele ve otomatik bölümlenmeye tabi tutulmuştur. Bölümlenme ile bu satırların; 1153'ü eğitim, 270'i doğrulama ve 270'i test verisi olarak ayrılmıştır.

Daha sonra bu veriler, ağa sunuma uygun duruma getirilmeleri amacıyla, bazı sütun parametreleriyle hesaplanan ölçekleme faktörleriyle ön işleme tabi tutularak, sınırları önceden belirlenen bir aralığa indirgenmişlerdir. Ön işlenen sütunların özellikleri, indirgeme için hesaplanan ölçekleme faktörleri ve ölçekleme aralığı Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. YSA girdi sütunları parametreleri

Parametreler	Sütunlar						
	Bağıl N. (%)	Rüzgâr H. (km gün ⁻¹)	Denize U. (km)	Yüksek. (m)	Enlem (°)	Zaman (ay)	ET ₀ (mm gün ⁻¹)
Sütun türü	giriş	giriş	giriş	giriş	giriş	giriş	hedef
Formatı	sayısal	sayısal	sayısal	sayısal	sayısal	sayısal	sayısal
Ölçekleme ara.	[-1..1]	[-1..1]	[-1..1]	[-1..1]	[-1..1]	[-1..1]	[0..1]
En düşük	21	9	0	2	36.1	1	0.29
En yüksek	100	389	455	2400	42	12	9.20
Ortalama	65.3	146.7	107.0	580.8	39.2	6.5	2.85
Standart sap.	13.3	64.1	111.5	584.3	1.6	3.5	1.81
Ölçekleme fak.	0.02532	0.00526	0.00440	0.00083	0.33727	0.18182	0.11223

Ağ Mimarisinin Belirlenmesi:

Kaastra ve ark. (1996)'na göre; genel olarak problemleri çözmeye tek gizli katmanlı ağlar başarılıdır, nadiren iki gizli katmana ihtiyaç duyulabilir ve daha fazla gizli katmana gerek yoktur. Bu görüş doğrultusunda ve çalışma kapsamında yapılan denemelere dayanılarak ağda tek gizli katman kullanılmıştır. Denemelerde daha fazla katmanlı ağlarla bir performans artışı sağlanamamıştır.

Gizli katmanında 1'den 30'a kadar nöron bulunan ağ projeleri LM algoritması ve 500 yinelemeyle eğitilmiştir. Bu algoritma genel olarak diğerlerine göre oldukça hızlı işlem gerçekleştirmekte ve daha iyi sonuç vermektedir (Yu ve ark., 2010).

Katmanlarda sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Başlangıç ağırlıkları; [-0.3..0.3] aralığından rastgele atanmıştır. Yapılan eğitimler sonucunda, üretilen ağlar içerisinde performansı en iyi olan yani en küçük test hatasına sahip olan ağın yapısı ağ mimarisi olarak benimsenmiştir.

2- Ağın Eğitimi

Benimsenen mimari ve seçilen diğer ağ özellikleri ile oluşturulan YSA projesi, belirlenen aralıktan rasgele atanan farklı başlangıç ağırlıklarıyla 15 kez eğitilerek sonuçlar değerlendirilmiş ve en başarılı ağ seçilmiştir. Değerlendirmede eğitim ve test istatistikleri

ile test hata dağılımı kullanılmıştır. Elde edilen ağ için hedef ve çıktının karşılaştırıldığı çizgi grafikler ve saçılım grafiği ile girdilerin sonuca etkisini tanımlayan 'girdi önemi' ve ağın girdilere tepkisini gösteren 'tepki veya yanıt' grafikleri çizilmiştir.

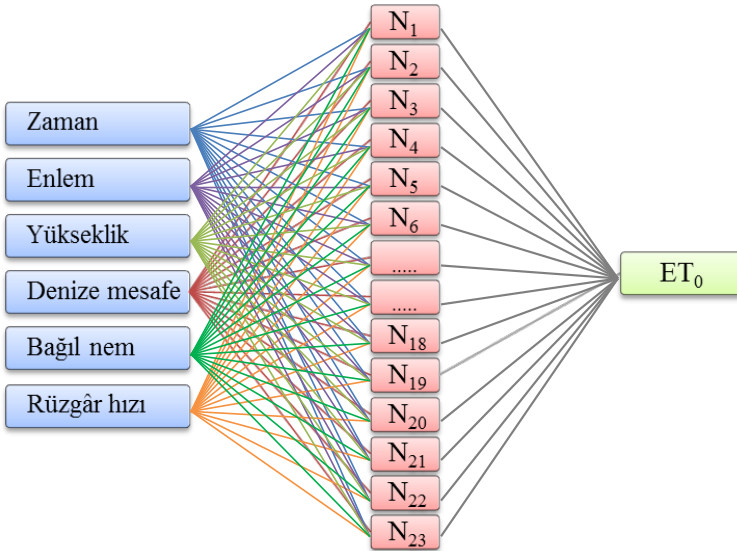
Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Uygulama:

Ağ tasarımı kapsamında hazırlanan veriler ağa sunulduktan sonra gizli katmanda olması gereken en uygun nöron (yapay sinir hücresi) sayısının belirlenmesi amacıyla 'ağ mimarisinin belirlenmesi' başlığı altında verilen özelliklerdeki ağ projesi 1'den 30'a kadar nöron sayılarıyla eğitilerek 30 adet ağ üretilmiştir. Üretilen bu 30 adet ağ içerisinde en küçük test hatası, 23 nörona sahip ağla elde edilmiştir. Tespit edilen en başarılı ağı takiben, performansı en iyi olan sonraki iki ağın nöron sayısı sırasıyla 26 ve 29 olarak bulunmuştur. Mimari belirleme çalışmalarında tüm ağlar için eğitimler, hata iyileşmesinin gerçekleşmediği yinelemelerde sonlandırılmıştır.

Ağın Eğitimi ve Testi:

Belirlenen tek katmanlı 23 nöronlu mimariyle (Şekil 1), mimari belirlemede kullanılan özelliklere sahip ağ projesi, LM eğitim algoritmasıyla 15 kez eğitilerek içerisinde performansı en yüksek YSA seçilmiştir. En küçük test hatası sağlayan ağ ağırlıklarına sahip bu YSA, ilk sıradaki eğitimle 61 yinelemeyle elde edilmiştir (Çizelge 3). Bu YSA, aynı proje üzerinde bilahare yapılacak eğitimlerle veya farklı projeler, algoritmalar ve yinelemelerle yapılacak eğitimlerle daha iyi bir performans yakalanamadığı sürece, uygulamada kullanılması gereken YSA'dır.



Şekil 1. Ağ mimarisi

Çizelge 3. Belirlenen mimari ve diğer özelliklerle eğitilen ağların özellikleri

Eğitim sırası	Yineleme sayısı	Eğitim hatası (mm)	Test hatası (mm)	Akaike kriteri (AIC)	Korelasyon	R ²	Durma nedeni
1	61	0.093840	0.107643	-0.000095	0.997751	0.995507	Hata iyileşmesi yok
2	178	0.078551	0.114806	-0.000094	0.998573	0.997148	Hata iyileşmesi yok
3	281	0.085579	0.114120	-0.000094	0.998343	0.996689	Hata iyileşmesi yok
4	79	0.095427	0.111987	-0.000096	0.997626	0.995258	Hata iyileşmesi yok
5	87	0.087783	0.111934	-0.000095	0.998207	0.996417	Hata iyileşmesi yok
6	164	0.082300	0.114264	-0.000094	0.998427	0.996856	Hata iyileşmesi yok
7	115	0.083328	0.129564	-0.000094	0.998360	0.996723	Hata iyileşmesi yok
8	143	0.082490	0.119745	-0.000094	0.998405	0.996813	Hata iyileşmesi yok
9	130	0.079426	0.116391	-0.000094	0.998554	0.997110	Hata iyileşmesi yok
10	72	0.095371	0.113743	-0.000096	0.997766	0.995537	Hata iyileşmesi yok
11	141	0.109068	0.116183	-0.000097	0.996912	0.993834	Hata iyileşmesi yok
12	21	0.104540	0.112118	-0.000097	0.997149	0.994306	Hata iyileşmesi yok
13	156	0.088606	0.112527	-0.000095	0.998039	0.996082	Hata iyileşmesi yok
14	14	0.102145	0.110925	-0.000096	0.997269	0.994545	Hata iyileşmesi yok
15	84	0.083454	0.120596	-0.000094	0.998400	0.996803	Hata iyileşmesi yok
En düşük		0.078551	0.107643	-0.000097	0.996912	0.993834	
En yüksek		0.109068	0.129564	-0.000094	0.998573	0.997148	
Ortalama		0.090127	0.115103	-0.000095	0.997985	0.995975	

Eğitim İstatistikleri

Eğitimde YSA'nın Ortalama Mutlak Hata (MAE) değeri yaklaşık 0.09 mm, Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE) değeri % 4.4, Belirlilik Katsayısı (R²) 0.996, Ortalama Göreceli Hata (OGH) değeri 0.044, Kök Ortalama Kare Hata (KOKH) değeri 0.122 mm ve Nash-Sutcliffe Katsayısı 0.995 bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. YSA eğitim istatistikleri

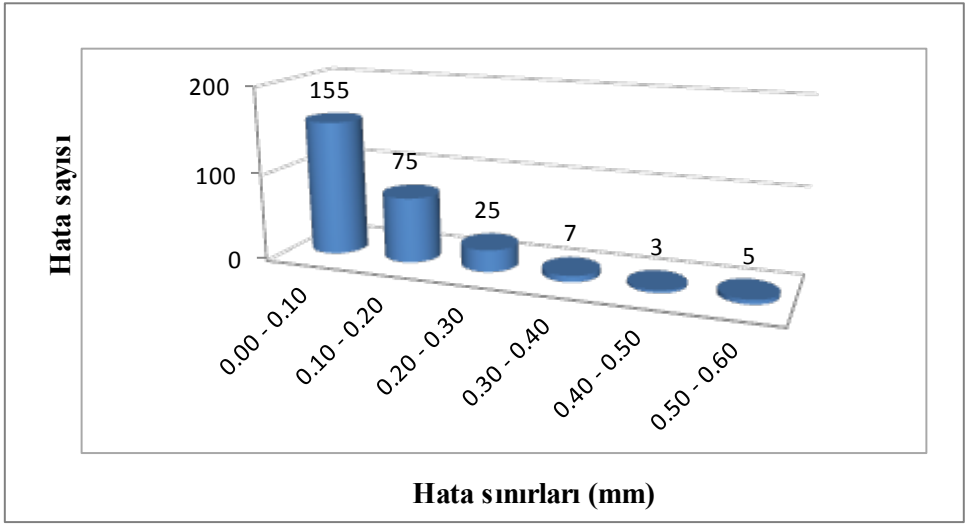
	Hedef (mm)	Çıktı (mm)	AE (mm)	APE (%)
Ortalama (M)	2.82	2.80	0.094	4.4
Std Sapma	1.81	1.81	0.078	4.8
En düşük	0.29	0.38	0.000	0.0
En yüksek	9.20	8.90	0.497	71.5
	R²	MRE	RMSE (mm)	NS
	0.996	0.044	0.122	0.995

Test İstatistikleri

270 satır test girdisiyle sorgulanan YSA'nın MAE değeri yaklaşık 0.11 mm, MAPE değeri % 4.3, Belirlilik Katsayısı (R^2) 0.997, Ortalama Göreceli Hata (OGH) değeri 0.043, Kök Ortalama Kare Hata (KOKH) değeri 0.149 mm ve Nash-Sutcliffe Katsayısı 0.994 bulunmuştur (Çizelge 5). Hataların % 57'si 0.1 mm'den; % 85'i 0.2 mm'den ve % 95'i 0.3 mm'den küçüktür. (Şekil 2).

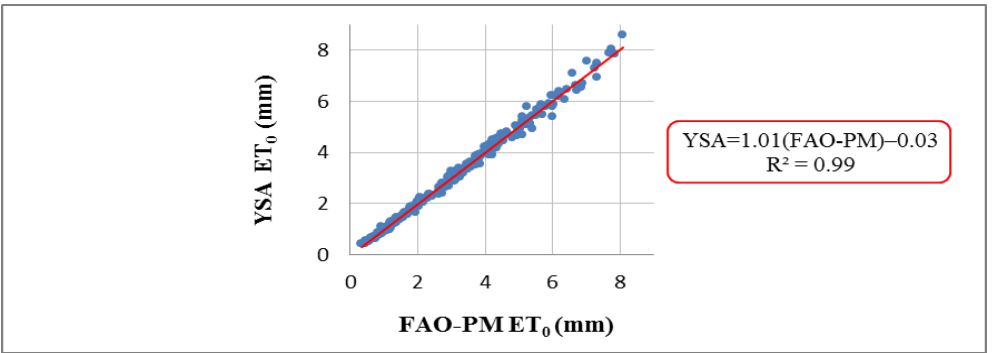
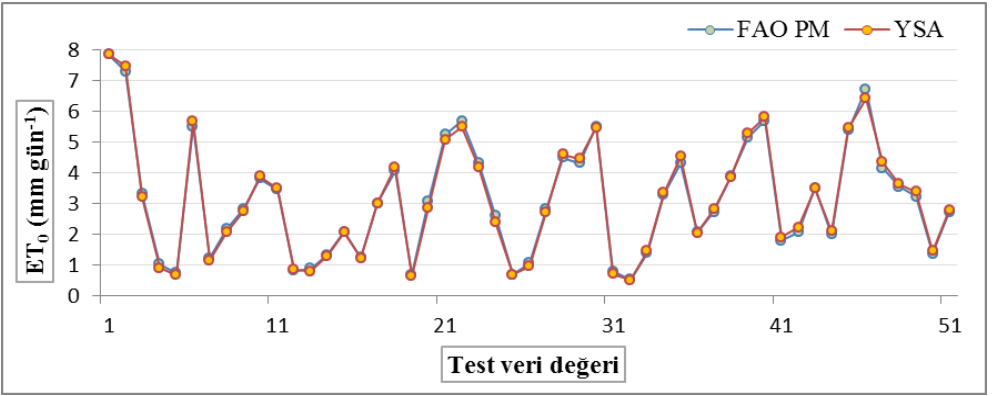
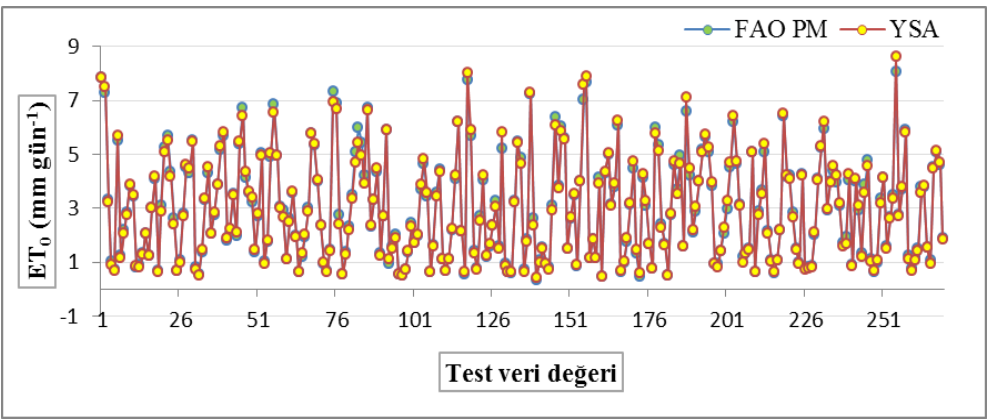
Çizelge 5. YSA test istatistikleri

	Hedef (mm)	Çıktı (mm)	AE (mm)	APE (%)
Ortalama (M)	3.02	3.01	0.108	4.3
Std Sapma	1.89	1.91	0.103	3.9
En düşük	0.33	0.43	0.000	0.0
En yüksek	8.08	8.62	0.586	31.6
	R²	MRE	RMSE (mm)	NS
	0.994	0.043	0.149	0.994



Şekil 2. YSA test hata dağılımı

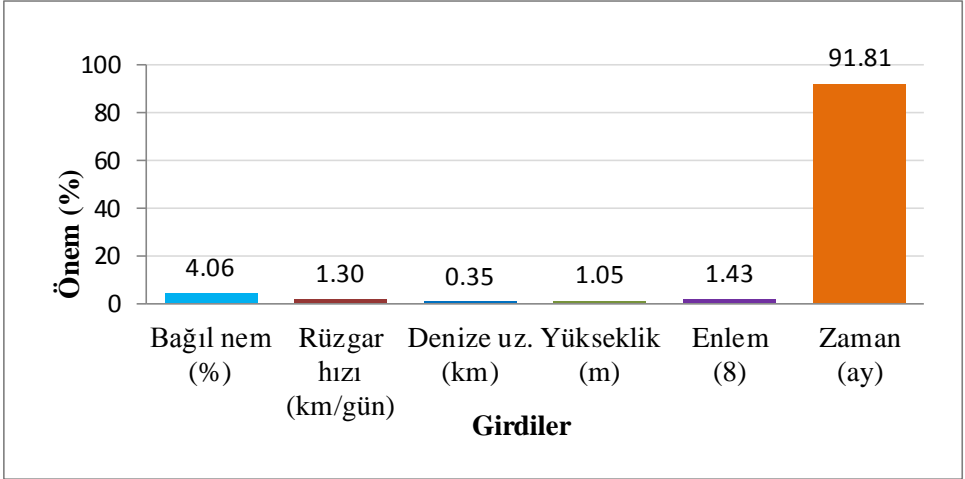
Test girdileri için, YSA'nın ET_0 tahminleri (çıkı değerleri) ile FAO PM ET_0 (hedef değerler) tahminlerinin karşılaştırıldığı grafiklerde (Şekil 3-4) sonuçların neredeyse tam olarak örtüştüğü görülmektedir. Saçılım grafiğinde ise koordinatları hedef ve çıktılardan oluşan noktaların, regresyon doğrusu etrafında kümelendiği görülmektedir (Şekil 5). Grafikler, ET_0 'ın 'zaman-konum', 'rüzgâr hızı' ve 'bağıl nem' girdileri kullanılarak YSA ile tahmin edilebilir olduğunu açıkça göstermektedir.



Girdilerin Sonuç Üzerindeki Etkileri:

Girdi Önemi

Girdi Önemi Grafiğinden, ET_0 'ın şekillenmesinde en büyük etkiye sahip girdinin yaklaşık % 92 oran ile 'zaman' olduğu görülmektedir. Bu oranı sırasıyla; 'bağlı nem', 'enlem', 'rüzgâr hızı', 'yükseklik' ve 'denize uzaklık' takip etmektedir (Şekil 6). Bu sonuç bağlamında; 'zaman' girdisinin, 'bağlı nem' ve 'rüzgâr hızı' girdilerinin sonuca ayrıca etkilerini de bu girdilerle korelasyonu oranında üstlendiği değerlendirilmektedir.



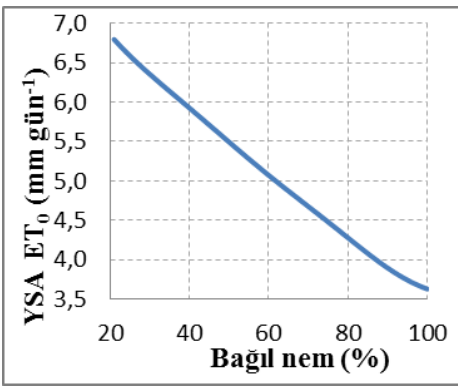
Şekil 6. YSA girdi önemi oranları

YSA'nın Girdilere Tepkisi

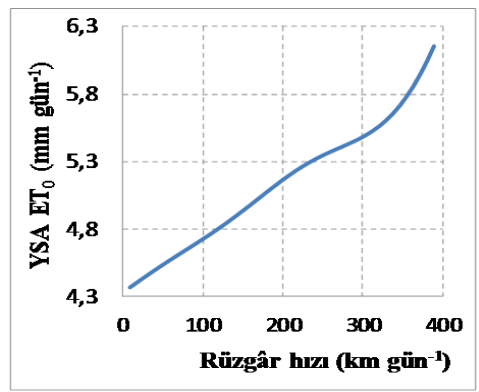
YSA'nın girdilere tepkisi veya diğer bir ifadeyle; ilgili girdinin değişimine bağlı olarak ağ çıktısının değişimi, girdilerin sonuç üzerindeki etkileri hakkında fikir vermektedir. Tepki grafikleri oluşturulurken, her satırda girdi olarak; ağ tepkisinin belirleneceği sütun dışındaki tüm sütunlar için bu sütunlara ait ortalama değerler kullanılmıştır. Ağın girdilere tepkisi (yanıt) grafiklerle görselleştirilmiştir (Şekil 7-8-9-10-11-12).

Zaman ve konum tepki grafiklerinin seyrini genel olarak sıcaklık seviyesini belirleyen şartların şekillendirdiği görülmektedir.

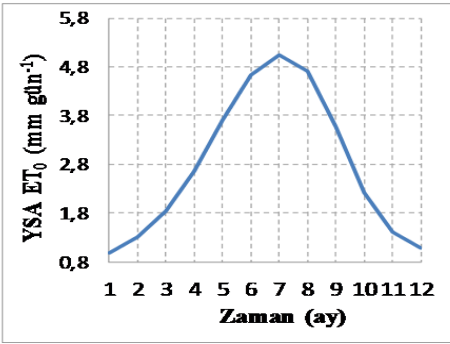
Enlem tepki grafiğinde kuzeye doğru gidildikçe sıcaklık azalmasına bağlı olarak ET_0 azalmakta ancak 41. Enlemden itibaren artmaya başlamaktadır. Hâlbuki bu enlemden Karadeniz'in nem etkisiyle ET_0 'ın daha da azalması beklenmelidir. Bu durum, enlem etkisiyle sıcaklığın düşmesi ve deniz etkisiyle nemin yükselmesinin ET_0 'ı azaltıcı etkisinin, deniz ve yükseklik etkisiyle kıyı bölgesinde sıcaklığın yükselmesinin ET_0 'ı artırıcı etkisinden daha az olmasına bağlanabilir.



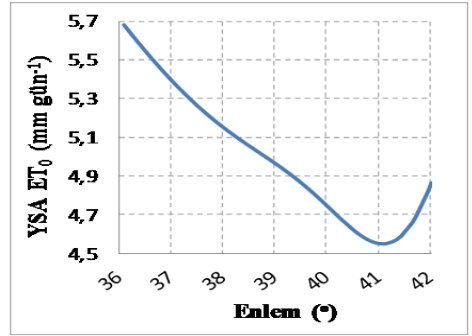
Şekil 7. YSA'nın 'bağıl nem'e tepkisi



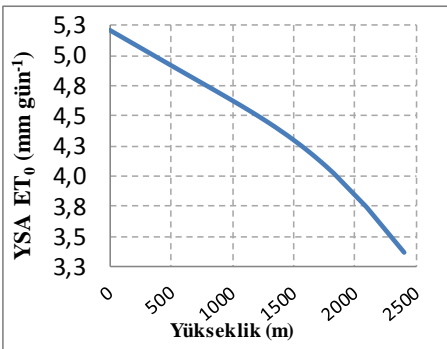
Şekil 8. YSA'nın 'rüzgâr hızı'na tepkisi



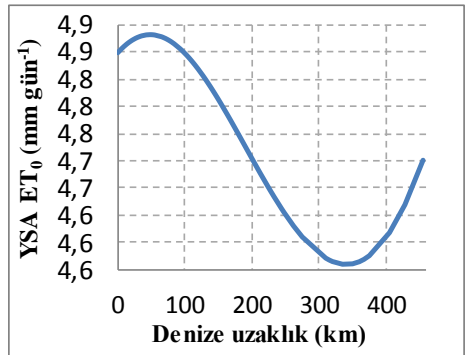
Şekil 9. YSA'nın 'zaman' a tepkisi



Şekil 10. YSA'nın 'enlem' e tepkisi



Şekil 11. YSA'nın 'yükseklik'e tepkisi



Şekil 12. YSA'nın 'denize uzaklık'a tepkisi

Denize uzaklık tepki grafiğinde küçük miktarlarda da olsa ET_0 denizden itibaren azalma yönünde seyrederken, 350 km'den sonra artışa yönelmektedir. Sadece nem durumu (deniz etkisi) dikkate alındığında, kıydan uzaklaştıkça ET_0 artmalıdır. Sadece sıcaklık (deniz ve yükseklik etkisi) dikkate alındığında ise azalmalıdır. Dolayısıyla grafiğin seyri kıydan itibaren azalma doğrultusunda olduğuna göre, sıcaklık etkisinin daha baskın olduğu, diğer bir ifadeyle; nemin düşmesinin ET_0 üzerindeki etkisinin, sıcaklık yükselmesinin etkisinden daha az olduğu söylenebilir. 350 km'den sonra ET_0 'ın artışa yönelmesi ise deniz etkisi sınırına ulaşılmış olunmasına bağlanabilir.

Sonuç

Zaman (ay), konum (enlem, yükseklik, denize uzaklık), aylık ortalama bağıl nem ve rüzgâr hızı girdileriyle eğitilen YSA'nın, eğitiminde ve doğrulanmasında (anlık testinde) hiçbir şekilde kullanılmamış olan farklı verilerle sorgulanmasıyla, hedef değerlerle (FAO PM, ET_0) tahmin değerleri (YSA, ET_0) arasında test istatistiklerinde de verildiği üzere; $R^2=0.99$, NS= 0.99, MRE= 0.04, RMSE= 0.15 mm gün⁻¹, MAE= 0.11 mm gün⁻¹ ve MAPE= % 4.3 bulunmuştur.

Elde edilen sonuç; 'zaman-konum', değerleri ve daha az meteorolojik veri kullanılarak, ET_0 'ın YSA'yla kabul edilebilir hata oranıyla tahmin edilebileceğini ortaya koymaktadır. Farklı girdi kombinasyonları, farklı ağ yapısı ve özellikleri ile çalışılarak daha başarılı sonuçlara ulaşılması da her zaman mümkündür.

Kaynaklar

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration, guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage paper No. 56, FAO, 300p.
- Haykin, S. 1999. Neural Networks: A Comprehensive Fundation. (2nd ed.), Pearson Education, Inc. Pearson Prentice Hall, ISBN 81-7808-300-0, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada.
- Kaastra, I. and I. Boyd. 1996. Designing a neural network for forecasting financial and econometric time series. Neurocomputing, 10: 215-236.
- Linacre, E. 1999. Geography and Climate, http://www-das.uwyo.edu/~geerts/cwx/notes/chap16/geo_clim.html (10.04.2015).
- MGM, 2013. İklimi meydana getiren elemanlar, iklim. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 1998-2013, <http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim.aspx?k=B> (12.04.2015)
- Yu, H. And B.M. Wilamowski. 2010. Levenberg-Marquardt Training. Auburn University. http://www.eng.auburn.edu/~wilambm/pap/2011/K10149_C012.pdf (01.01.2016).
- Yurtoğlu, H. 2005. Yapay Sınır Ağları Metodolojisi ile Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği, DPT – Uzmanlık Tezleri, Yayın No: Dpt: 2683

Nohut Mayalı Ekmek Üretimi ve Hakim Mikroflora

Zerrin ERGİNKAYA¹, Emel ÜNAL TURHAN^{2*}, Emir Ayşe ÖZER³

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana.

²Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Gıda Teknolojisi Bölümü, Osmaniye.

³Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Hatay.
*e-posta: emelunalturhan@gmail.com

Geliş Tarihi: 24.09.2015; Kabul Tarihi: 22.12.2015

Öz: Bu çalışmada nohut mayalı ekmeğin üretimi ve fermantasyonda ortama hakim olan mikrofloranın belirlenmesi amaçlanmıştır. Nohut mayalı ekmeğin üretimi için öncelikle Meksika çeşidi nohut kullanılarak fermente nohut mayası üretimi gerçekleştirilmiş ve ardından bu maya ile nohut mayalı hamur elde edilmiştir. Nohut mayasında ve hamurunda mikrobiyolojik analizler ve pH tayini yapılmıştır. Nohut mayasında ve hamurunda hakim mikroflora; laktik asit bakterisi, maya, aerob spor yapan bakteri ve anaerob spor yapan bakteri olarak belirlenmiştir. Ortama hakim mikrofloranın metabolik aktivitesi ile pH değerinde düşüş gözlemlenmiştir. Sonuç olarak nohut mayalı ekmeğin üretiminde sadece maya ve laktik asit bakterilerinin rol oynamadığı yanı sıra aerob spor ve anaerob spor yapan *Bacillus* ve *Clostridium* türlerinin bulunma ihtimalinin de olduğu desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nohut mayası, nohut mayalı ekmeğin, tatlı maya ve nohut.

The Production of Bread with Chickpea Ferment and Dominant Microflora

Abstract: In this study it was aimed production of bread with chickpea ferment and determination of dominant microflora during fermentation. For the production of bread with chickpea ferment, production of fermented chickpea medium was first occurred by using type of Mexico chickpea and then dough with chickpea ferment were made. Microbiological analysis and pH in chickpea ferment medium and dough were determined. Dominant microflora in chickpea ferment medium and dough was found as lactic acid bacteria, yeast, aerobic spore bacteria and anaerobic spore bacteria. A drop in pH was observed due to metabolic activity of dominant microflora. As a result, in production of bread with chickpea ferment, not only lactic acid bacteria and yeast played an important role but also probability of presence of *Bacillus* and *Clostridium* species from spore forming bacteria was supported.

Key Words: Chickpea ferment, bread with chickpea ferment, sweet yeast and chickpea.

Giriş

Türkiye’de tüketilen geleneksel ekmek çeşitlerinden olan nohut ekmeği nohudun suda fermente edilmesiyle elde edilen nohut mayasından yapılmaktadır. Nohut mayalı ekmek ülkemizde yaygın olarak Ege bölgesi, Trakya bölgesi ve kısmen de iç Anadolu ve Akdeniz bölgesinin bazı kesimlerinde üretilmektedir. Ayrıca Batı Makedonya ve Kuzey Yunanistan’da da bilinmekte ve geleneksel olarak üretilmektedir (Özer ve ark., 2010, Tuncel ve ark., 2010). Tatlı maya olarak bilinen nohut mayasından yapılan ekmek ve simitler günümüze kadar gelmiş olan ve çok eski zamanlardan beri bilinen geleneksel ürünlerimizdendir. Nitekim Evliya Çelebi’nin Seyahatnamesinde nohut mayalı simit, Arnavutluk civarında üretimi yapılan eşsiz bir lezzet olarak ifade edilerek üzerinde durulmuş ve bu kültür mirasının korunması gerektiğini bir kez daha ortaya koymuştur (Dikkaya, 2011).

Nohut mayası; tuz, kaynamış su ve nohut’un 37-40 °C’de 16-18 saat fermantasyona tabi tutulması ve elde edilen karışımın filtrasyonu ile elde edilen bir süzüntüdür. Tatlı nohut mayası hamuru ise fermente olmuş süzüntünün, buğday unu ve tuz ile karıştırılıp başlangıçtaki hacme ulaşması ile elde edilen mayalı hamur olarak tanımlanmaktadır. Bu karışımdan elde edilen ekmek nohut ekmeği veya tatlı mayalı ekmek olarak adlandırılmaktadır. Tatlı maya olarak bilinen nohut mayası çok hassas bir mayadır ve tutturulması biraz güçtür. Sadece nohut kırıkları, un, tuz ve suyla hazırlandığından mayanın tutması biraz uzun sürmektedir (Ozer ve ark., 2010; Hatzikamari ve ark., 2007a).

Nohut lif, karbonhidrat, elzem aminoasitlerden lizin-lösin, vitaminler ve mineral maddeler (Fe, Mo, Mn) bakımından zengin bir besin maddesidir ve ekmeğe ilave edilmesi ile birlikte ekmeğin besleyici değeri yükselmektedir. Nohut proteinlerinin ayrıca emülsifiye edici olma ve kabarmayı destekleme gibi fonksiyonel özellikleri de bulunmakta ve ekmek yapımında bu özelliklerinden yararlanılmaktadır (Aguilar ve ark., 2015; Angula-Bejarano ve ark., 2008, Gomez ve ark., 2008). Ekmek üretiminde nohut kullanımının bir diğer avantajı ise nohudun hamurun reolojik özelliklerini geliştirmesidir (Mohammed ve ark., 2012). Buğday ununa eklenen fermente nohut, besin kalitesini arttırmanın yanı sıra ürünün raf ömrünü de uzatmaktadır (Singh, 1985; Shekib ve ark., 1994; Hatzikamari ve ark., 2007b). Nohudun ayrıca kalp, kanser ve diyabet gibi hastalıkları önlemede yararlı etkilerinden dolayı sağlık üzerinde oldukça önemli faydasının olduğu bilinmektedir. Sağlık üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı dünya sağlık örgütü (WHO) nohut gibi biyoaktif bileşiklerce zengin olan baklagillerin diyetlerde kullanılması gerektiğinin üzerinde durmakta ve nohudun ekmekte katkı olarak kullanılması ile besleyici değerinin geliştirilmesi önerilmektedir (Rizzello ve ark., 2014; Ma ve ark. 2011)

Fermente edilmiş nohudun una eklenmesiyle ürünlerin besin değeri ve raf ömrü artmaktadır. Nohut fermantasyonunda diğer ekşi hamur ekmeklerinden farklı olarak *Bacillus* ve *Clostridium* türlerinin aktivite gösterdiği bildirilmektedir (Zamaro ve ark., 1979b, Hatzikamari ve ark., 2007a). Bunu yanı sıra nohut fermantasyonunda diğer ekmeklerde olduğu gibi laktik asit bakterilerinin ve mayalarında rol oynadığı bilinmektedir (Sıkılı 2003; Cebi 2009; Zamaro ve ark., 1979a, Sıkılı ve ark., 1999). Nohut mayalı ekmek, geleneksel bir tat olmasına karşın gerek fermantasyon koşulları ve gerekse mayasının üretimindeki zorluklar nedeniyle endüstriyel boyutlarda yapılamamakta ve unutulmaya başlanmaktadır. Ürünün endüstriyel boyutta üretiminin mümkün olması ve standart hızlı bir üretimin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle üretim aşamalarının ve daha sonra ortama

hakim mikrofloranın iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada nohut mayalı ekmeğin üretimi ve ortama hakim mikrofloranın belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın devamında ortama hakim mikrofloranın tür bazında tanımlanması önerilmekte ve bu türlerin nohut mayalı ekmeğin üretimi için starter olarak endüstriyel düzeyde kazandırılması düşünülmektedir.

Materyal ve Yöntem

Nohut Çeşidi

Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Mikrobiyoloji Laboratuvarı'nda yürütülen bu çalışmada, nohut mayalı ekmeğin üretiminde kullanılmak üzere Antep tüylü, yerli beyaz, Konya Koçbaşı, Meksika ve Antep Koçbaşı çeşidi nohutlar temin edilmiştir. Ön denemeler sonucu fermente nohut sıvısında en iyi kabarmayı sağlayan Meksika çeşidi nohut kullanılarak ekmeğin yapımı gerçekleştirilmiştir.

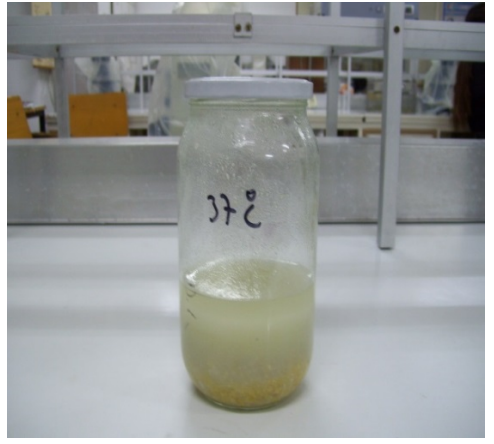
Nohut Mayalı Ekmeğin Üretimi Aşamaları

Nohut mayalı ekmeğin üretimi; Özer ve ark., (2010) ile Hatzikamari ve ark. (2007a) tarafından belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır. Buna göre; 75 g nohut, bir bezin içine koyulup, bezin üstünden demir bir havanın sapıyla vurularak kırılmıştır (Şekil 1). Kırık nohutlar, daha önce 121°C'de 15 dak. steril edilmiş olan 1 L'lik kavanozlara koyulmuştur. Nohutların üzerine 400 ml su, %0.05 oranında tuz ve 6.5 g un ilave edilerek karıştırılmış ve kavanozun kapağı sıkıca kapatılarak 37°C'de 18 saat inkübasyona bırakılmıştır (Şekil 2). 5 farklı çeşitteki nohutlardan elde edilen sıvı karışım 18 saat 37°C'de etüvde bekletildikten sonra kavanozlardaki sıvıların mayalanma sonucu kabarmış olduğu ve köpük oluşturduğu görülmüştür (Şekil 3). Fermente sıvı yani nohut mayası, hamur üretiminde kullanılmak üzere kapağı açıldığında çok kötü bir koku yayılmıştır ve bu kokunun özellikle fermentasyonda rol alan anaerob *Clostridium* türlerinden kaynaklandığı bilinmekte ve kötü koku olumsuz bir kalite kriteri olarak görülmemektedir. Nitekim nohut mayasındaki bu koku ekmeğin pişirilmesi ile birlikte yerini kendine özgü aromatik güzel bir kokuya bırakmıştır.

Denemede en iyi kabarmayı sağlayan Meksika çeşidi nohuttan elde edilen nohut mayası yeterli miktarda unla (yaklaşık 1/3 oranında olacak şekilde) karıştırılarak hamur haline getirilmiş ve 2 saat 37°C'de inkübasyona bırakılarak daha çok kabarması sağlanmıştır (Şekil 4). İnkübasyondan sonra elde edilen hamurdan yuvarlak parçalar alınıp istenilen şekiller verilerek unlanmış tezgâh üzerine koyulmuş ve üzeri ıslak bir bez ile örtülerek 10 dakika dinlenmeye bırakılmıştır. Dinlenme aşamasından sonra hamurlar fırına yerleştirilerek 10 dak. 220°C'de ve 30 dak. 200°C'de pişirilmiştir. Böylece ekşi mayalı ekmeklere nazaran kokusu ve lezzeti farklı, daha yoğun dokulu bir ekmeğin elde edilmesi sağlanmıştır (Şekil 5).



Şekil 1. Kırılmış nohutlar



Şekil 2. Fermantasyon öncesi nohut sıvısı



Şekil 3. Nohut fermantasyonu ile elde edilmiş nohut mayası



Şekil 4. Nohut mayasından yapılan hamur



Şekil 5. Nohut mayalı ekmek

Nohut Mayası ve Hamurunda Yapılan Mikrobiyolojik Analizler

Mikrobiyolojik analizler için hem nohut mayasından hem de nohut mayasından elde edilen nohut mayalı hamurlardan yani her ikisinden de örnekler alınmıştır. Nohut mayasında ve nohut mayasından elde edilen hamurlarda fermantasyonda rol alan hakim mikroflora (laktik asit bakterisi sayımı, maya sayımı, aerob spor yapan bakteri sayımı ve

anaerob spor yapan bakteri sayımı) ve hijyen açısından önemli olduğu düşünülen mikroorganizma (küf sayımı, toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı, koliform bakterileri sayımı) sayımları aşağıda açıklanan yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir.

Laktik Asit Bakterisi Sayısı

Laktik asit bakterilerinin belirlenmesi amacıyla 10 g nohut mayası veya hamur örneği steril edilmiş 90 mL tuzlu su (% 0.85'lik) kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekten 1 mL alınmış ve % 0.85'lik tuzlu su kullanılarak seyreltilmiştir. Daha sonra 0.1 mL seyreltilmiş örnekler, de Man, Rogosa ve Sharpe Agar (MRS agar) üzerine yayma ekim yöntemi ile yayılmış ve petri kutuları anaerobik kavanozlara koyularak 30°C'de 48 saat inkübe edilmiştir (Halkman, 2005).

Maya ve Küf Sayısı

Maya ve Küf sayısının belirlenmesi için 10 g nohut mayası veya hamur örneği steril edilmiş 90 mL tuzlu su (% 0.85'lik) kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekten 1 mL alınmış ve % 0.85'lik tuzlu su kullanılarak seyreltilmiştir. Daha sonra 0.1 mL seyreltilmiş örnekler, Potato Dextrose Agar (PDA) üzerine yayma ekim yöntemi ile yayılmış ve petri kutuları 25°C'de 4-5 gün inkübe edilmiştir (Halkman, 2005).

Aerob Spor Bakteri Sayısı (*Bacillus* spp.)

Aerob spor sayısını belirlemek amacıyla laboratuvar koşullarımızda temin edebildiğimiz malzemeleri içermesinden dolayı Hatzikamari ve ark. (2007b) ve Halkman, (2005)'de belirtilen yöntemler kullanılmıştır, ancak literatürde bununla ilgili daha farklı yöntemlerde kullanılabilir. Literatürde bu yöntem (Hatzikamari ve ark. 2007b, Halkman, 2005) ile bulunan aerob sporların ağırlıklı olarak *Bacillus* spp. olduğu bildirilmiştir. Aerop spor sayımı için 10 g nohut mayası veya hamur örneği steril edilmiş 90 mL tuzlu su (% 0.85'lik) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekten 1 mL alınmış ve % 0.85'lik tuzlu su kullanılarak seyreltilmiştir. Daha sonra 0.1 mL seyreltilmiş örnekler 80°C'de 10 dak. su banyosunda ısıtılmış ve daha sonra su banyosundan çıkarılan örnekler 37°C'ye soğutularak Nutrient agar üzerine yayma ekim yöntemi ile yayılmış ve 37°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmış ve gelişen kolonilerin petri üzerinde sayımları yapılmıştır (Halkman, 2005).

Anaerob Spor Bakteri Sayısı (*Clostridium* spp.)

Anaerob spor sayısını belirlemek amacıyla laboratuvar koşullarımızda temin edebildiğimiz malzemeleri içermesinden dolayı Hatzikamari ve ark. (2007b) ve Halkman, (2005)'de belirtilen yöntemler kullanılmıştır, ancak literatürde bununla ilgili daha farklı yöntemlerde kullanılabilir. Literatürde bu yöntem (Hatzikamari ve ark. 2007b, Halkman, 2005) ile bulunan anaerob sporların ağırlıklı olarak *Clostridium* spp. olduğu bildirilmiştir. Bu yöntemle göre, 10 g nohut mayası veya hamur örneği steril edilmiş 90 mL tuzlu su (% 0.85'lik) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekten 1 mL alınmış ve % 0.85'lik tuzlu su kullanılarak seyreltilmiştir. Daha sonra 0.1 mL seyreltilmiş örnekler 100°C'de 10 dak. su banyosunda ısıtılmış ve daha sonra su banyosundan çıkarılıp 25-

30°C'ye soğutulmuş Bryant Burkey Broth üzerine EMS yöntemi ile ekilmiş ve tüplerin içine havasız bir ortam sağlamak için 121°C'de 15. dak steril edilip eritilmiş olan katı parafin 2 cm kalınlık oluşturacak şekilde dökülmüştür. 37°C'de 7 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon esnasında besiyeri bileşiminde bulunan laktatın bütürik asite fermantasyonu ile birlikte oluşan gaz parafin tabakasını yukarı doğru iter. Böylece inkübasyondan sonra gaz oluşumunu gösteren tüp pozitif olarak değerlendirilir (Hatzikamari ve ark., 2007b ve Halkman, 2005).

Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayısının Belirlenmesi

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısını belirlemek amacıyla 10 g nohut mayası veya hamur örneği steril edilmiş 90 mL tuzlu su (% 0.85'lik) kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekten 1 mL alınmış ve % 0.85'lik tuzlu su kullanılarak seyreltilmiştir. Daha sonra 0.1 mL seyreltilmiş örnekler, Nutrient Agar (NA) üzerine yayma ekim yöntemi ile yayılmış ve petri kutuları 30°C'de 48 saat inkübe edilmiştir (Halkman, 2005).

Koliform Bakteri Sayılarının Belirlenmesi

Koliform grubu bakteri sayımı için 10 g nohut mayası veya hamur örneği steril edilmiş 90 mL tuzlu su (% 0.85'lik) kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekten 1 mL alınmış ve % 0.85'lik tuzlu su kullanılarak seyreltilmiştir. Daha sonra 0.1 mL seyreltilmiş örnekler, içlerinde durhaim tüpü bulunan Lauryl Sulfat Broth üzerine en muhtemel sayı yöntemi (EMS) ile ekilmiş ve 37°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır (Halkman, 2005).

Nohut Mayası ve Hamurda pH Tayini

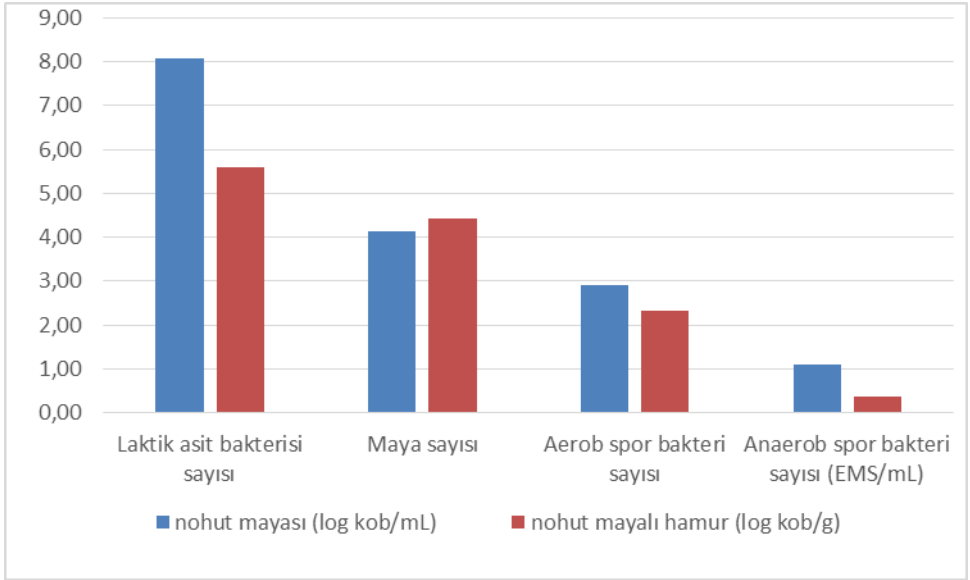
pH ölçümünde "WTW-Inolab, Germany" marka pH-metre'den yararlanılmıştır. Nohut mayası ve hamurunun pH'sı doğrudan cam elektrotlu pH-metre kullanılarak ölçülmüştür (Halkman, 2005).

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Nohut Mayası ve Hamurundaki Fermantasyonda Hakim Mikroflora Özellikleri

Nohut mayasında ve nohut mayalı hamurda fermantasyona hakim mikroflora laktik asit bakterisi, maya, aerob spor yapan bakteri ve anaerob spor yapan bakteri olarak belirlenmiş ve miktarları Şekil 6'da gösterilmiştir. Nohut mayası ve nohut mayalı hamurda laktik asit bakteri miktarının baskın olduğu bulunmuş ve bunu aerob mezofil bakteri ve mayaların takip ettiği görülmüştür. Ayrıca nohut mayasında mikrofloranın nohut mayalı hamura göre daha yoğun olduğu bulunmuştur. Literatürden alınan bilgilere göre nohut mayası ve hamurunda aerob spor yapan bakteri olarak *Bacillus* türlerinin ve anaerob spor yapan bakteri olarak ise *Clostridium* türlerinin bulunduğu bilinmektedir (Hatzikamari ve ark., 2007a,b). Bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızda bulduğumuz aerob spor sayısı çoğunlukla *Bacillus* spp. ve anaerob spor sayısı *Clostridium* spp. olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmamızda nohut mayasında 8.07 log kob/g ve hamurunda 5.6 log kob/g gibi yüksek miktarda laktik asit bakterisi sayımı yapılmış ve farklı türlerin ortama hakim olabileceğini akla getirmiştir.



Şekil 6. Nohut mayası ve hamurunda fermantasyonda rol alan mikroflora

Nitekim Sıkılı (2003); İzmir’de bulunan farklı fırınlardan aldıkları nohut mayası sıvısında ve nohut mayası hamurunda laktik asit bakterilerinden *Enterococcus mundtii*/*E.gallinarum*, *E.casseliflavus*, *Pediococcus urinae-equi*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactobacillus plantarum*/*L.pentosus*, *L.bifermentans*, *L.sanfrancisco* ve *L.viridescens* türlerini tanımlamışlardır. Zamaro ve ark. (1979a), 25°C nohut fermantasyonu ile ilgili yaptıkları çalışmada, fermente olmuş nohut sıvısında *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus leichmanii*, *L. plantarum*, *Pediococcus pentosaceus*, *P. acidilactici*, *Lactobacillus helveticus* türü bakterilerin bulunduğunu bildirmişlerdir.

Nohut mayası ve hamur örneklerimizdeki maya sayısının benzer olduğu bulunmuştur. Nohut mayası sıvısı ve nohut mayasından elde edilen hamur fermantasyonunda rol alan mayanın *Saccharomyces cerevisiae* olduğu daha önce yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Sıkılı ve ark., 1999; Zamaro ve ark., 1979a).

Önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlara (Hatzikamari et al., 2007b; Zamaro ve ark., 1979b) benzer olarak nohut mayalı ekmeğe özgü mikroorganizma gruplarından olan aerob spor yapan bakteri ve anerob spor yapan bakteri varlığı bu çalışmada da tespit edilmiş ve nohut mayalı ekmeğin üretiminde sadece maya ve laktik asit bakterilerinin rol oynamadığı yanı sıra *Bacillus* ve *Clostridium* türlerinin de ortama hakim olduğu çalışmamızdaki sonuçlarla desteklenmiştir. Daha önceki çalışmalarda nohut sıvısında tanımlanan *Bacillus* türlerinin *B.cereus*, *B. mycoides*, *B. thuringiensis* ve *B. licheniformis* olduğu bildirilmiştir (Hatzikamari ve ark., 2007a,b). Nohut sıvısında ve hamurunda anaerob spor oluşturan

başlıca *Clostridium* türlerinin ise, *C. sardiniense*, *C. perfringens*, *C. Beijerinckii* olduğu bildirilmiştir (Hatzikamari ve ark., 2007a,b). Ancak yine bu önceki çalışmalarda bu mikroorganizmaların toksin üretip üretmedikleri ve bu bakımdan sağlık yönünden tehlike oluşturup oluşturmadıklarının da tespit edilmesi gerektiği bildirilmiştir (Hatzikamari et al. 2007a,b).

Hatzikamari ve ark.(2007b), yaptıkları çalışmada nohut suyu ekstraktının fermente edilmesiyle ortama ilk olarak *Bacillus* daha sonra *Clostridium* türlerinin hakim olduğunu ve bu mikroorganizmaların nohuttan suya geçen bileşenleri parçalayarak gaz oluşturdıklarını saptamışlardır. Fermente olan sıvıdaki enzim aktivitesinin fermentasyon ileri aşamalarında azaldığını, hamurdaki kabarmayı da geride kalan enzimlerin aktivitesi ve ortamdaki *Bacillus/Clostridium* miktarının azalmasıyla hücre parçalanması sonucu ortaya çıkan enzimlerden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Öte yandan fermentasyon sırasında baskın olarak gelişen *B. cereus* ve *C. perfringens*'in toksin üretmediği ve özellikle pişmiş ekmeğin tüketiminden sonra herhangi bir sağlık riski oluşturmadığı belirtilmiştir.

Zamaro ve ark. (1979b), 25°C'de nohut fermentasyonu sırasındaki mikrobiyolojik ve toksikolojik gelişimi incelemişlerdir. Çalışma sonucunda ortamda *B. cereus*, *S. aureus* ve laktik asit bakterilerinin ortama hakim olduğunu saptamışlar ve tavuk embriyolarına *in vivo* olarak uygulanan test ile de toksik etkilerinin olmadığını bildirmişlerdir.

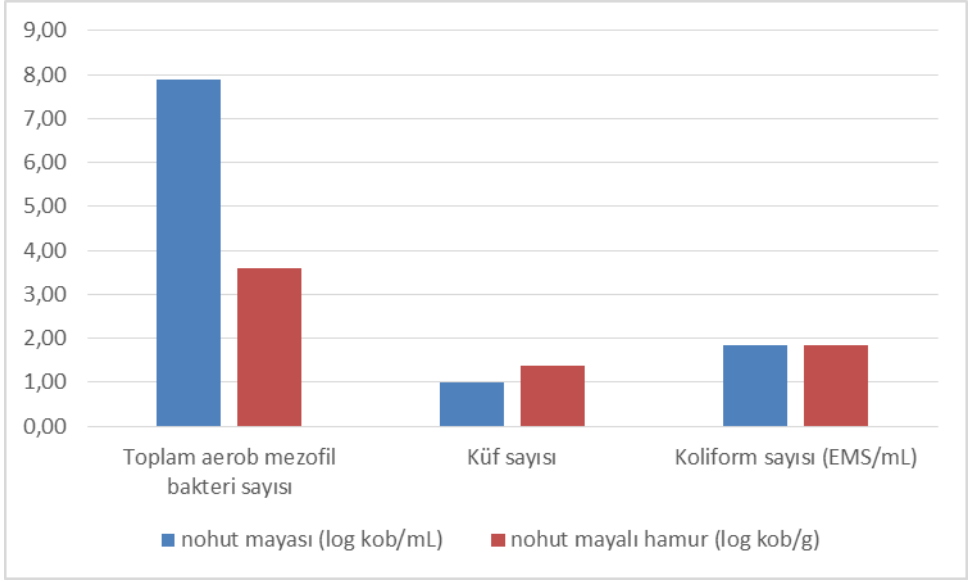
Katsabokakis ve ark. (1996), farklı sıcaklıklarda (32°C, 37°C ve 42°C) nohut fermentasyonunun ortamdaki mikroorganizma yükü üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda 37°C ve 42°C'de gerçekleşen fermentasyondaki mikroorganizma yükünün daha fazla olduğu ve bu sıcaklıklarda ortamdaki gaz oluşumunun bütürik asit fermentasyonundan kaynaklandığı bildirilmiştir. Bu sıcaklıklarda fermentasyon sonucu bütürik asit ve karbondioksit gazı oluşmuştur.

Nohut Mayası ve Hamurunda Hijyen Durumu

Nohuttan elde edilen nohut mayasında (sıvı ferment) ve hamurda gerek hammaddeden kaynaklı gerekse üretim esnasında kullanılan alet, ekipman ve ortam koşullarından kaynaklı hijyenik açıdan önemli olan aerob mezofil bakteri, küf ve koliform grubu bakterilere rastlanmıştır (Şekil 7). Sonuçlardan da görüldüğü üzere aerob mezofil mikroorganizma yükünün oldukça yüksek olduğu ve onu sırasıyla koliform ve küf grubu mikroorganizmaların izlediği bulunmuştur. Örneklerimizde bulaşların görülmesi üretimin daha dikkatli ve titiz yapılması gerekliliğini ortaya koymuş, özellikle kullanılan nohudun ve unun mikrobiyolojik kalitesinin birinci derecede önemli olduğunu göstermiştir. Denememizde laboratuvar koşullarında yapılan üretimde laboratuvar koşullarının alet ekipman ve ortamın hijyen özelliklerinin iyi olmasına rağmen hijyenik açıdan istenmeyen mikrobiyal yük saptanmıştır. Bu durumun nedeninin ise üretim için temin edilen nohut ve unların mikrobiyolojik kalitelerinin iyi olmamasından kaynaklandığı düşünülmüştür. Bu sebepten nohut mayalı ekmeğin yapımında temin edilecek hammaddelerin öncelikli bir mikrobiyolojik analizlerinin yapılması ve hijyenik anlamda iyi kalitede olanların kullanılması önerilmektedir.

Şimdiye kadar ekmeğin üretimi üzerinde yapılmış olan birçok çalışmada kaliteli ekmeğin üretimi için, kaliteli hammadde (un, su vb.) kullanımı ile birlikte, üretimin her aşamasında çeşitli hijyen parametrelerinin (tezgah, ekipman, personel, hava vb.) ilgili kontrollerinin

yapılmasının önemli olduğu ifade edilmiştir. Tüm bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızda da benzer olarak yeni bir ürün tasarlarken veya geleneksel bir ürünü endüstriye sunarken hijyen parametrelerinin de dikkate alınması ile bir bütün olarak, mikrobiyolojik kalitesinin ortaya konulmasının zorunlu olduğu bildirilmiştir (Arda ve Aydın, 2011).

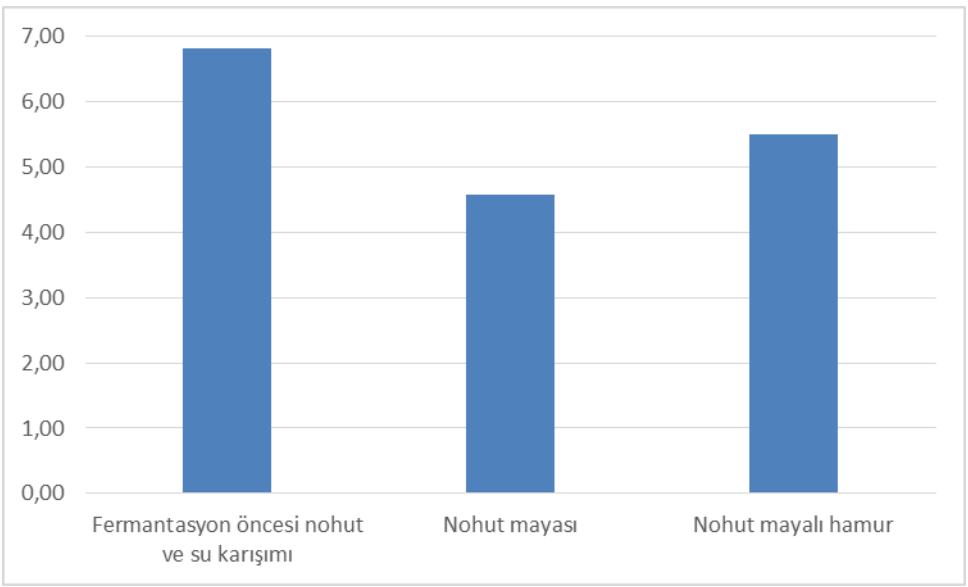


Şekil 7. Nohut mayası ve hamurunda hijyen durumu

pH Tayini

Nohut mayası ve nohut mayalı hamur fermantasyonu sürecinde pH'da gözlemlenen değerler Şekil 8'de gösterilmiştir. Buna göre başlangıçta nötre yakın olan pH değeri hakim mikrofloranın anaerob ortamdaki fermentatif aktiviteleri sonucu oluşan asit ile birlikte düşmüştür. Buna karşın nohut mayası elde edildikten sonra ortama un ilave edilmesiyle anerob ortamın kaybolmaya başlamasına ve ortamdaki fermentatif mikroorganizma sayısının azalmasına bağlı olarak fermente hamur pH'sında yükselme gözlemlenmiştir.

Fermentasyon üzerinde gerek mikroflora gerekse sıcaklık ve süre koşullarının etkili olduğu bilinmektedir. Nitekim pH'da bu faktörlerden etkilenmekte ve asit üretim düzeyine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Katsabokakis ve ark. 1996). Rizzello ve ark. (2014), nohut ilavesi ile üretmiş oldukları hamurlardaki pH değerini 5.48 olarak bulmuş ve bu bulgu çalışmamızdaki sonuçları desteklemiştir.



Şekil 8. Nohut mayalı hamur üretim sürecindeki pH değerleri

Sonuç

Çalışma sonucunda yapılan mikrobiyolojik analizlerde nohut fermantasyonunda normal ekmeğe fermantasyonundan ayrı olarak maya ve laktik asit bakterilerinden başka, *Bacillus* ve *Clostridium* türü bakterilerin de hakim olduğu bulunmuştur. Ayrıca elde edilen ekmekte duyu analizi yapılmamakla birlikte fermente nohut mayasının kendine özgü olan kötü kokusu pişirme işlemi ile birlikte kaybolmuş ve yerini güzel bir ekmeğe kokusu almıştır. Çalışmamızda elde edilen sonuçlar daha önce yapılmış olan çalışmalarıyla da uyum göstermiştir. Ancak bu çalışma bir başlangıç çalışması olarak görülmüş bu çalışmanın devamında laktik asit bakterisi, maya, aerob ve anaerob spor yapan bakterilerin tür bazında tanımlanmasının gerektiği ortaya konulmuştur. Özellikle aerob spor yapan bakteri ve anaerob spor yapan bakteri türlerinin sayımı ve izolasyonuna yönelik farklı yöntemlerin denenip karşılaştırılmasının böylece en ideal sayım ve izolasyon yönteminin belirlenmesinin gerekli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tanımlanmış türlerin biyokimyasal özelliklerinin belirlenerek en iyi sonucu verecek mikroorganizma türlerinin saptanması ve endüstriyel düzeyde nohut mayalı ekmeğe üretiminin hedeflenmesi önerilmiştir.

Kaynaklar

- Aguilar, N., E. Albanell, B. Minarro ve M. Capellas. 2015. Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread. *LWT-Food Science and Technology*, 62: 225-232.
- Angulo-Bejarano, P., N.M. Verdugo-Montoya, E.O. Cuevas-Rodriguez, J. Milan-Carrillo, R. Mora-Escobedo, J.A. Lopez-Valenzuela, J.A. Garzon-Tiznado, C. Reyes-Moreno. 2008. Tempeh flour from chickpea (*Cicer arietinum* L.) nutritional and physicochemical properties. *Food Chemistry*, 106: 106-112.

- Arda, Ş. ve A. Aydın. 2011. Hammadde kalitesi ile bazı hijyen parametrelerinin yufkanın mikrobiyolojik kalitesi arasındaki ilişki üzerine bir araştırma. İstanbul Üniv. Vet. Fak. Derg., 37 (2): 135-147.
- Cebi, K. 2009. Isolation and identification of lactic acid bacteria from chickpea yeast and dough. Ataturk University, Erzurum, Turkey, MSc thesis, p 60.
- Dikkaya, F. 2011. Evliya Çelebi Seyahatnâmesi'nde Simit ve Simitçiler. Millî Folklor, Yıl 23, Sayı 92.
- Gömez, M., B. Oliete, C.M. Rosell, V. Pando and E. Fernández. 2008. Studies on cake quality made of wheat-chickpea flour blends. LWT Food Sci.Technol., 41: 1701-1709.
- Halkman, A.K. 2005. Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. Başak Matbaacılık Ltd. Şti. 358.
- Hatzikamari, M., N. Kyriakidis, N. Tzanetakis, C.G. Biliaderis and E.L. Tzanetaki. 2007a. Biochemical changes during a submerged chickpea fermentation used as a leaving agent for bread production. European Food Research Technology, 224: 715-723.
- Hatzikamari, M., M. Yiangou, N. Tzanetakis and E. Litopoulou-Tzanetaki. 2007b. Changes in numbers and kinds of bacteria during a chickpea submerged fermentation used as a agent for bread production. International Journal of Food Microbiology, 116: 37-43.
- Katsaboxakis, K. and K. Mallidis. 1996. The microflora of soak water during natural fermentation of coarsely ground chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. Letters in Applied Microbiology, 23: 261 -265.
- Ma, Z., J.I. Boye, B.K. Simpson, S.O. Prasher, D. Monpetit and L. Malcolmson. 2011. Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. Food Research International, 44: 2534-2544.
- Mohammed, I., A.R. Ahmed and B. Senge. 2012. Dough rheology and bread quality of wheat-chickpea flour blends. Ind. Crop. Prod. 36: 196-202.
- Ozer, E.A., Z. Erginkaya, S. Ozer and E. Unal. 2010. One of our traditional breads: Chickpea fermented bread. In: The 1st International Symposium on "Traditional Foods from Adriatic to Caucasus". Tekirdag, Turkey, 15-17 April 2010, pp. 455-457.
- Rizzello, C.G., M. Calasso, D. Campanella, M. De Angelis and M. Gobbetti. 2014. Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread.
- Shekib, L.A., 1994. Nutritional Improvement of Lentils, Chickpea, Rice and Wheat by Natural Fermentation. Plant Foods For Human Nutritions, 46: 201-205.
- Sıklı, Ö.H. and M. Kara. 1999. Geleneksel Nohut Mayası Fermantasyonunda Rol Oynayan Laktik Asit Bakterileri ve Mayalar. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Bornova, İzmir.
- Sıklı, H.O., 2003. Nohut mayasının mikrobiyolojik ve lezzet karakteristiklerinin araştırılması [Investigation of microbiological and flavour characteristics of chickpea sweet dough], PhD thesis. Ege University, Izmir, Turkey, p 203.
- Singh, U. 1985. Nutritional Quality of Chickpea (*Cicer arietinum* L.): Current Status and Future Research Needs. Qual Plant Foods Hum. Nutr., 35: 339-351.
- Tuncel, N.B., N. Yılmaz and S. Ozcelik. 2010. Production and investigation of some properties of chickpea bread. In: The 1st International Symposium on "Traditional Foods from Adriatic to Caucasus". Tekirdag, Turkey, 15-17 April 2010, pp. 447-449.
- Zamora, A. and M.L. Fields. 1979. Microbiological and Toxicological Evaluation of Fermented Cowpeas (*Vigna sinensis*) and Chickpeas (*Cicer arietinum*). Journal of Food Science, 44: 928-929.

Farklı Ekim Yoğunluğunun Koçansız Şeker Mısıırı Silajlarının Besleme Değeri, Silaj Kalite Özellikleri ve Besin Madde Verimi Üzerine Etkisi

Önder CANBOLAT^{1*}, Abdullah KARASU², Gamze BAYRAM²,
İsmail FİLYA¹, Adem KAMALAK³

^{1*}Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Bursa.

²Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bursa.

³Kahramanmaraş Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Kahramanmaraş.

*e-posta: onder@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 24.09.2015; Kabul Tarihi: 22.12.2015

Öz: Bu araştırma, farklı ekim yoğunluğunda (5000, 6500, 8000 ve 9500 bitki/dekar) ekilen ve koçanları alındıktan sonra silolanmış koçansız şeker mısırının (KŞMS)'nin (*Zea mays L. saccharata* Sturt.) besin maddeleri bileşimi, silaj fermentasyon ve mikrobiyolojik özellikleri ile *in vitro* gaz üretimi ve dekar besin madde verimi üzerine etkilerinin saptanması amacı ile yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan şeker mısırlar silolanmadan önce yaklaşık 1.5-2.0 cm boyutunda doğranmış ve silolanmıştır. Silaj örnekleri 90 günde açılmıştır. Şeker mısır silajı ekim yoğunluğu ham protein (HP), nötral deterjan fiber (NDF), asit deterjan fiber (ADF) ve suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) düzeyini etkilemiş ($P<0.01$), diğer besin maddelerini ise etkilememiştir ($P>0.05$). Ekim yoğunluğu silajların, laktik asit (LA), asetik asit (AA), propiyonik asit (PA) ve etanol (EOL) üretimi ile laktik asit bakterisi (LAB) üretimini de etkilemiştir ($P<0.01$). Ekim yoğunluğu silajların *in vitro* gaz üretimi, sindirilebilir organik madde (SOM), metabolize edilebilir enerji (ME) düzeyini etkilemiştir ($P<0.01$). Diğer yandan ekim yoğunluğu, kuru ot verimi (KOV), ham protein verimi (HPV), sindirilebilir organik madde verimi (SOMV) ve metabolik enerji veriminde (MEV) önemli düzeyde etkilemiştir ($P<0.01$). Araştırma sonucunda, 8000 ve 9500 bitki/dekar ekim yoğunluğunda ekilen KŞMS'nin daha yüksek besleme değeri ve silaj kalitesi ile besin madde verimi elde edilebileceği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Koçansız şeker mısırı silajı, kimyasal kompozisyon, besin değeri, *in vitro* gaz üretimi, sindirim derecesi, metabolik enerji.

The Effect of Sowing Density on the Nutritive Value, Silage Quality Characteristics and Nutrient Yields of Non Stover Sweet Corn (*Zea mays L. Saccharata* Sturt.)

Abstract: The aim of the current experiment was carried out to determine the effect of sowing density (5000, 6500, 8000 and 9500 plant/acre) on the chemical composition, fermentation and

microbiologic characteristic, *in vitro* gas production and yield of sweet corn (*Zea mays L. saccharata* Sturt.) non stover silage. After cutting the stover of sweet corn into 1.5-2 cm pieces, the silage materials were ensiled for 90 days. The sowing density had a significant ($P<0.01$) effects on crude protein, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and water soluble carbohydrate contents of sweet corn non stover silage although the sowing density had no significant ($P>0.05$). Effect on the other parameters associated with chemical composition of sweet corn non stover silage. The sowing density had significant ($P<0.01$) effects on the fermentation parameters such as lactic acid, acetic acid, propionic acid and ethanol contents, and *in vitro* gas production, organic matter digestibility and metabolisable energy contents of sweet corn stover silage. On the other hand, the sowing density had also significant ($P<0.01$) effects on the yields of dry hay, crude protein, digested organic matter and metabolisable energy. As a conclusion, the sowing density of 8000 and 9500 plant/acre for sweet corn can be suggested for farmers due to high nutritive value, silage quality and yields

Key Words: Sweet corn non stover silage, chemical composition, nutritive value, *in vitro* gas production, digestibility, metabolisable energy.

Giriş

Ruminant beslemede kaba yemler önemli bir yer tutmaktadır. Ruminantların verim parametrelerinin (et, süt) etkinliği genel olarak kaba yemin kalitesine bağlıdır. Özellikle ruminantların beslenmesinde ucuz yem kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması işletme giderlerinin düşürülmesinde büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla son yıllarda mısır başta olmak üzere silo yemi üretiminde önemli artış olmuştur (TÜİK 2014). Ancak ülkemizde tane ve silaj için üretilen mısıra ek olarak, çerezlik tüketimi içinde şeker mısır üretimi yapılmaktadır (Turgut, 2000). Şeker mısırdan koçanları taze olarak alındıktan sonra kalan yeşil aksamı önemli bir yem silo yemi niteliğine sahiptir (Cesurer ve Ülger, 1997; Mustafa ve ark. 2004; İdikut ve ark. 2009). Koçanları alınmış mısırın yaklaşık %61-73'ü artık olarak kalmaktadır (Fritz ve ark. 2001). Bu da hayvan beslemede önemli bir yem kaynağını oluşturmaktadır (Cesurer ve Ülger, 1997; Fritz ve ark. 2001; Mustafa ve ark. 2004). Mısır bitkisi herhangi bir katkı maddesi kullanılmadan silolanma özelliğine sahiptir (Filya ve ark. 2001; Sruamsiri ve ark. 2007; İdikut ve ark. 2009). Ayrıca diğer bitkilere göre mısırdan birim alandan daha fazla miktarda ürün elde edilmektedir (Öztürk ve ark. 2008). Bu nedenle de silajlık materyal olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Hibrit çeşitlerle yapılan araştırmalarda verimi etkileyen en önemli faktörler arasında bitki yoğunluğu, gübreleme ve yetiştirme tekniklerinin bulunduğu bildirilmektedir (Giskin ve Etran, 1986; Saruhan ve Şireli, 2005; Öztürk ve ark. 2008). Mısır bitkisiyle hazırlanan silajlarda mısırın koçan, yaprak ve sap oranları silaj kalitesini önemli derecede etkilediği de bildirilmektedir (Sruamsiri ve ark. 2007). Şeker mısır yapısında bol miktarda suda çözünebilir karbonhidrat içermesi (Mustafa ve ark. 2004; İdikut ve ark. 2009) nedeniyle yüksek kaliteli silaj elde edilebileceği bildirilmektedir (İdikut ve ark. 2009). Silaj kalitesi kimyasal kompozisyon (McDonald ve ark. 1991; Meeske ve Basson, 1998), silo asitleri (İdikut ve ark. 2009), mikrobiyolojik özellikleri (Filya ve Sucu, 2010) ile metaboik enerji ve organik madde sindirimi (İdikut ve ark. 2009) ile yakından ilişkilidir.

Bu araştırma, farklı ekim yoğunluğunda ekilen şeker mısırlarından koçan alındıktan sonra elde edilen hasılların silolanma özellikleri ile silaj kalite özelliklerinin saptanması ve dekara hasıl verimi ile besin maddeleri üretim düzeyini belirlemek için düzenlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Yem Materyali ve Silolar

Araştırma, 2011 ve 2012 yıllarında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi deneme alanlarında Tesadüf Parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Denemede Merit hibrit şeker mısırı çeşidi (*Zea mays L. saccharata* Sturt.) kullanılmıştır. Deneme alanlarına bitkiler sırasıyla 5000, 6500, 8000 ve 9500 bitki/dekar (da) olacak şekilde ekilmiştir. Bitkilere azotlu gübre ekimde (üre formunda) ve bitkiler 40-50 cm boylandığında (Amonyum nitrat formunda) olmak üzere iki dönemde verilmiştir. Ekim sonrası çıkışı sağlamak için sulama yapılmıştır. Daha sonra çiçeklenme ve dane dolumu dönemlerinde olmak üzere iki kez sulama yapılmıştır. Şeker mısırlardan koçanlar alındıktan sonra, ot verimi ve silolama özelliklerinin incelenesi için kalan hasıllar hasat edilmiştir.

Silajların Hazırlanması

Araştırmada kullanılan mısır bitkisi yaklaşık 1.5-2.5 cm boyutlarında parçalanmıştır. Daha sonra her bir ekim sıklığından 3 tekrar olacak şekilde silolanmıştır. Mısırların silolaması için ise yalnızca gaz çıkışına olanak tanıyan 1.5 l kapasiteli laboratuvar tipi özel anaerobik cam silolar (Weck®, Germany) kullanılmıştır.

Silolar 90 gün boyunca laboratuvar koşullarında (21±3°C) tutulmuştur. Silolama dönemi sonunda (90. gün) açılan silajların kimyasal analizleri, silo asitleri, mikrobiyolojik özellikleri ile *in vitro* gaz üretimi, sindirilebilir organik madde (SOM) ve metabolik enerji (ME) içerikleri saptanmıştır. Ayrıca dekara silaj verimi ve besin madde üretimleri de belirlenmiştir.

Hayvan Materyali

Araştırmada rumen sıvısı almak için 1.5-2 yaşlarında 3 baş Holstein erkek sığır kullanılmıştır. Hayvanlar deneme süresince mısır silajı ve yoğun yem karması (%18 HP, 2750 kcal ME/kg KM) ile beslenmişlerdir. Rasyonlarda kaba ve yoğun yem oranı kuru madde temeline göre 60/40 olacak şekilde düzenlenmiştir.

İn Vitro Gaz Üretim Özellikleri

Mısır silajlarının *in vitro* koşullarda sindirilebilirlik ve ME düzeyinin saptanmasında Menke ve Steingass (1988) tarafından bildirilen *in vitro* gaz üretim tekniği kullanılmıştır. Silajların *in vitro* gaz üretim miktarları ile ME ve SOM'larının saptanmasında 100 ml hacimli özel cam tüplere (Model Fortuna, Häberle Labortechnik, Lonsee-Ettlenschieß, Germany) üç paralel olarak, yaklaşık 200±10 mg, kurutulmuş silaj konmuştur. Daha sonra üzerine Menke ve ark. (1979) tarafından bildirilen yönteme göre hazırlanan rumen sıvısı/tampon çözeltisinden 30 ml ilave edilmiştir. Bu işlemden sonra tüpler 39°C'deki çalkalamalı su banyosunda inkübasyona alınmış ve sırasıyla 3, 24 ve 96. saatlerde fermantasyonla oluşan gaz miktarları saptanmıştır.

Silajların SOM ve ME'leri Menke ve Steingass (1988) tarafından bildirilen eşitliklerle saptanmıştır.

$$\text{SOM, \%} = 15.38 + 0.8453 \times \text{GÜ} + 0.0195 \times \text{HP} + 0.0675 \times \text{HK}$$

$$\text{ME, MJ/kg KM} = 2.20 + 0.1357 \times \text{GÜ} + 0.057 \times \text{HP} + 0.002859 \times \text{HY}^2$$

(ME: metabolik enerji, OMS: organik madde sindirimi, GÜ: 200 mg kuru yem örneğinin 24 saatlik inkübasyon süresi sonundaki net gaz üretimi, HP: %ham protein, HY: %ham yağ ve HK: %ham kül).

Kimyasal Analizler

Mısır silajları 65°C'de etüvde 48 saat süreyle kurutulmuş ve 1 mm elek çapına sahip değirmende öğütülerek kimyasal analizler yapılmıştır. Yemlerin kuru madde (KM) içeriği 105°C'de etüvde 3 saat kurutulularak, ham kül içeriği 550°C'de 4 saat kül fırınında yakılarak, ham yağ analizi eter ekstraksiyonu yöntemi ile belirlenmiştir (AOAC, 1990). Ham protein analizi AOAC (1990)'de bildirildiği gibi Kjeldahl metoduna göre yapılmıştır. Yemlerin NDF, ADF ve ADL içerikleri ise Van Soest ve ark. (1991) tarafından bildirilen yöntemlere göre ANKOM 200 Fiber Analyzer (ANKOM, USA) ile belirlenmiştir.

Silajların pH'sı dijital pH metre cihazı (Sartorius PB-20, Goettingen, Germany) ile yapılmıştır. Silajlarda, asetik asit ve propiyonik asit ve etanol içerikleri gaz kromatografi cihazı (Agilent Technologies 6890N, kolon özellikleri: Stabilwax-DA, 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 um df. Max. temp: 260°C. Cat. 11023) ile laktik asit analizi ise sperofotometrik yöntemle (Barker ve Summerson, 1941), suda çözünebilir karbonhidrat (SÇK) içerikleri fenol sülfürik asit yöntemine (Dubois ve ark. 1956) göre belirlenmiştir.

Silajların yapısındaki laktik asit bakterileri, maya ve küf sayımları Seale ve ark. (1990) tarafından bildirilen yöntemler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Buna göre ekim ortamı olarak LAB için MRS agar, maya ve küfler için Malt Ekstrat agar kullanılmıştır. Örnekler için LAB, maya ve küf sayımları 30°C sıcaklıkta 3 günlük inkübasyon dönemlerini takiben yapılmıştır. Örneklerde saptanan LAB, maya ve küf sayıları logaritma koliform ünite (cfu) g⁻¹'e çevrilerek verilmiştir.

İstatistiksel Analizler

Araştırmadan elde edilen verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesinde ortalamalar arasındaki farklılıkların saptanmasında varyans analizi (General Linear Model: Statistica) Statistica (1993), görülen farklılıkların önem seviyelerinin belirlenmesinde ise Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır (Snedecor ve Cochran 1976).

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yem Ham Maddeleri ve Silajların Kimyasal Bileşimleri

Araştırmada kullanılan koçansız şeker mısır silajları (KŞMS)'nin kimyasal bileşimleri üzerine ekim yoğunluğunun (5000, 6500, 8000 ve 9500 bitki/dekar) etkisi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Koçansız şeker mısır silajlarının (KŞMS) besin maddeleri bileşimi, %

Parametreler		KM	OM	HK	HP	HY	NDF	ADF	ADL	SÇK
Yıllar	2011	30.46 ^b	95.38 ^a	4.61	7.41	2.65	54.25	32.58	6.63	5.22
	2012	31.29 ^a	95.42	4.58	7.42	2.67	54.89	32.11	6.53	5.29
	SS	0.262	0.022	0.022	0.035	0.034	0.235	0.275	0.083	0.464
	ÖS	*	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd
Ekim yoğunluğu, bitki/dekar	5000	30.30 ^{bc}	95.38 ^a	4.62 ^a	7.24 ^c	2.72 ^a	57.22 ^a	34.53 ^a	6.94 ^a	4.60 ^c
	6500	29.42 ^c	95.37 ^a	4.63 ^a	7.46 ^b	2.65 ^a	54.01 ^{bc}	31.36 ^b	6.87 ^a	5.18 ^b
	8000	32.54 ^a	95.37 ^a	4.63 ^a	7.77 ^a	2.73 ^a	54.32 ^b	31.75 ^b	6.49 ^{ab}	5.64 ^a
	9500	31.23 ^{ab}	95.49 ^a	4.51 ^a	7.19 ^c	2.56 ^a	52.74 ^c	31.75 ^b	6.02 ^b	4.67 ^c
	SS	0.388	0.033	0.033	0.055	0.052	0.345	0.427	0.119	0.670
	ÖS	**	öd	öd	**	öd	**	**	**	**
Ekim yoğunluğu*Yıl	ÖS	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd

^{a,b,c} Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P < 0.05; P < 0.01). SS: standart sapma; KM: kuru madde; OM: organik madde; HK: ham kül; SÇK: suda çözünebilir karbonhidrat; NDF: nötr deterjanda çözünmeyen lif; ADF: asit deterjanda çözünmeyen lif; ADL: asit deterjanda çözünmeyen lignin; HP: ham protein; HY: ham yağ

Çizelge 1 incelendiğinde KŞMS'nın kuru madde, organik maddeler, ham kül, ham protein, ham yağ, NDF, ADF, ADL ve suda çözülebilir karbonhidrat düzeyleri saptanmış ve elde edilen veriler mısır hasılı ile çalışan Filya ve ark. (2006) ve Filya ve Sucu (2010) ile şeker mısır silajı ile çalışan Jaster ve ark. (1983) ve İdikut ve ark. (2009)'un bildirdikleri besin maddeleri bileşimi ile benzer bulunmuştur. Şeker mısır silajının ham besin maddeleri üzerine ekim yıllarının etkisi incelendiğinde silaj kuru maddesi dışında ekim yılının etkisi olmamıştır (P>0.05). Ekim yoğunluğu ise mısır silajlarının KM, HP, NDF, ADF ADL ve SÇK düzeylerini önemli düzeyde etkilemiştir (P<0.01). En yüksek HP ve SÇK 8000 bitki/dekar bitki yoğunluğunda saptanmıştır. En yüksek hücre duvarı bileşenleri (NDF ve ADF) ise 5000 bitki/dekar bulunmuştur. Ekim yoğunluğu düşük olan grupta bitkilerin hücre duvarı bileşenlerinin artmasının muhtemel nedeninin bitkilerin daha fazla güneş alarak dokularında lignifikasyonun artması ile açıklanabilir (Cusicanqui ve Lauer 1999; Darby ve Lauer 2002).

Cusicanqui ve Lauer (1999) mısır bitkisinde ekim yoğunluğu arttıkça mısır bitkisinin NDF ve ADF içeriklerinin düştüğünü bildirmişlerdir. Araştırmada saptanan mısır silajlarının HP içeriği Mustafa ve ark. (2004) ve İdikut ve ark. (2009)'un bildirdikleri sonuçlardan düşük olmuştur. Ham protein düzeyindeki farklılıkların silaj materyal çeşidinden kaynaklanmış olacağı söylenebilir. Koçansız şeker mısır silajlarının NDF ve ADF içerikleri ise Jaster ve ark. (1983), Mustafa ve ark. (2004) ve İdikut ve ark. (2009)'un bildirdikleri sonuçlarla benzer bulunmuştur. Sruamsiri ve ark. (2007) ve Arıkan (2010)'nın bulgularından düşük bulunmuştur. Sanderson ve ark. (1995) ise ekim yoğunluğu ile ham protein arasında pozitif korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Bu bulgu araştırmadan elde edilen sonuçlarla çelişmektedir. Bolsen ve ark. (1996) silajların NDF içeriklerinin silo

ortamındaki düşük pH'da (Çizelge 2) hemisellülozun hidrolize olmasından dolayı düşük olabileceğini bildirmişlerdir. Bu da araştırma sonuçları ile uyum içerisinde bulunmuştur. Mısır silajları besin maddeleri bileşimi üzerine yıl x ekim yoğunluğu interaksyonu saptanmış ve interaksyonlar arası farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).

Silajların Fermantasyon Özellikleri

Farklı ekim sıklıklarının ekilen KŞMS'nin, silolamanın 90. gününde açılarak fermantasyon özellikleri saptanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir.

Silolamanın 90. gününde açılan koçansız şeker mısır silajlarının fermantasyon özelliklerinin verildiği Çizelge 2 incelendiğinde ekim yoğunluğu silajların uçucu yağ asidi (UYA) içeriğini önemli derecede değiştirmiştir ($P<0.001$). Silaj fermantasyon özellikleri üzerine ekim yılının etkisi incelendiğinde laktik asit üretimini ekim yılının önemli düzeyde etkilediği saptanmıştır. 2012 yılı silajlarının laktik asit içeriği 29.98 g/kg KM ile 2011 yılında yapılan silajların LA içeriğinden daha yüksek bulunmuştur. Yılların silajların mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisi incelendiğinde de maya üretimi dışında yılların etkisi görülmemiştir. En yüksek maya üretimi ise 2.33 cfu g⁻¹ ile 2011 yılı silajlarında daha yüksek saptanmıştır ($P<0.01$). Silaj pH'sı üzerine yılların etkisi olmamıştır ($P>0.01$).

Çizelge 2. Koçansız şeker mısır silajlarının kalite ve mikrobiyolojik özellikleri

Parametreler	pH	Silo asitleri, g/kg KM				Mikrobiyolojik özellikleri, log ₁₀ cfu g ⁻¹			
		LA	AA	PA	Etanol	LAB	Maya	Küf	
Yıllar	2011	3.96 ^a	28.75 ^b	24.78 ^a	0.71 ^a	1.37 ^a	7.48 ^a	2.33 ^a	1.66 ^a
	2012	4.04 ^a	29.98 ^a	23.68 ^a	0.66 ^a	1.39 ^a	7.46 ^a	2.03 ^b	1.54 ^a
	<i>SS</i>	0.063	0.447	0.393	0.033	0.035	0.083	0.057	0.052
	<i>ÖS</i>	<i>öd</i>	*	<i>öd</i>	<i>öd</i>	<i>öd</i>	<i>öd</i>	**	<i>öd</i>
Ekim yoğunluğu, adet/dekar	5000	4.08 ^a	24.42 ^c	27.31 ^a	0.56 ^b	1.55 ^a	6.68 ^b	1.98 ^a	1.69 ^a
	6500	4.06 ^a	32.84 ^b	24.97 ^{ab}	0.55 ^b	1.35 ^b	7.15 ^b	2.13 ^a	1.64 ^a
	8000	3.84 ^a	35.99 ^a	21.20 ^c	0.91 ^a	1.23 ^b	8.15 ^a	2.29 ^a	1.51 ^a
	9500	4.03 ^a	24.21 ^c	23.32 ^{bc}	0.71 ^{ab}	1.33 ^b	7.93 ^a	2.31 ^a	1.55 ^a
	<i>SS</i>	0.085	0.573	0.601	0.061	0.041	0.219	0.101	0.077
	<i>ÖS</i>	<i>öd</i>	**	**	**	**	**	<i>öd</i>	<i>öd</i>
Ekim yoğunluğu*Yıl	<i>ÖS</i>	<i>öd</i>	<i>öd</i>	<i>öd</i>	<i>öd</i>	<i>öd</i>	<i>öd</i>	<i>öd</i>	<i>öd</i>

a,b,c Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0.05$; $P<0.01$). LA: Laktik Asit; AA: Asetik Asit; PA: Propiyonik Asit; LAB: Laktik Asit Bakterileri

Ekim yoğunluğunun (5000, 6500, 8000 ve 9500 bitki/dekar) silajların pH düzeylerine etkisi olmamıştır ($P>0.05$). Ekim yoğunluğuna bağlı olarak silajların pH'sı 3.84 ile 4.08 arasında değişmiştir. Silajların pH düzeyleri mısır silajı ile çalışan Sruamsiri ve ark. (2007)

ve Mustafa ve ark. (2004)'un bulguları ile benzer olmasına rağmen, Arıkan (2010)'ın çalışmalarından düşük bulunmuştur. Silo asitlerinin ekim yoğunluğu önemli düzeyde etkilemiştir ($P<0.01$). En yüksek LA üretimi 35.99 g/kg^{-1} KM ile 8000 bitki/dekarda saptanmıştır. Asetik asit ise en yüksek 27.31 g/kg KM ile 5000 bitki/dekarda, PA ise 0.91 g/kg KM ile 8000 bitki/dekarda bulunmuştur. Ayrıca 5000 bitki/dekar ekim yoğunluğunda etanol üretimi de 1.55 g/kg KM ile yüksek saptanmıştır. Kaliteli silajlarda LA miktarının yüksek, AA ve butirik asit düzeyinin düşük olması gerektiği bildirilmektedir (Jaster ve ark. 1983; Filya ve Sucu 2010). Durum bu açıdan değerlendirildiğinde 8000 bitki/dekar yoğunluğunda elde edilen silajların diğer silajlara göre daha iyi olduğu söylenebilir. Silajların LA, AA ve PA düzeyleri şeker mısır silajı ile çalışan İdikut ve ark. (2009)'un bildirdikleri değerlerden LA ($97.21/\text{kg KM}$) düşük, AA (14.64 g/kg KM) ve PA (0.2 g/kg KM) ise daha yüksek saptanmıştır. Etanol düzeyi ise İdikut ve ark. (2009)'un bildirdikleri değerlerden düşük saptanmıştır. Düşük çıkmasının muhtemel nedeni mısır silajlarında koçan bulunmamasından kaynaklanmış olabilir.

Ekim yoğunluğunun silajların LAB sayısı üzerinde etkili olduğu saptanmıştır ($P<0.01$). Silajların maya ve küf üretimi üzerine ise ekim yoğunluğunun etkisi olmamıştır ($P>0.05$). Laktik asit bakteri üretimi ise ekim yoğunluğuna göre $6.68\text{-}8.15 \log_{10} \text{ cfu g}^{-1}$ arasında değişmiş olup, en yüksek LAB üretimi $8.15 \log_{10} \text{ cfu g}^{-1}$ ile 8000 bitki/dekarda bulunmuştur. Silajları LAB, maya ve küf düzeyleri Filya ve ark. (2006), ve Filya ve Sucu (2010)'nun bildirdikleri değerlerle benze saptanmıştır. Buradan hareketle şeker mısır 8000 bitki/dekar ekim yoğunluğunda ekildiğinde LA ve PA içeriği yüksek, AA ve etanol içeriği düşük, kaliteli silajlar elde edilebileceği söylenebilir. Mısır silajlarının fermantasyon ve mikroorganizma sayıları üzerine yıl x ekim yoğunluğu interaksyonu saptanmış ve interaksyonlar arası farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).

Silajların in Vitro Gaz Üretimleri, Sindirilebilirlikleri ve Enerji İçerikleri

Farklı ekim yoğunluğunun KŞMS'nın *in vitro* gaz üretimi, sindirilebilir organik madde ve metabolik enerji içerikleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Koçansız şeker mısır silajlarının *in vitro* gaz üretimi, SOM ve ME içeriklerinin verildiği çizelge (Çizelge 3) incelendiğinde, Koçansız şeker mısır silajlarının 96 saatlik *in vitro* gaz üretimi üzerine yılların etkisi önemli bulunmuş ($P<0.01$). Gaz üretimi 2012 yılında 67.17 ml ile daha yüksek saptanmıştır. Aynı parametre ekim yoğunluğuna göre ise 65.17 ml ile 69.61 ml arasında değişmiş ve ekim yoğunluğuna arası farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0.01$). En yüksek *in vitro* gaz üretimi 69.61 ml ile 8000 bitki/dekarda saptanmıştır. Ekim yoğunluğu KŞMS'larında HP içeriğini artırmış ve NDF ve ADF içeriğini ise düşürmüştür (Çizelge 1). Bunun sonucu olarak *in vitro* gaz üretimi artmıştır. Bu çalışmadan elde edilen *in vitro* gaz üretimi koçansız şeker mısır silajları ile çalışan İdikut ve ark. (2009)'un bildirdikleri sonuçlardan yüksek saptanmıştır.

Çizelge 3. Koçansız Şeker Mısır silajlarının *in vitro* gaz üretimi, sindirilebilir organik madde ve metabolik enerji içerikleri

Parametreler	İnkübasyon süresi, saat			SOM, %	ME, MJ/kg KM	
	3	24	96			
Yıllar	2011	13.89	48.72 ^b	65.91 ^b	67.95 ^b	10.26
	2012	14.00	50.10 ^a	67.17 ^a	69.19 ^a	10.45
	SH	0.155	0.304	0.252	0.333	0.051
	ÖS	öd	**	**	*	öd
Ekim yoğunluğu, adet/dekar	5000	13.17 ^c	47.30 ^b	65.17 ^b	66.06 ^c	9.97 ^c
	6500	14.12 ^{ab}	48.58 ^b	65.43 ^b	67.99 ^{bc}	10.26 ^{bc}
	8000	14.73 ^a	53.15 ^a	69.61 ^a	70.77 ^a	10.69 ^a
	9500	13.75 ^{bc}	48.61 ^b	65.95 ^b	69.45 ^{ab}	10.49 ^{ab}
	SH	0.210	0.540	0.473	0.540	0.083
	ÖS	**	**	**	**	**
Ekim yoğunluğu*Yıl	ÖS	öd	öd	öd	öd	öd

^{a,b,c} Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05: P<0.01); SOM: Sindirilebilir Organik Madde; ME: Metabolik Enerji

Koçansız şeker mısır silajlarının SOM içerikleri üzerine ekim yılı etkili olmuş ve 2012 yılında % 69.19 ile daha yüksek saptanmıştır (P<0.01). Ekim yoğunluğunun SOM üzerine etkisi incelendiğinde % 70.77 ile en yüksek 8000 bitki/dekarda ekim yoğunluğunda bulunmuştur (P<0.01). Silajların 24. saatteki *in vitro* gaz üretim ve ekim yoğunluğuna göre HP miktarının artması ve hücre duvarı bileşenlerinin düşmesi (Çizelge 1) silajların SOM miktarını artırmıştır. Bu çalışmada elde edilen SOM değeri KŞMS ile çalışan İdikut ve ark. (2009)'un saptadıkları değerlerden daha yüksek, Mustafa ve ark. (2004)'ün bildirdikleri kuru madde sindirilebilirliği ile benzer saptanmıştır. Darby ve Lauer (2002) mısır bitkisinde ekim yoğunluğunun artışına bağlı olarak gerçek kuru madde sindiriminin çok az miktarda düştüğünü bildirmişlerdir. Widdicombe ve Thelen (2002)'de bitki yoğunluğunda ki artışa bağlı olarak (6420, 7900 ve 8890 bitki/dekar), mısırın kuru madde sindiriminin düştüğünü bildirmişlerdir. Buradan elde edilen sonuçlar araştırma bulguları uyumlu bulunmamıştır. Bunun muhtemel nedeninin çalışmada kullanılan materyalin yapısında koçan bulunmamasından kaynaklanabilir.

Koçansız şeker mısır silajlarının ME düzeyi 2011 yılında 10.26 MJ/kg KM, 2012 yılında 10.45 MJ/kg KM olarak saptanmış ve ekim yılları aralarındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (P>0.05). Ekim yoğunluğunun ME üzerine etkisi incelendiğinde ise 10.69 MJ/kg KM ile en yüksek 8000 bitki/dekarda saptanmıştır (P<0.01). Araştırmada saptanan ME düzeyi KŞMS ile çalışan İdikut ve ark. (2009)'un saptadıkları değerlerden yüksek, Jaster ve ark. (1983)'ün bildirdiği ME (9.8 MJ/kg KM) değerine yakın bulunmuştur. Koçansız şeker mısır silajlarının *in vitro* gaz üretimi ile SOM ve ME düzeyi üzerine ekim yılı x ekim yoğunluğu arasındaki etkileşimler saptanmış ve etkileşimler arası farklılıklar ise önemsiz bulunmuştur (P>0.05).

Koçansız Mısır Silajının Dekara Ot ve Besin Madde Verimi

Farklı ekim yoğunluğunun dekara kuru ot verimi (KOV), ham protein verimi (HPV), sindirilebilir organik madde verimi (SOMV) ve metabolik enerji verimi (MEV) Çizelge 4'de verilmiştir.

Şeker mısırlardan koçanları alındıktan sonra hasıl verimleri kuru madde bazında saptanmıştır. Koçansız şeker mısırı kuru ot verimi (KOV) (Çizelge 4), 2012 yılında 1811 kg KM/da olarak 2011 yılındaki verimden daha yüksek saptanmıştır ($P<0.01$). Ekim yoğunluğunun KOV üzerine etkisi incelendiğinde en yüksek KOV 8000 ve 9500 bitki/dekar saptanmasına rağmen istatistiki olarak 8000 bitki/dekar bitki yoğunluğunda saptanmıştır ($P>0.05$). Bu çalışmadan elde edilen KOV silajlık mısır silajı ile çalışan Öztürk ve ark. (2008)'un bildirdikleri (1395.6-1589.9 kg KM/da) sonuçlardan yüksek saptanmıştır. Bu durumun, muhtemelen bitkinin yetiştirildiği toprak ve iklim özellikleriyle ilişkili olduğu söylenebilir. Araştırmadan elde edilen kuru ot verimi koçansız şeker mısır hasılı ile çalışan İdikut ve ark. (2005)'un (1772.8-2146.0 kg KM/da) sonuçları ile benzer bulunmuştur. Fritz ve ark. (2001)'un mısır bitkisinde saptadıkları kuru madde verimi (1120-2240 kg/da) ile araştırma sonucu benzer bulunmuştur. Graybill ve ark. (1991) yürüttükleri bir çalışmada 6 mısır çeşidini 5000, 6500 ve 8000 bitki/dekar yoğunlukta yetiştirmiş ve bitki yoğunluğundaki artışa bağlı olarak kuru madde veriminin arttığını saptamışlardır. İptaş ve Acar (2003) bitki yoğunluğundaki artışa bağlı olarak kuru ot verimi ve kuru madde veriminin önemli ölçüde arttığını, yüksek kaliteli silaj için 6250 veya 8330 bitki/dekar sıklıklarının uygun ekim yoğunluğu olduğunu önermişlerdir. Çok yapraklı ve geleneksel özellikte iki mısır çeşidi Kanada'da 6000, 7500 ve 9000 bitki/dekar sıklıklarında yetiştirilmiş, çok yapraklı çeşit daha yüksek verim sağlamış ve bitki yoğunluğundaki artışa bağlı olarak kuru ot verimi artmıştır (Subedi ve ark. 2006).

Çizelge 4. Koçansız şeker mısır silajlarının kuru ot verimi (KOV), ham protein verimi (HPV), sindirilebilir organik madde verimi (SOMV) ve metabolik enerji verimi (MEV)

Parametreler		KOV, kg/da	HPV, kg/da	SOMV, kg/da	MEV, MJ/da
Yıllar	2011	1671 ^b	124.1 ^b	1138 ^b	17190.1 ^b
	2012	1811 ^a	134.5 ^a	1255 ^a	18961.2 ^a
	<i>SH</i>	21.818	1.872	16.523	250.12
	<i>ÖS</i>	**	**	**	**
Ekim yoğunluğu, adet/dekar	5000	1520.4 ^b	110.1 ^b	1004.7 ^b	15212.1 ^b
	6500	1652.3 ^b	123.3 ^b	1124.4 ^b	16913.2 ^b
	8000	1882.8 ^a	146.2 ^a	1334.1 ^a	20105.2 ^a
	9500	1910.1 ^a	137.4 ^a	1327.7 ^a	20034.4 ^a
	<i>SH</i>	41.803	3.354	33.58	509.02
	<i>ÖS</i>	**	**	**	**
Ekim yoğunluğu*Yıl	<i>ÖS</i>	<i>öd</i>	<i>öd</i>	<i>öd</i>	<i>öd</i>

^{a,b} Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir ($P<0.05$; $P<0.01$); KOV: Kuru Ot Verimi; HPV: Ham Protein Verimi; SOMV: Sindirilebilir Organik Madde Verimi; MEV: Metabolik Enerji Verimi

Koçansız şeker mısır silajlarının ham protein verimi (HPV) üzerine ekim yılı etkili olmuş ve 134.5 kg/da ile 2012 yılında yüksek saptanmıştır. Ekim yoğunluğunun HPV üzerine etkisi incelendiğinde ise en yüksek 146.2 kg/da ile 8000 bitki/dekarda saptanmıştır. En düşük ise 110.1 kg/da ile 5000 bitki/dekarda bulunmuştur ($P<0.01$). Koçansız şeker mısır silajlarının HPV Öztürk ve ark. (2008)'nin bildirdikleri (89.3-97.7 kg/da) yüksek saptanmıştır.

Koçansız şeker mısır silajlarının sindirilebilir organik madde verimi (SOMV) üzerine ekim yılının önemli etkisi olmuş ve 2012 yılında 1255 kg KM/da olarak daha yüksek saptanmıştır ($P<0.01$). Ekim yoğunluğunun SOMV üzerine etkisi incelendiğinde 1334.1 kg/da ile en yüksek 8000 bitki/dekarda bulunmuştur ($P<0.01$). Ekim yoğunluğunun artışı SOMV'ni artırmıştır.

Koçansız şeker mısır silajlarının metabolik enerji verimi (ME) ise 18961.2 MJ/da ile 2012 yılında daha yüksek saptanmıştır ($P<0.01$). Ekim yoğunluğunun ME üzerine etkisi incelendiğinde ise 20105.2 MJ/da ile en yüksek 8000 bitki/dekarda saptanmıştır. Koçansız şeker mısır silajlarının sindirilebilir organik madde verimi ve metabolik enerji verimlerine yönelik literatür bilgisine rastlanmamıştır.

Koçansız şeker mısır silajları silajlarının HV, HPV, SOMV ve MEV üzerine ekim yılı x ekim yoğunluğu arasındaki interaksiyonlar belirlenmiş ve saptanan interaksiyonlar arası farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).

Sonuçlar

Sonuç olarak, farklı ekim yoğunluğunda (5000, 6500, 8000 ve 9500 bitki/dekar) ekilen ve koçanları alındıktan sonra silolanan koçansız şeker mısırlarından iyi kalite silaj üretilebileceği ortaya konmuştur. Silaj kalitesi üzerine ekim yılının etkisi olmuş ve 2012 yılında daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılık 2012 yılının ikliminden kaynakladığı söylenebilir. Ekim yoğunluğunun etkisi incelendiğinde ise hem silaj kalitesi, hem de dekara besin madde verimi açısından 8000 ile 9500 bitki/dekar ekim yoğunluklarının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Vol. I. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Arıkan, B.A. 2010. Şeker mısırın ve at dişi mısırın koçanlı ve koçansız olarak soya fasulyesi ile değişik oranlarda karışımlarından yapılan silajların kalite özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. (Basılmamış). Kahramanmaraş
- Barker, S.B. and W.H. Summerson. 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *Journal of Biological Chemistry*, 138: 535-554.
- Bolsen, K.K., G. Ashbell, Z. Weinberg. 1996. Silage fermentation and silage additives-review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 9(5): 483-493.
- Cesurer, L. and A.C. Ülger. 1997. Taze koçan olarak değerlendirilen şeker mısırının silajlık bitki olarak üretime girmesi. Türkiye I. Silaj Kongresi, s. 255-260. Bursa

- Cusicanqui, J.A. and J.G. Lauer. 1999. Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal*, 91: 911-915.
- Darby, H.M. and J. G. Lauer. 2002. Planting date and hybrid influence on corn forage yield and quality. *Agronomy Journal*, 94: 281-289.
- Dubois, M., K.A. Giles, J.K. Hamilton, P.A. Rebes and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28: 350-356.
- Filya, I., A. Karabulut and E. Sucu. 2006. The effect of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of maize silage. *Journal of Applied Microbiology*, 101(6): 1216-1223.
- Filya, I. and E. Sucu. 2010. The effects of lactic acid bacteria on the fermentation, aerobic stability and nutritive value of maize silage. *Grass and Forage Science*, 65(4): 446-455.
- Filya, İ. 2001. Silaj Teknolojisi. Hakan Ofset, İzmir.
- Fritz, V.A., G.W. Randall and C.J. Rosen. 2001. Characterization and utilization of nitrogen contained in sweet corn silage waste. *Agronomy Journal*, 93: 627-633.
- Giskin, J. and Y. Etran. 1986. Planting date and foliar fertilization of corn grown for silage and grain under limited moisture. *Argonomy Journal*, 78: 475-476.
- Graybill, J.S., W.J. Cox and D.J. Otis. 1991. Yield and quality of forage maize as influenced hybrid, planting date and plant density. *Agronomy Journal*, 83: 559-564.
- İdikut, L., B.A. Arıkan, M. Kaplan, I. Guven, A.I. Atalay and A. Kamalak. 2009. Potential nutritive value of sweet corn as a silage crop with or without corn ear. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(1): 734-741.
- İdikut, L., C. Cesur and S. Tosun. 2005. Şeker mısırdaki ekim zamanı ve yetiştirme tekniğinin hasıl verim ve bazı özelliklere etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(4): 91-100.
- İptaş, S. and A.A. Acar. 2003. Silajlık mısırdaki genotip ve sıra aralığının verim ve bazı agronomik özelliklere etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(3): 15-22.
- Jaster, E.H., D.F. Bell and G.C. McCoy. 1983. Evaluation of sweet corn residues as roughage for dairy heifers. *Journal of Dairy Science*. 66(11): 2349-2355.
- McDonald, P., A.R. Henderson and S.J.E. Heron. 1991. The biochemistry of silage. 2nd Edn., Chalcombe Publications, Marlow, Bucks, UK., ISBN-13: 9780948617225, p: 340.
- Meeske, R. and H.M. Basson. 1998. The effect of a lactic acid bacterial inoculant on maize silage. *Animal Feed Science and Technology*, 70(3): 239-247.
- Menke, K.H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz and W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *The Journal of Agricultural Science*, 93(1): 217-222.
- Menke, K.H., Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, 28: 7-55.
- Mustafa, A.F., F. Hassanat, R.R. Berthiaume. 2004. In situ forestomach and intestinal nutrient digestibilities of sweet corn residues. *Animal Feed Science and Technology*, 114(1-4): 287-293.
- Öztürk, A., S. Bulut and E. Boran. 2008. Bitki sıklığının silajlık mısırdaki verim ve bazı agronomik karakterlere etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(2): 217-224.

- Sanderson, M.A., R.M. Jones, J.C. Read and H. Lippke. 1995. Digestibility and lignocellulose composition of forage corn morphological components. *Journal of Production Agriculture*, 8(2): 169-174.
- Saruhan, V. ve H.D. Şireli. 2005. Mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde farklı azot dozları ve bitki sıklığının koçan, sap ve yaprak verimlerine etkisi üzerine bir araştırma. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2): 45-53.
- Seale, D.R., G. Pahlow, S. F. Spoelstra, S. Lindgren, F. Dellaglio and J.F. Lowe. 1990. Methods for the Microbiological Analysis of Silage. *Proceeding of The Eurobac Conference*, 147, Uppsala.
- Snedecor, G.W. and W. Cochran. 1976. *Statistical methods*. The Iowa State Univ. Pres Amer IA.
- Sruamsiri, S., P. Silma and W. Srinuch. 2007. Agro-industrial by-products as roughage source for beef cattle: Chemical composition, nutrient digestibility and energy values of ensiled sweet corn cob and husk with different levels of Ipil-Ipil leaves. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 01: 88-94.
- Statistica. 1993. *Statistica for Windows (Release 4.3)* Sat Soft, Inc Tulsa OK.
- Subedi, K.D., B.L. Ma and D.L. Smith. 2006. Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Science*, 46(5): 1860-1869.
- Turgut, İ. 2000. Bursa koşullarında yetiştirilen şeker mısırında (*Zea mays* saccharata Sturt.) bitki sıklığının ve azot dozlarının taze koçan verimi ile verim öğeleri üzerine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24: 341-347.
- TÜİK, 2014. Türkiye İstatistik Kurumu. [http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist_\(Erişim_tarihi.25.12.2014\)](http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist_(Erişim_tarihi.25.12.2014))
- Van Soest, P.J., J.D. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74: 3583-3597.
- Widdicombe, W.D. and K.D. Thelen. 2002. Row width and plant density effect on corn forage hybrids. *Agronomy Journal*, 94: 326-330.

Çiftlik Gübresi Dağıtma Makinasının Farklı İlerleme Hızlarındaki Bazı İşletme Özellikleri

Halil ÜNAL^{1*}, Hasan KURALOĞLU¹, Meral FIRAT¹, Duygu KAHYA¹,
Kübra ÖZALP¹, Elif YANIK¹

¹Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa.
*e-posta: hunal@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 08.0.2016; Kabul Tarihi: 13.05.2016

Öz: Hayvancılık işletmelerinin bir yan ürünü olan çiftlik gübresi, en az besin kaybı ile değerlendirilmelidir. Elle gübre dağıtma işleminde gübrenin besin değerinin zamanla azalması, dağılımın düzgün olmaması ve insan sağlığı açısından görülen olumsuzluklar bu işlemin makine ile yapılmasının daha uygun olacağını ortaya çıkarmıştır. Son 10 yılda Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından sağlanan tarım makineleri desteklemeleri içerisinde katı çiftlik gübresi dağıtıcılarına da yer verilmesi, ülkemizde çok sayıda ve değişik tiplerde yerli makinelerin imal edilmesine öncülük etmiştir. Bu süreç, yerli makinelerin uygun çalışma hızlarındaki istenilen gübreleme debileri, gübreleme kapasiteleri, iş başarıları, dağıtım düzgünlükleri vb. yönlerden ayarlamalarının yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada traktörle çekilir tip 5 ton kapasiteli arkadan dağıtılmalı dikey tamburlu tip yerli yapımı bir çiftlik gübresi dağıtma makinası kullanılmıştır. Yapılan tarla çalışmalarında makinanın üç farklı ilerleme hızındaki (2, 4 ve 6 km/h) çalışma zamanları, efektif iş başarıları, gübreleme kapasiteleri (ton/ha ve ton/h), patinaj oranları, gübre dağılım düzgünlükleri gibi parametreler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, makinanın 4 km/h ilerleme hızında efektif çalışma zamanı, efektif iş başarıları, birim alandaki gübreleme kapasitesi ve birim zamandaki gübreleme kapasitesi sırasıyla 0.32 h/ha, 3.10 ha/h, 58.5 ton/ha ve 181.4 ton/h bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çiftlik gübresi, gübre dağıtma makinası, efektif iş başarıları, patinaj oranı, gübreleme kapasitesi, gübre dağılım düzgünlüğü.

Some Operation Characteristics of Farmyard Manure Spreaders at Different Ground Speeds

Abstract: Farmyard manure, which is a by-product of animal breeding, should be evaluated by the minimum nutrient losses. In spreading manure by hand, the decrease of nutritional value of manure over time, the irregularity of the spreading and the problems in terms of human health revealed that it would be more appropriate to conduct this process with machine. The fact that solid manure spreaders have been included in support for agricultural machines provided by Ministry of Food, Agriculture and Livestock over the past decade has led to the manufacture of the local machines in large numbers

and various types in our country. This process requires the calibration of domestic machines in terms of manuring flowrate, spreading capacities, operation achievements, spreading regularity and so on desired in appropriate operating speeds. In this study, a domestic manufactured, tractor pulled type, rear spreading and vertical drum type manure spreading machine with a capacity of 5 ton was used. In the field studies carried out, parameters at three ground speeds (2, 4 and 6 km/h) of the machine were determined such as the operating time, effective operating capacities, manuring capacities (tons/ha and tons/h), spinning rates and manure spreading regularities. According to the obtained results, the effective operating time at 4 km/h ground speed, the effective operating capacities, the manuring capacity per unit area and the manuring capacity per unit of time were observed as 0.32 h/ha, 3.10 ha/h, 58.5 tons/ha and 181.4 tons/h, respectively.

Key Words: Livestock manure, manure spreaders, effective operating capacity, wheel-spinning rate , manuring capacity, manure distribution regularity.

Giriş

Çiftlik gübresinin; toprağa iyi bir fiziksel özellik kazandırarak suyun sızma oranını ve toprağın su tutma kapasitesini artırma özelliği vardır. Çiftlik gübresinin ahırdan alınıp tarlaya taşınması ve dağıtılması zor işlemlerdir. Bu işlerin insan iş gücü ile yapılması zaman, maliyet ve iş gücü açısından ekonomik olmayıp insan sağlığı açısından da uygun değildir. Gübreyi atık ürün olarak uygulamak, yeraltı ve yüzeysel su kirliliği oluşumunu arttırmaktadır. Aşırı gübre uygulaması hava kirliliğine, toprak ve sudaki besin maddelerinde aşırı yüklenmeye ve toprak mikrobiyolojisine olumsuz etkiye neden olmaktadır. Diğer taraftan gübre uygulamak için en uygun zaman ekim öncesi ya da ilkbahardır. Sonbaharda da gübre uygulanabilmekte ancak, zeminin çıplak olması nedeniyle gübrelerin besin değerleri kış boyunca yavaş yavaş kaybolmaktadır. Gübre uygulanırken yıllık yağış oranları da dikkate alınmalıdır. Yüksek yağış akış yüzeyini artırabilir, düşük yağış üst toprakta aşırı besin yüklenmesine neden olabilmektedir (Bary ve ark., 2000).

Çiftlik gübresi hayvancılık işletmelerinin bir yan ürünüdür ve bu yan ürünün en az besin kaybı ile değerlendirilmesi gerekmektedir. Çiftlik gübresinin elle dağıtımında besin maddeleri kaybolduğu gibi arazide düzgün bir dağılım da elde edilememektedir. Çiftlik gübresi dağıtma makineleri, hareketini ya tekerlekten ya da traktörün kuyruk milinden almaktadır. Kuyruk milinden alınan hareket mafsallı shaft, düz dişli, zincir veya “V” kayışı ile diğer organlara aktarılmaktadır. Hareket, bir hidrolik motorla da sağlanabilmektedir. Hareketini tekerlekten alanlarda birim alana dağıtılan gübre miktarı, konveyör besleme düzeninin hız ayarına ve gübre doluluğuna bağlıdır. Hareketini kuyruk milinden alan tiplerde ise gübre normunu bu faktörlerin yanı sıra traktörün ilerleme hızı da etkilemektedir. Kuyruk mili devri sabit olduğundan besleme düzeninin hızı ve gübre doluluğu arttırıldığında birim alana dağıtılan gübre miktarı da artmaktadır. Buna karşın traktör ilerleme hızı arttıkça birim alana dağıtılan gübre miktarı azalmaktadır. Dağıtıcı tamburların konumu ise iş genişliğini etkilemektedir. Yatay tamburlu tiplerde dağıtıcı tambur genişliğince bir iş genişliği elde edilebilirken, dikey tamburlu tiplerde bu değer daha fazla olmaktadır (Kasap, 1994; MEGEP, 2004 ve 2006).

Çiftlik gübresi dağıtıcıları genellikle tek akslı römork yapısında olup, esas olarak bir şasiye, hareketli bir tabana ve arkada gübreyi atan dairesel bir dağıtıcıya sahiptirler. Dağıtıcıya güç, traktörden verilmektedir. Toplam yükleri 15 tona ulaşabilmekte ve dağıtılan gübre miktarı 0.8-2.5 ton/dak arasında olabilmektedir. Dağıtıcının iş genişliği fazla ise

teorik olarak tarladaki teker geçiş sayısı da azalır, makinenin boşalması da belirli bir norm için daha kısa zamanda gerçekleşir. Hektara veya dekara atılacak belirli miktardaki ahır gübresi, tarlada birden fazla geçişte de sağlanabilmektedir. Bu durumlarda dağıtmanın sürekliliğini sağlamak için önceki teker izlerinden geçmek gerekir. Dağıtma makinelerinin kapasitelerinin artırılması durumunda daha güçlü traktör ve çekicilere gerek duyulmaktadır. Bu durumlarda teker sıkıştırması ile toprağın bozulma risklerine daha çok dikkat etmek gerekmektedir (Augustin ve ark., 2009).

Ürün verimliliğini en üst düzeye çıkarmak ve olumsuz çevresel etkileri en aza indirmek için, gübre uygulamalarında toprağın bitki besin gereksinimini karşılamak önemlidir. Gübreleme kalibrasyonunun amacı birim alan başına gübre miktarının, ağırlık olarak belirlenmesidir (Marsh ve ark., 2009). Gübre dağıtma makinalarının kalibrasyonu genel olarak 3 şekilde yapılır. Bunlar; branda metodu, iş genişliği ve uzaklığı metodu ve alan başına yüklemeler metodudur. *Branda metodu*, ölçüleri bilinen branda üzerinde gübrenin dağıtılması ve brandanın tartılması ile bulunur. *İş genişliği ve uzaklığı metodu*, gübre dağıtım genişliği ve römorkun boşalana kadar ne kadar uzağa gittiği esas alınarak hesaplanır. *Alan başına yüklemeler metodu*, tüm araziye uygulanan gübrenin yükleme adedini saptadıktan sonra arazi alanına bölünerek hesaplanır (Davis ve Meyer, 1999).

Elle gübre dağıtma işleminde gübrenin besin değerinin zamanla azalması, dağılımın düzgün olmaması ve insan sağlığı açısından görülen olumsuzluklar bu işlemin makine ile yapılmasının daha uygun olacağını ortaya çıkarmıştır. Diğer taraftan son yıllarda Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı makina desteklemeleri, ülkemizde çok sayıda çiftlik gübresi dağıtma makinasının imal edilmesine de öncülük etmiştir. Ancak imal edilen makinaların dağıtım düzgünlüğü, gübreleme kapasitesi ve çalışma hızları yönünden gerekli ayarlamalarının yapılması oldukça önem arz etmektedir. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü son sınıf öğrencilerine “Tasarım Proje” dersi kapsamında verilen bu çalışma ile yerli üretim bir çiftlik gübresi dağıtma makinasının farklı ilerleme hızlarındaki çalışma kapasitelerinin (temel çalışma zamanları, patinaj ölçümleri, efektif iş başarısı, birim alana atılan gübre miktarı, dağıtım düzgünlüğü gibi) belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Deneme Alanı

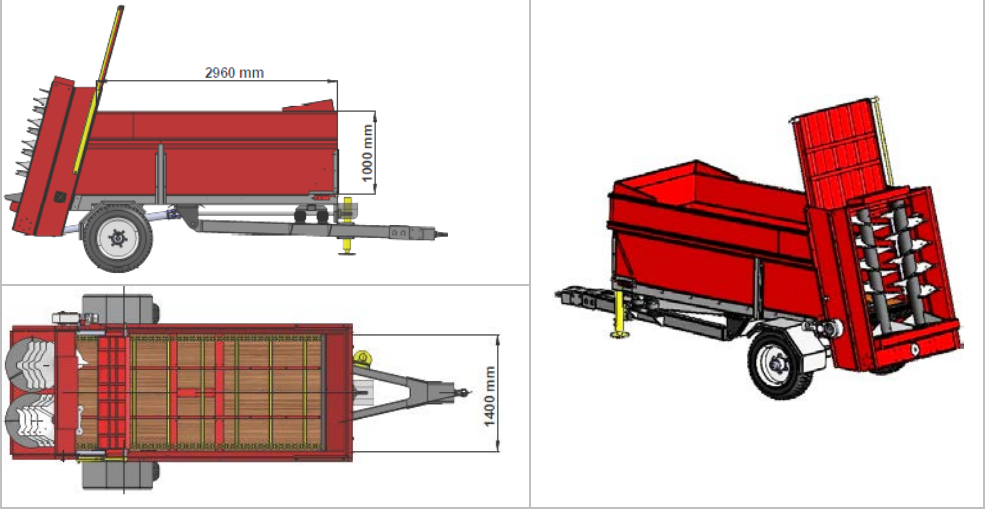
Çiftlik gübresi dağıtma makinası tarla deneyleri için Bursa ili Karacabey ilçesindeki bir mera alanı seçilmiştir. Deneme alanı olarak seçilen arazinin büyüklüğü 15 da’dır. Arazide deney başlangıcı ve devamında ortalama rüzgâr hızı, ortam sıcaklığı, deniz seviyesinden yükseklik ve atmosfer basıncı değerleri ölçülmüştür.

Hayvan Gübresi

Araştırmada kullanılan hayvan gübresi, aynı ilçedeki özel bir süt sığırcılığı işletmesinden temin edilmiştir. Çiftlik gübresi separatörden geçirilmiş, yaklaşık 6 ay bekletilmiş ve katı formda olan bir materyaldir. Deneylerden önce, dağıtıcı römorkun içindeki katı gübreden farklı noktalardan üç örnek (1’er kg) alınmış ve laboratuvarında hacim ağırlığı ve kuru madde tayini yapılmıştır.

Çiftlik Gübresi Dağıtma Makinesi

Deneyleerde kullanılan gübre dağıtma makinası, 5 ton kapasiteli, traktörle çekilen, tek dingilli, iki lastik tekerlekli, sac kasalı, gübre iletimi için kasa tabanında zincir dişli konveyörü ve arkasında dikey durumda iki adet helezon kanatlı gübre parçalayıcı tambur dağıtıcı ünitesi bulunan, konveyör çıkışında ise gübre akışını düzenleyen dikey çalışır durumda çelikten perdesi bulunan bir makinadır (Şekil 1). Makinanın konveyör ve dikey çelik perde üniteleri hareketlerini hidrolik düzen vasıtasıyla sırasıyla hidromotor ve hidrolik silindirlere almaktadır. Gübre dağıtıcı ve parçalayıcı ünite ise hareketini traktör kuyruk milinden almaktadır. Gübre konveyörü gübre kasası arkasında bulunan bir çift dişli ile hareket ettirilmektedir. Dişliler üzerindeki halka zincirler ve zincirler arasında bağlı bulunan profil çubuklar, birlikte dönmektedir. Gübre dağıtıcısının arkasında dikey konumda, ancak kasaya doğru 15° eğimli konumda iki adet dikey helezon kanatlı tamburlu dağıtıcı bulunmaktadır. Helezonlar dönüş hareketini dişli kutusundan almaktadır ve çiftlik gübresini orta kısımdan dışarı atabilecek şekilde birbirine ters yönde dönmektedir. Makinenin toplam uzunluğu 5300 mm, genişliği 2200 mm ve yüksekliği 2400 mm'dir. Makinanın çalıştırılmasında New Holland marka TD 85D model traktör kullanılmıştır.



Şekil 1. Katı çiftlik gübresi dağıtma makinasının kasa ölçüleri ve genel görünüşü

Makina, traktör ve deneme alanı için bazı işletme değerleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Çiftlik gübresi dağıtma makinesi, traktör ve deneme alanı için bazı işletme değerleri

Parametre	Ölçülen Değeri
Parsel boyutu (uzunluk x genişlik)	150x100
Kasa hacmi	5 m ³
Gübre besleme konveyörü genişliği	1.4 m
Gübre besleme konveyörü hızı	4.06 ±0.06 m/dak
Ortalama gübre dağıtım genişliği	10 m
Besleme düzeni hızı	7 dev/dak
Makine ilerleme hızı	2, 4 ve 6 km/h
Gübre boşaltma perdesi açıklığı	Tam açık
Kuyruk mili devri	540 dev/dak
Vites kademeleri	
2 km/h	1. Vites Takviye 1
4 km/h	1. Vites Takviye 3
6 km/h	1. Vites Takviye 4

Gübrenin Tarla Uygulamaları

Çiftlik gübresinin deneme alanına dağıtılmasında iki temel yöntem kullanılmıştır. Bunlar, branda yöntemi ile iş genişliği ve uzaklığı yöntemidir (Anonim, 2004). Branda yönteminde; eni 12 m, boyu 4 m olacak şekilde 12 adet naylon brandalar hazırlanmış ve ağırlıkları tartılarak numaralandırılmıştır. Gübreleme kapasitesi ölçümleri için her çalışma hızında deneme alanına üçer adet branda, gübre dağılım düzgünlüğü için ise bir adet branda serilmiştir. Brandalar arasında branda uzunluğu kadar boşluk bırakılmıştır. Brandaların rüzgâr etkisiyle uçmaması için köşelerinden tahta kamalarla yere sabitlenmiş ve orta kısımlarına ağırlıklar yerleştirilmiştir. Deney sonunda gübreleme kapasitesi için serilen brandalar ayrı ayrı bütünsel olarak toplanmıştır. Dağılım düzgünlüğü için serilen brandalar ise 5 eşit parçaya bölünerek kesilmiş ve ayrı ayrı toplanarak tartılmıştır. Gübre dağıtma makinasının her ilerleme hızı için deney başlangıcı ve sonrasındaki ağırlıkları tartılarak net gübre miktarları bulunmuştur. Şekil 2’de deneme alanının boyut ölçümü ve branda yöntemindeki gübre uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 2. Arazideki deney ortamının hazırlanması ve branda yönteminin uygulanışı

Yapılan çalışmanın bir bakıma sağlaması olması amacıyla, iş genişliği ve uzaklığı yöntemiyle de makinanın gübreleme kapasite ölçümleri yapılmıştır. Bunun için dağıtıcının iş genişliği ve gübrenin belirli bir miktarını yaymak için gereken uzaklık ölçülmüştür. İş genişliği ve uzaklığı yöntemi, arazi boyunca tekdüze bir dağıtım deseni oluşturulmasına olanak sağlayan ve örtme payından kaynaklanan gerekli gübre miktarını bulmakta yardımcı olmaktadır. Makina ile belirlenen parsel uzunluğunda her hız kademesi için üçer defa gübre dağıtılmış ve ardından makinanın ağırlığı tartılmıştır.

Çalışma Zamanları Ölçümleri

Tarımın dinamik yapısı, üretim sürecine giren tüm girdilerin en verimli şekilde kullanılmasını sağlayacak bir planlamayı zorunlu kılmaktadır. Tarımsal işlemlerde verimlilik ise, uygulamaların ayrı ayrı ve en iyi şekilde yapılmasıyla değil, üretim girdilerinin etkin ve akılcı kullanımını sağlayacak iyi bir planlama ve organizasyon ile arttırılmalıdır. Bu nedenle gerekli zaman etütleri yapılmalıdır.

Katı çiftlik gübresi dağıtma makinasının tarla deneyleri sırasındaki iş aşamaları aşağıdaki işlemlerle belirlenmiştir (Kasap ve Erdem, 1994; Ünal, 1994).

Makinanın efektif çalışma zamanı; esas zaman, yardımcı zaman ve kayıp zamanların toplamından oluşmaktadır ve aşağıda verilen Eşitlik (1)'e göre hesaplanmıştır:

$$EÇZ = EZ + YZ + KZ \quad (1)$$

EÇZ: Efektif çalışma zamanı (h/ha), *EZ*: Esas zaman (h/ha), *YZ*: Yardımcı zaman (h/ha), *KZ*: Kayıp zaman (h/ha).

İş başarılarının hesaplanmasında efektif çalışma zamanları dikkate alınmıştır. Zaman ölçümlerinde 1/100 dakika duyarlı dijital bir kronometreden yararlanılmıştır. Her ilerleme hızı için parsel boyunu kat etme süresi ve bir dönüşte geçen süreler belirlenmiştir.

İlerleme Hızı Ölçümleri

Hızın belirlenmesi için makinanın belirli bir uzaklığı kat etme süresi ölçülmüş ve aşağıdaki Eşitlik (2)'ye göre hesaplanmıştır. Makine için 2, 4 ve 6 km/h ilerleme hızları

seçilmiş ve tüm denemeler bu hızlara uyacak şekilde yapılmıştır. Traktörün istenilen ilerleme hızına ait vites kademeleri Çizelge 1’de verilmiştir.

$$V = 3.6 \cdot L/t \quad (2)$$

V : Makinanın ilerleme hızı (m/s), L : Makinanın kat ettiği mesafe (m) ve t : makinanın belirli uzaklığı kat ettiği süre (s).

Besleme düzeninin (gübre konveyörünün) hızı da, iki sürükleyici lama arasındaki uzaklığı kat etme zamanı ölçülerek belirlenmiştir. Yapılan ölçümlerde konveyörün hızı ortalama 4.06 m/dak bulunmuştur.

Patinaj Oranı

Belirli bir uzaklığın kat edilmesi sırasında, traktör arka tekerleğinin kaç devir yaptığı, tekerleğe bir çizgi çekilerek sayılmıştır. Bu uzaklıkta kaç devir yaptığı sayılmış ve tekerlek çapı esas alınarak patinajın olmadığı koşulda alınan yol hesaplanmıştır. Ayrıca başlangıç ve sonu arasındaki mesafe şerit metre ile ölçülerek kat edilen patinajlı yol belirlenmiştir. Bulunan değerler yardımıyla patinaj oranı Eşitlik (3)’e göre bulunmuştur (Kasap, 1994).

$$PO = \frac{L_p - L_{pz}}{L_p} 100 \quad (3)$$

PO : Patinaj oranı (%), L_p : Kat edilen patinajlı mesafe (m), L_{pz} : Patinaj yokken kat edilen mesafe (m).

Zaman Gereksinimi ve İş Başarısının Hesaplanması

Ortalama olarak standart parsel değeri alınmış (1 ha) ve iş başarısının hesaplanması için Eşitlik (4) ve (5)’teki esas zaman ve yardımcı zaman temel hesaplamaları öncelikli olarak yapılmıştır:

$$E = n \cdot t_E / 3600 \quad (4)$$

$$YD = n \cdot t_{YD} / 3600 \quad (5)$$

E : Esas zaman (h/ha), YD : Yardımcı zaman (dönme zamanı) (h/ha), t_E : Bir sırayı gidiş süresi (s), t_{YD} : Bir dönem için geçen süre (s), n : Sıra veya dönme sayısı.

t_E , 150 m uzunluktaki bir sıra için, n ise 66.67 m genişliğindeki parsel için bulunan değerdir. Denemeler sırasında yardımcı zaman, dönme zamanına eşit olarak alınmıştır.

Gübre dağıtma makinasının efektif iş başarısının hesaplanmasında sırasıyla Eşitlik (6) da verilen temel zaman, Eşitlik (7) de verilen kaçınılmaz zaman ve hesaplanan bu iki zamanın toplamı olan Eşitlik (8) deki efektif çalışma zamanı hesaplanmıştır. Sonuçta efektif iş başarısı Eşitlik (9)’a göre belirlenmiştir:

$$TZ = E + YD \quad (6)$$

$$KI = \left(\frac{P}{100} \right) \cdot TZ \quad (7)$$

$$EÇZ = TZ + KI \quad (8)$$

$$F_g = 1/EÇZ \quad (9)$$

TZ: Temel zaman (h/ha), *EÇZ*: Efektif çalışma zamanı (h/ha), *KI*: Kaçınılması imkânsız kayıp zaman (h/ha), *p*: Çarpım katsayısı (Çiftlik gübresi dağıtma makinesi için 1 alınmıştır.), *F_e*: Efektif iş başarısı (ha/h).

İş başarısı Eşitlik (10) ile de hesaplanabilmektedir:

$$F_e = 0.1 \cdot B \cdot V \cdot K_e \quad (10)$$

B: Makinanın iş genişliği (m), *V*: Makinanın ilerleme hızı (km/h), *K_e*: Zamandan yararlanma katsayısı ($K_e = E / EÇZ$). Tüm tarla denemelerinde makinanın gübre dağıtım genişliği ortalama 10 m ölçülmüştür.

Makinanın birim zamanda attığı gübre miktarı, yukarıda verilen zaman eşitlikleri ve gübre miktarları ile belirlenmiş, diğer yandan aşağıda verilen Eşitlik (11) ile kontrolleri yapılmıştır (Kasap, 1994):

$$Q = 0.06 \cdot V_k \cdot h \cdot b \cdot \rho_d \quad (11)$$

Q: Makinanın birim zamanda attığı gübre miktarı (ton/h), *V_k*: Gübre besleme konveyörün hızı (m/dak), *h*: Hareketli gübre tabakası kalınlığı (m), *b*: Gübre besleme konveyörü genişliği (m), *ρ_d*: Gübrenin hacim ağırlığı (kg/m³).

Gübrenin dağıtıldığı alanda, ne kadar gübre olduğuna bakılarak birim alana düşen gübre miktarı hesaplanmıştır. Makinanın bir alana attığı gübre miktarı Eşitlik (12) ye göre hesaplanmıştır:

$$q = Q / F_e \quad (12)$$

q: Birim alana atılan gübre miktarı (ton/ha).

Araştırma Sonuçlar ve Tartışma

Gübreleme yapılan arazinin deniz seviyesinden yüksekliği dijital göstergeli bir cihazla (Oregon marka RA123 model) 28 m olarak ölçülmüştür. Arazide deney süresince ölçülen ortalama rüzgar hızı, ortam sıcaklığı ve atmosfer basıncı değerleri sırasıyla 2.5 km/h, 26°C ve 100.6 kPa'dır. Deneylerden önce alınan katı gübre örneklerinin ortalama hacim ağırlığı 532 kg/m³, kuru madde içeriği ise %28 bulunmuştur.

Katı çiftlik gübresi dağıtma makinasının tarla çalışmalarından elde edilen bazı zamanlılık ve kapasite sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi, makinanın 2 km/h'teki efektif çalışma zamanı 0.63 h/ha bulunurken, bu 6 km/h hızda 0.20 h/ha elde edilmiştir. Hızın artması beraberinde patinaj sorununu getirmiştir. Buna göre 2 km/h te %0.9 olan patinaj, 4 ve 6 km/h'te sırasıyla %1.1 ve %1.5'a yükselmiştir.

Çizelge 2. Beş ton kapasiteli katı gübre dağıtma makinasının tarla denemesi sonuçları

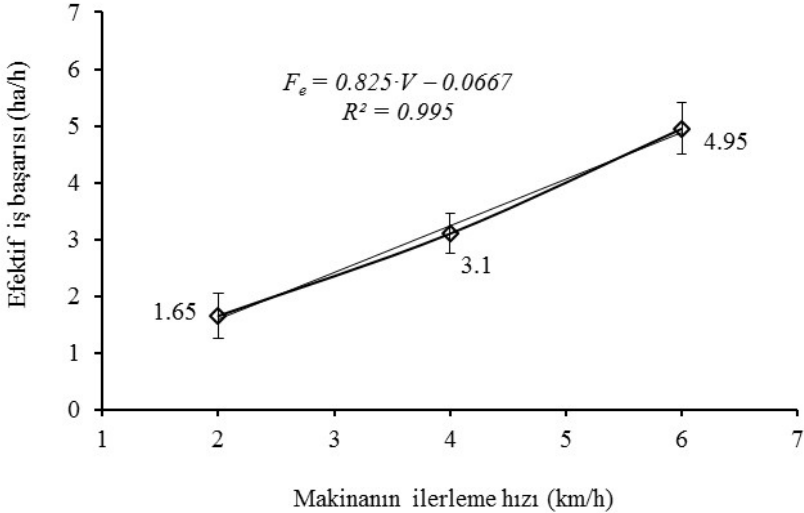
Zaman Ölçüm Sonuçları	İlerleme Hızı (km/h)		
	2	4	6
Esas zaman (h/ha)	0.57±0.010	0.28±0.08	0.17±0.06
Yardımcı (dönme) zamanının oranı (h/ha)	0.06±0.02	0.04±0.01	0.03±0.00
Temel zaman (h/ha)	0.63±0.07	0.32±0.05	0.20±0.04
Efektif çalışma zamanı (h/ha)	0.606±0.09	0.323±0.07	0.202±0.07
Efektif iş başarısı (ha/h)	1.65±0.39	3.10±0.35	4.95±0.46
Patinaj (%)	0.9±0.04	1.1±0.08	1.5±0.11
Gübrenin ortalama yayılma kalınlığı (mm)	40±2.1	25±1.5	7.5±1.0
<i>Kapasite Sonuçları</i>			
Makinanın birim alana attığı gübre miktarı (t/ha)	110.0±14.4	58.5±7.7	36.6±10.3
Makinanın birim zamanda attığı gübre miktarı (t/h)		181.4±16.3	

±: standart sapma

Çiftlik gübresi dağıtma makinasının saatlik gübreleme kapasitesi 181.4 ton bulunmuştur (Çizelge 2).

Tarla denemelerinden elde edilen sonuçlar grafik olarak da ifade edilmiş ve makinanın ilerleme hızı ile ilişkili regresyon denklemleri oluşturulmuştur.

Üç farklı ilerleme hızında yapılan deneylerde makinanın saatlik efektif iş başarısı (F_e), 1.65 ile 4.95 ha/h arasında değişmiştir (Şekil 3). İlerleme hızı ve iş başarısı arasında doğrusal bir ilişki gözlenmiş ve determinasyon katsayısının $R^2=0.995$ olması, denklemin yüksek doğrulukla kullanılabileceğini göstermiştir.

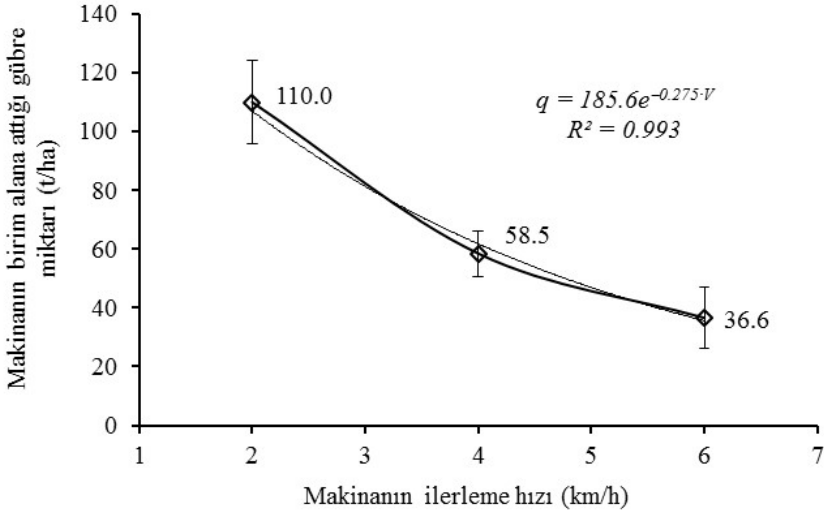


Şekil 3. Makinanın ilerleme hızına bağlı efektif iş başarısı

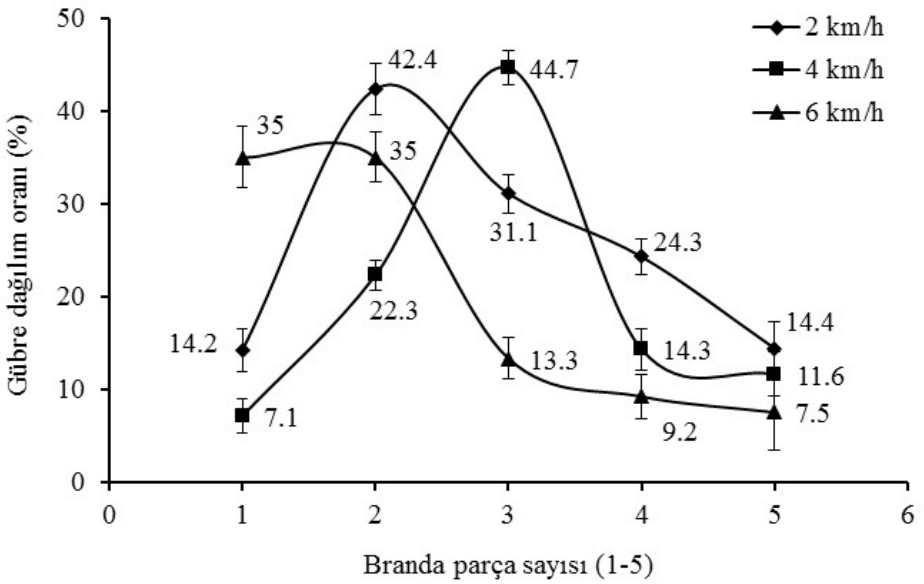
Diğer taraftan, makinanın 2 km/h ilerleme hızında hektara 110.0 ton gübre atılırken, 6 km/h’te bu değer, 36.6 t/ha’ya düşmüştür (Çizelge 2). Ancak, gübre konveyörü besleme hızı istenilen hızın çok üstünde ölçüldüğünden (ortalama 4.06 m/dak), bu hızın %70-80 oranında azaltması gerekliliği imalatçı firmaya önerilmiştir. Deneyler sırasında gübre konveyör dişlisindeki bir sorun nedeniyle konveyörün besleme hızının düşürülmesi başarılamamıştır. Yapılan kaynak araştırmalarında gübre besleme konveyör hızının yaklaşık 0.8-1.2 m/dak aralığında olması tavsiye edilmektedir (Davis ve Meyer, 1999; Augustin ve ark., 2009).

Yapılan deneylerde ilerleme hızı ile gübreleme kapasitesi arasında üstsel bir ilişki gözlenmiş ve buna göre Şekil 4’te verilen eşitlik elde edilmiştir. Determinasyon katsayısının $R^2=0.993$ bulunması, bu denklemin yine yüksek doğrulukla kullanılabileceğini göstermiştir.

Gübre dağıtıcısının farklı ilerleme hızlarındaki gübre dağılım oranları Şekil 5’te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, 4 km/h ilerleme hızındaki gübre dağıtımında üniform bir dağılım elde edilmiştir. Buna göre 4 km/h hızda, makinanın orta kısımlarda daha yoğun, yanlara doğru ise azalan bir yapıda dağılım vermesi bu hızın uygun bir hız olabileceğini göstermiştir. Hızın 2 km/h olduğu denemede de dağılım düzensizliği istenilen yapıda gerçekleşmiş, ancak bir tarafa yığılmanın fazla olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, makine bu hızda yoğun bir gübre kalınlığı oluşturmuştur. Hız 6 km/h’e çıkarıldığında ise, dağıtılan gübrenin %70’i “1” ve “2” nolu branda bölmelerinde yoğunlaşmış, diğer üç branda bölümünde ise yoğunluk oldukça azalmıştır. Bulunan dağılım düzensizliği sonuçları literatür sonuçları benzerlik göstermiştir (Anonim, 2010).



Şekil 4. Makinanın ilerleme hızına bağlı alan gübreleme kapasitesi



Şekil 5. Makinanın ilerleme hızına bağlı gübre dağılım düzgünlüğü

Sonuç ve Öneriler

Çiftlik gübre dağıtma makinası ile yapılan araştırmaya göre elde edilen sonuçlar ve gerekli öneriler aşağıda verilmiştir:

- Makinanın 2 km/h hızdaki efektif çalışma zamanı 0.606 h/ha bulunmuşken, bu değer 4 ve 6 km/h hızlarda sırasıyla 0.323 ve 0.202 h/ha'ya düşmüştür.
- Makina ilerleme hızının artması beraberinde patinajı artırmıştır. Patinaj 2 km/h hızda %0.9, 4 km/h hızda %1.1 ve 6 km/h hızda %1.5 bulunmuştur.
- Makinanın efektif iş başarısı 2, 4 ve 6 km/h hızlarda sırasıyla 1.65, 3.10 ve 4.95 ha/h elde edilmiştir.
- Makinanın üç farklı hızdaki birim alana atılan gübre kapasiteleri sırasıyla 110.0, 58.5 ve 36.6 ton/ha bulunmuştur.
- Makinanın saatlik gübreleme kapasitesi 181.4 ton/h elde edilmiştir.
- İnsan sağlığı, iş gücü, zaman ve maliyet açısından bakıldığında makine ile gübre dağıtma işlemi daha uygun ve ekonomik olacaktır.
- Araştırmadaki dikey dağıtıcı tamburlu çiftlik gübresi dağıtma makinesi, literatürdeki yatay dağıtıcı tamburlu makine ile karşılaştırıldığında, dikey tamburlunun dağıtma iş genişliğinin diğerine göre fazla olması neticesinde teker geçiş sayısı azaldığı için tarla uygulamalarında hem zamandan tasarruf sağlanacak hem de tarla trafiğinin azalması ile toprak sıkışıklığı önlenebilecektir.

- Deneyleer sırasında arka elik perde açıklığının ve hidrolik sistem ayarlarının çok hassas olmadığı sonucuna varılmıştır. Ekilen bitki türüne göre atılacak gübre miktarının farklılık göstermesi söz konusu olduğundan, hassasiyetin az olması homojen bir uygulama olanağı sağlamayabilecektir.
- Gübre normunu etkileyen en önemli faktörlerden biri gübre besleme konveyörünün hızıdır. Bu çalışmada besleme hızı normalin çok üzerinde bulunmuştur (4.06 m/dak).
- Birim alana atılan gübre miktarı; besleme konveyörünün hızı, gübre yükleme ykseklıği ve traktörün ilerleme hızıyla değişmektedir. Dağıtıcı tamburların evre hızı da gübreleme normunu etkileyen faktörler arasındadır. Kuyruk mili devrinin sabit olması nedeniyle, besleme konveyörünün hızı ve yükleme ykseklıği arttırıldığında birim alana atılan gübre miktarı da artmaktadır. Buna karşın traktörün hızı arttıka birim alana atılan gübre miktarı azalmaktadır.

Bu araştırmadaki makina dışında; diğer farklı dağıtıcı tipteki makinalar, farklı çeşit gübreler, farklı gübre yoğunlukları, farklı besleme konveyörü hızları, farklı gübre boşaltma perdesi açıklıkları ve farklı çalışma hızlarında yapılacak yeni çalışmalarda değişkenlerin incelenmesi büyük önem taşıyacaktır.

Teşekkür

Araştırmamızdaki iftlik gübresi dağıtma makinasını kullanımımıza sunan ve tarla deneyleri için gerekli hayvan gübresi, deney malzemeleri, ulaşım hizmetimizi sağlayan FİMAKS Makine A.ř. yönetici ve çalışanlarına teşekkür ediyoruz.

Kaynaklar

- Anonim. 2004. TS-EN-13080 Tarım Makinaları-iftlik Gübresi Dağıtıcıları-evre Koruma-Krallar ve Deney Metotları. Türk Standartları Enstitüsü, 21 s., Ankara.
- Anonim. 2010. Calibration of manure spreaders uniformity, spread patterns and effective swath width. University of Maryland College of Agriculture and Natural Resources, Symons Hall, College Park, MD 20742. https://extension.umd.edu/sites/default/files/_images/programs/anmp/EC-1.pdf, (17.02.2015).
- Augustin C., Wiederholt R. and T. Dvorak. 2009. Manure spreader calibration. North Dakota State University Fargo, North Dakota, 58108. http://library.ndsu.edu/tools/dspace/load/?file=/repository/bitstream/handle/10365/9406/nm1418_2009.pdf?sequence=1, (04.04.2015).
- Bary. A., Cogger C. and D.M. Sullivan. 2000. Fertilizing with manure. Washington State University. <http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/pnw533/pnw533.pdf>, (12.03.2015).
- Davis J.G. and R.B. Meyer. 1999. Manure Spreader Calibration. No. 0.561, Colorado State University. http://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/CO/COATN_92_manure_spreader_calibration.pdf, (13.02.2015).
- Kaasik. A. 2012. Chapter 16: Techniques for application of manure to land. Editor: Christine Jakobsson, Sustainable Agriculture: Ecosystem Health and Sustainable Agriculture Book 1., p. 132-135, The Baltic University Programme, Uppsala University, ISBN 978-91-86189-10-5, 505 p.

- Kasap A. ve G. Erdem. 1994. iftlik gübresi dağıtma makinesiyle alışmada iş başarisının belirlenmesi üzerine bir alışma. Gazi Osmanpaşa Üniv., Ziraat Fak. Dergisi, 11: 71–78.
- Marsh L., Mullins G., Ambler S. and R. Heidel. 2009. Manure spreader calibration for rear-discharge equipment-handling solid and semi-solid manures and poultry litter. Virginia State University, Virginia Cooperative Extension, Publication: 442-004. https://pubs.ext.vt.edu/442/442-004/442-004_pdf.pdf (12.02.2015).
- MEGEP. 2004. Gübreleme Makinelerinin Bakımı. 525MT0238, Ankara.
- MEGEP. 2006. Motorlu Araçlar Teknoloğisi: Gübre Dağıtım Alet ve Makineleri Bakım Onarımı. MEB, Mesleki Eğitim ve Oğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP), 47 s., Ankara.
- nal H. 1994. Silindirik Balya Yapan Makinaların Mekanizasyon Planlamasına Yönelik İşletme zelliklerinin Saptanması. U.. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi, 96 s., Bursa.

Bursa İli Orhangazi ve Gemlik İlçelerinde Zeytin Yetiştiriciliğindeki Mekanizasyon Durumu

Erhan DURAN¹, Halil ÜNAL^{1*}

¹Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa.
*e-posta: hunal@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 08.02.2016; Kabul Tarihi: 13.05.2016

Öz: Araştırmanın amacı, Bursa iline bağlı Orhangazi ve Gemlik ilçelerindeki zeytin üreticilerinin mekanizasyon düzeyini belirlemektir. Orhangazi ve Gemlik ilçelerinde zeytin tarımı yapılan 16 köyden seçilen toplam 150 işletmede anket çalışması yapılmıştır. Anket çalışması ile yöredeki üreticilerin genel sosyal yapıları, arazi varlıkları, traktör-tarım alet ve makina varlıkları incelenerek mekanizasyon kriterleri belirlenmiştir. Zeytin üretiminde toprak işlemeden hasada kadar tüm tarımsal işlemlerdeki mekanizasyon uygulamaları incelenmiştir. Yapılan araştırma sonucunda yöredeki işletmelerin mekanizasyon düzeyine ilişkin olarak; ortalama arazi büyüklüğü 10-15 da, ağaç varlıkları 400-600 adet, ortalama işletme başına 0.82 adet traktör, traktör başına düşen ekipman sayısı 4.76 adet/traktör olarak saptanmıştır. Yöredeki işletmelere ait bu sonuçlar özellikle bölgede yapılmış daha önceki çalışmalara göre kıyaslandığında mekanizasyon düzeyinde bir artış söz konusudur. Özellikle alet-makina varlığına bakıldığında, artış gözükmesine karşın, tüm tarımsal işlemlere orantılı bir şekilde dağılmadığı saptanmıştır. Bununla birlikte toprak işleme aletlerinde bir yoğunlaşma söz konusu iken buna karşın zeytin tarımının en fazla iş gücü gerektiren özellikle bakım ve hasat işlemlerinde alet ve makinaya ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Orhangazi, Gemlik, zeytin üretimi, mekanizasyon düzeyi, toprak işleme, gübreleme, hasat mekanizasyonu.

Mechanization Level of Olive Growing in Orhangazi and Gemlik Districts of Bursa Province

Abstract: The aim of this research is to determine mechanization level in olive cultivation in Orhangazi and Gemlik districts of Bursa province. A survey study was carried out in total of 150 businesses chosen from 16 villages where olive cultivation was carried out in Orhangazi and Gemlik districts. With the survey study, mechanization level were investigated by means of general social structures, land assets and tractor-agricultural tools and machinery assets of the farmers in the region. The mechanization applications were determined in olive agriculture production from soil cultivation to harvest. As a result, regarding mechanization level of olive production in the region; the average land size was 10-15, tree assets were 400-600 pieces, 0.82 tractor per business, and the number of equipment per tractor was 4.76. When these results are compared with the previous studies carried out

in the region, an increase level of mechanization have been observed. Especially when the tool-machine asset was analysed, it was obtained that they were not dispersed proportionally to all agricultural operations although an increase was seen. Besides, it was observed that while there was increases on soil tillage equipment, maintenance and harvest equipment is needed in particular requiring maximum workforce of olive farming.

Key Words: Orhangazi, Gemlik, olive production, mechanization level, tillage, fertilizing, harvest mechanization.

Giriş

Dünya genelindeki zeytin yetiştiriciliğinin dağılımına bakıldığında %90'lık bir kısmının Akdeniz havzası, geriye kalan kısmının ise Latin Amerika ülkelerinde yayıldığı görülmektedir (Çizelge 1). Önemli zeytin üreticisi ülkeler arasında İspanya, Tunus, İtalya, Yunanistan, Türkiye ve Fas ilk sıralarda yer almaktadır.

Çizelge 1. Dünya zeytin üretim alanı, üretim ve verim değerleri

Ülkeler	Üretim Alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/da)
İspanya	2515800	4577800	182.0
İtalya	1156784	1963676	169.8
Yunanistan	945520	2283820	241.5
Fas	886440	1191520	134.4
Tunus	1588620	376000	236.7
Türkiye	938080	1768000	188.5
Dünya	10688626	15999840	149.7

Kaynak: FAO, 2014

Türkiye’de üretilen dane zeytinin yaklaşık %65-70’i yağlık, %30-35’i sofralık amaçlı işlenmektedir. Genelde tüketim zeytinyağı ağırlıklı olduğu için yağlık zeytin üretimi fazla olmaktadır. Türkiye’de zeytin üretimi açısından önemli bölgeler Ege, Akdeniz ve Marmara Bölgeleri; önemli iller ise Manisa, Aydın, Balıkesir, Muğla, İzmir ve Hatay’dır.

Türkiye’de 2010 yılı istatistiklerine göre, zeytin yetiştiriciliğinde üretimin %46.45’i Ege Bölgesi’nde, %24.23’ü Akdeniz Bölgesinde, %26.42’ü Marmara Bölgesi’nde, %2.67’si Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde, %0.21’i Karadeniz Bölgesi’nde ve %0.02’si diğer bölgelerde yapılmaktadır (TÜİK, 2010).

Bursa ili Marmara Bölgesi sınırları içinde kalmaktadır. Kuzeyde İstanbul ve Kocaeli, doğuda Bilecik, güneyde Kütahya ve batıda Balıkesir illeri ile çevrili olan Bursa İli 10.890 km² yüzölçümüne sahiptir (TUİK, 2012). Bursa yöresinde yaklaşık 342 bin ha tarım arazisi mevcut olup bunun zeytinciliğe ayrılan payı %12’dir. Bu da yaklaşık 41.600 ha ve 9.5 milyon ağaç olmaktadır. Bursa’da zeytin yetiştiriciliği genel olarak sofralık zeytin üretimine yönelik yapılmaktadır. Bu bağlamda Türkiye sofralık zeytin üretiminin %16.1’i Bursa’da yapılmaktadır (Anonim, 2014).

Bursa ilinde polikültür tarımdan dolayı tarımsal faaliyette çok çeşitli tarım alet ve makineleri kullanılmaktadır. Bursa ilinde; 108284 adet traktör parkı, 126 adet biçerdöver, 27036 adet motopomp, 21919 adet ise damla sulama sistemi bulunmaktadır. Bursa ilinde mekanizasyon düzeyinin göstergelerinden olan ha'a düşen traktör sayısı (Traktör/1000 ha), 2011 yılı itibariyle 129 adettir (TUİK, 2012). Bu oran Türkiye ortalamasının üzerindedir. Ancak, ekipman sayısının traktör sayısına oranla az olması, traktörün tarım dışı faaliyetlerde de kullanılabilmesinin bir göstergesidir.

Ülkemizde zeytin yetiştiriciliğinde genel olarak mekanizasyon seviyesi yeterli değildir. Bunun nedenleri, zeytin ağaçlarının meyilli arazilerde bulunması, ağaçların rastgele dikilmiş olması, büyük bir kısmının yaşlı ve verimden düşmüş olması, zeytinliklerin küçük parsellerden oluşması, üreticilerin alım gücünün çok düşük olması ve zeytincilikte mekanizasyon uygulamaları konusunda yeterli araştırmaların ve denemelerin yapılmamış olmasıdır (Ünal ve ark., 2006).

Bu araştırmada, Bursa iline bağlı Orhangazi ve Gemlik ilçelerindeki zeytin üreticilerinin mekanizasyon düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda zeytin tarımı ile uğraşan işletmelerin genel sosyal yapıları, arazi, traktör, alet ve makine varlıkları, zeytin üretimindeki mekanizasyon aşamaları ve karşılaştıkları sorunlar belirlenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Marmara bölgesinde incelenen toprakların %63'ünün killi-tın, %20'sinin tın ve %17'sinin kil bünyeli olduğu tespit edilmiştir (Başar, 2001). Toprak örneklerinin alındığı alanlarda yetiştirilen ürünlerden, zeytin ağaçlarının en iyi tınlı ve kumlu-tınlı topraklarda geliştiği saptanmıştır. Bölgenin zeytin yetiştiriciliği açısından uygun toprak özelliklerine sahip olduğu görülmektedir. Bölgeye bağlı olan Orhangazi ve Gemlik ilçeleri zeytin yetiştiriciliği konusunda ön plana çıkmaktadır (Başar, 2001). Diğer taraftan Mudanya en çok zeytin ağacına sahip ilçedir. Orhangazi, Gemlik ve İznik ekim alanı bakımından Mudanya'yı takip etmektedir. Üretim miktarları yönünden Gemlik, Mudanya, Orhangazi ve İznik önde gelmektedir. Ağaç başına verim ise İznik'te en yüksek seviyededir. Orhangazi ve Gemlik'te toplam tarım arazilerinin %60'ından fazlasında zeytin üretimi yapılmaktadır. Bu da bölge halkının tarımdaki birincil geçim kaynağının zeytin olduğunu göstermektedir. Bu çalışmada zeytin üreticisi açısından ilçe seçimi yapılmasındaki temel nokta da bu olmuştur.

Araştırma, Bursa ilinin Orhangazi ve Gemlik ilçeleri ve köylerinde 2014 yılında yürütülmüştür. Araştırmanın konusu, bu tip çalışmalarda yaygın olarak kullanılması ve elde edilen verilerin istatistiki olarak değerlendirilmesi açısından daha fazla olanak tanıyan anket yöntemi tercih edilmiştir. Buna göre, her iki ilçede de seçilecek örnek büyüklüğü için oransal tabakalı örnekleme yöntemi uygulanmıştır (Karagölge ve Peker, 2002). Orhangazi ve Gemlik ilçelerinde zeytinciliğin yoğun olarak yapıldığı köy ve kasabalardaki işletmeler daha önceden belirlenerek 150 adet işletmede anket görüşmeleriyle Bursa'yı karakterize edebilecek zeytin yetiştiriciliğindeki mekanizasyon düzeyi belirlenmeye çalışılmıştır. Her bir ilçede 8 adet olmak üzere toplam 16 adet köy belirlenmiştir. Orhangazi ilçesinde 82, Gemlik ilçesinde ise 68 çiftçi ile yüz yüze görüşülerek anket yapılmıştır. Anket sorularının, cevaplanma oranını yükseltmek, hataları azaltmak ve anket uygulanacak kişilerin eğitim durumları dikkate alınarak soruların kısa ve anlaşılır olmasına özen gösterilmiştir.

Karışıklıkları önlemek için işletme sahipleri ile bizzat görüşülmüş ve daha sonra değerlendirmeler yapılmıştır.

Anket formundaki sorular 4 ana kısımdan meydana gelmektedir. Birinci kısımda üreticilere ait genel bilgiler (işletme sahibi, arazi-zeytin ağacı, zeytin üretimi, hasat, değerlendirme vb.) sorulmuştur. İkinci kısımda işletmelerin mekanizasyon düzeyini belirlemeye yönelik traktör-makine varlığı soruları yer almıştır. Üçüncü kısımda zeytin üretiminde yapılan işlemler (budama, toprak işleme, gübreleme-ilaçlama, hasat vb.) sorulmuştur. Dördüncü kısımda ise, üreticinin zeytin yetiştiriciliğinde karşılaştığı sorunlara (bakım, hasat ve hasat sonrası işleme ve pazarlama gibi) yer verilmiştir.

Anket sonunda, 150 işletmeden elde edilen veriler MS Excel programında değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerde işletmelerin genel sosyal yapıları, arazi varlıkları, traktör varlıkları, alet ve makina varlıkları, zeytin üretiminde tarımsal işlemlerdeki mekanizasyon uygulamaları ortaya konularak, mekanizasyon dereceleri uygun kriterlere göre tespit edilmiştir.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

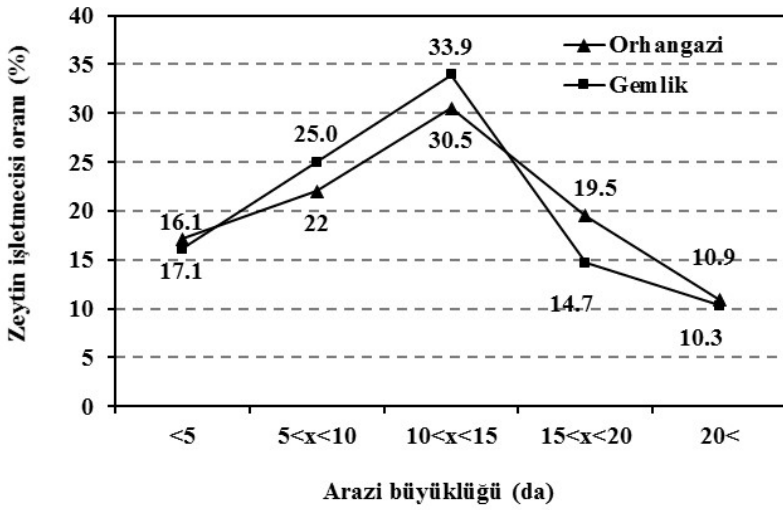
Zeytin Üreticilerinin Mesleki ve Eğitim Durumu

Yöredeki zeytin üreticilerinin mesleki durumu incelendiğinde, Orhangazi ilçesinde %54'ünün çiftçi, %28'inin emekli ve %18'inin çalışan kesimden oluştuğu, Gemlik ilçesinde ise %40'ının çiftçi, %41'inin emekli ve %19'unun ise çalışan kesimden oluştuğu görülmüştür. Gemlik ilçesinde emekli olan kesimin fazlalığı dikkat çekmektedir. Bu bağlamda ilçede zeytin üretimiyle uğraşan işletmelerin bir kısmının üretimi ek gelir amacıyla yaptığı düşünülebilir.

Zeytin üreticilerinin eğitim durumları incelendiğinde, Orhangazi ilçesindeki üreticilerin %48'inin ilköğretim, %28'inin ilkokul, %20'sinin lise mezunu olduğu belirlenmiştir. Üniversite mezunu %4 düzeyindedir. Gemlik'teki üreticilerin %38'inin lise, %32'sinin ilköğretim, %18'inin ilkokul ve %12'sinin üniversite mezunu olduğu belirlenmiştir. Gemlik'teki üreticilerin Orhangazi ilçesine göre eğitim durumu daha yüksektir. Bunun nedenlerinden biri, ilçedeki üreticilerin bazılarının çalışan kesimden oluşmasıdır. Erzurum ilinde 2006 yılında yapılan bir araştırmada, bölge üreticilerinin %2.7'si hiç eğitim görmemiş, %71.8'i ise ilkokul mezunu olup, bu kesim çoğunluğu oluşturmaktadır. Üniversite mezunu 2 kişi olup toplamın sadece %0.5'ni oluşturmaktadır (Yazıcı, 2006).

Üreticilerin Arazi, Zeytin Ağacı ve Zeytin Çeşidi Dağılımı

Orhangazi ve Gemlik ilçelerindeki anket yapılan işletmelerin arazi büyüklüğü Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1'de görüldüğü gibi, her iki ilçede de zeytin üreticilerinin arazi büyüklükleri birbirine yakın bulunmuştur. Ancak, Orhangazi ilçesinde 15 da'm üzerinde arazi büyüklüğü olan işletmelerinin oranı %30.4 iken, bu oran Gemlik ilçesinde %25.0 düzeyinde bulunmuştur. İlçelerdeki zeytin arazilerinin eğitim durumları incelendiğinde, Orhangazi'deki işletmelerin arazileri %36.6'sı düz araziye sahipken, bu oran Gemlik ilçesinde %20.6'dır (Duran, 2014). Arazi eğimleri Gemlik ilçesinde daha fazla bulunmuştur.



Şekil 1. Zeytin üreticilerinin arazi dağılımı

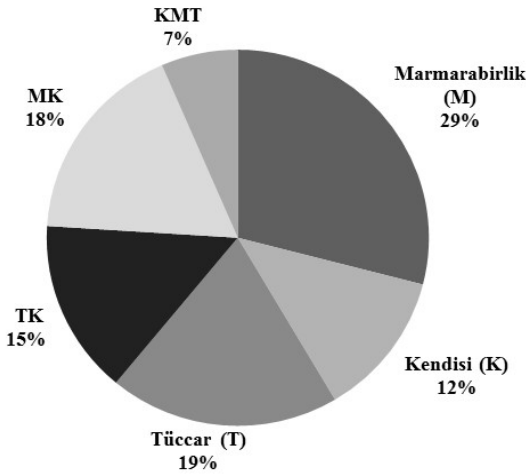
İlçeler zeytin ağacı varlığı açısından değerlendirdiğinde, Orhangazi ilçesinde 200-400 arası zeytin ağacı olan işletmelerin oranı %36.6 iken, Gemlik ilçesindeki işletmelerin oranı %20.6 tespit edilmiştir. Gemlik’te, üreticilerin %48.0’inin 400-600 arasında zeytin ağacına sahip olduğu bulunmuştur (Duran, 2014).

Bölgede yetiştirilen zeytinin tamamına yakına sofralık tüketim için işlendiğinden, yeni kurulan tesislerde “Gemlik” çeşidi zeytin tercih edilmektedir. Bundan dolayı yetiştirebilecek diğer çeşitlerin sayısı her geçen gün azalmaktadır. Her iki ilçede de ağırlıklı olarak “Gemlik” çeşidi zeytin (Orhangazi %96, Gemlik %98) yetiştirildiği, geri kalanın “Çelebi” ve “Domat” çeşitleri olduğu bildirilmiştir (Duran, 2014).

2012-2013 üretim sezonunda üreticilerin, Orhangazi’de % 40’ı, Gemlik’te % 44’ü 2-5 ton arasında zeytin alırken, üreticilerin yaklaşık %15’lik dilimi 10 ton’dan fazla ürün almaktadır.

Üreticilerin Zeytini Değerlendirme Şekli

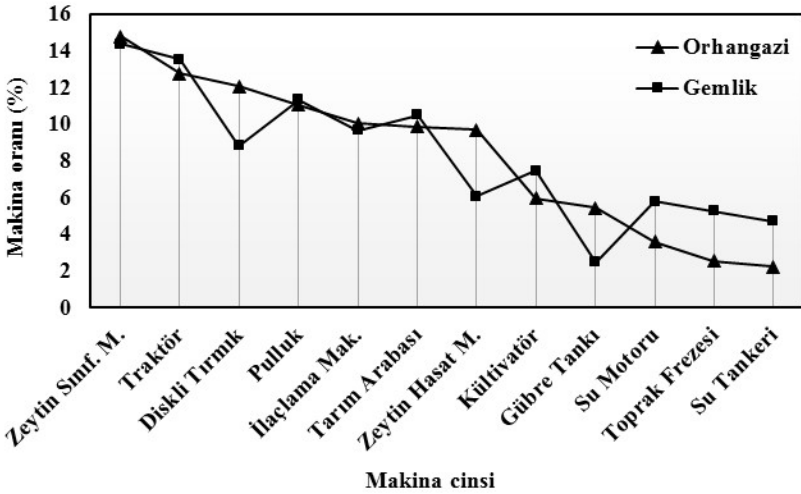
Her iki ilçede de üreticilerin ortalama %29’u ürünlerini Marmarabirlik’e satarken, %18’i hem kendisi işlemekte hem de Marmarabirlik’e satmaktadır (Duran, 2014). Sadece tüccara verenler ise %19’luk bir dilimi oluşturmaktadır (Şekil 2). Işık ve Darga (2002), Bursa genelindeki zeytin üreticilerinin ürün satışlarını %50 oranla Marmarabirlik ve Tüccara yaptığını bildirmiştir. Yapılan bu çalışmada, bu oranın günümüzde bir miktar düştüğü ve özellikle üreticilerin bir kısmı kendi ürünlerini kendilerinin pazarlama imkânlarına kavuştukları söylenebilir.



Şekil 2. Üreticilerin zeytini değerlendirme şekilleri

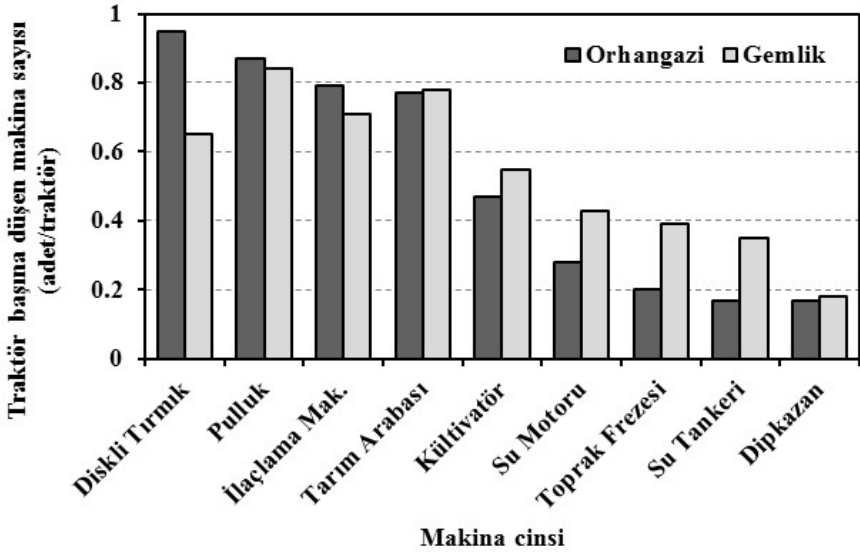
Zeytin Üreticilerinin Mekanizasyon Durumu

Orhangazi ve Gemlik zeytin üreticilerinin makina parkı göz önüne alındığında, en yüksek oranla %15 ile zeytin sınıflama makinasının sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3). Toplamda Orhangazi’de 87 adet, Gemlik’te 52 adet zeytin sınıflama makinası bulunmaktadır. İkinci sırada ise işletme başına Orhangazi’de %91 ve Gemlik’te ise %72 ortalama ile traktör yer almaktadır. Traktörün toplam makina parkı içerisindeki oranı %13-14’dür. Makina parkı içerisindeki zeytin hasat makinasını Orhangazi ilçesindeki işletmeler daha yoğun olarak kullanmaktadır (Duran, 2014).



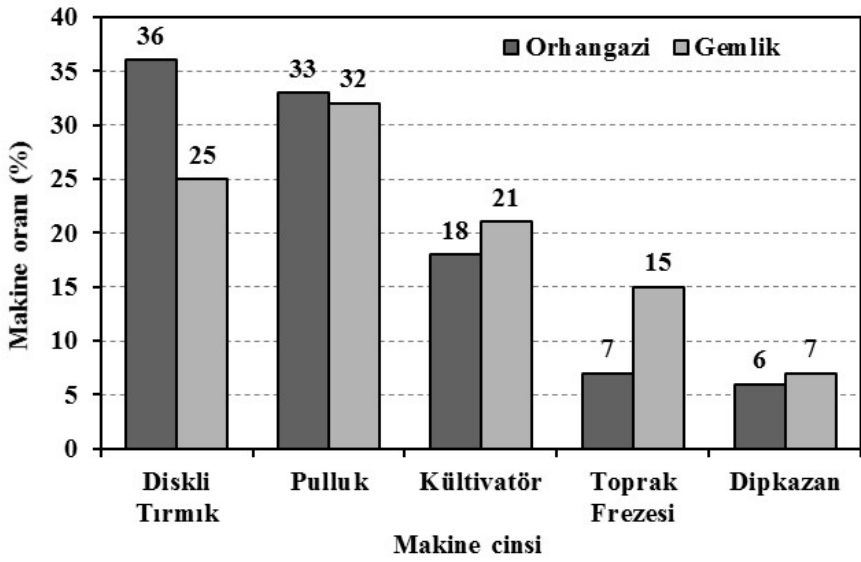
Şekil 3. Orhangazi ve Gemlik ilçelerindeki zeytin üreticilerinin makine parkı oranı

Anket yapılan işletmelerdeki traktör başına düşen makine sayısı Şekil 4’de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi diskli tırmık, pulluk, ilaçlama makinası ve tarım arabası üreticinin tercih ettiği öncelikli makinalar olmuştur. İşletmelerdeki traktör başına düşen makina sayısı Orhangazi’de 4.67 adet, Gemlik’te ise 4.88 bulunmuştur (Duran, 2014). Bu değerlendirmeye traktörle çalıştırılmayan zeytin sınıflama, zeytin hasat ve gübre tankı makinaları değerlendirmeye alınmamıştır. Traktör başına düşen makine sayısı gösterge değeri, Türkiye geneli için 5.20 adet/traktör’dür (Gökdoğan, 2012). Bu değerler kıyaslandığında yörede traktör başına düşen makine kullanım sayısının Türkiye ortalamasının altında kaldığı söylenebilir. Diskli tırmık, pulluk ve ilaçlama makinası kullanımı Orhangazi ilçesinde daha yoğun iken, kültivatör, toprak frezesi, dipkazan, su motoru, tarım arabası ve su tankeri kullanımında Gemlik öne çıkmıştır.



Şekil 4. İşletmelerin traktör başına düşen alet-makine sayısı

Bölgedeki zeytin üreticileri tarafından toprağın yapısı ve arazinin eğimine göre farklı toprak işleme aletleri kullanılmaktadır. Genellikle değişik tipte kulaklı pulluklar, birincil toprak işleme aleti olarak kullanılmaktadır. İkincil toprak işleme aleti olarak üreticiler diskli tırmık, kültivatör ve toprak frezesi kullanmaktadır. Orhangazi ve Gemlik’teki üreticilerin toprak işleme makinası varlığı genel olarak sırasıyla diskli tırmık %36-25, pulluk %33-32, kültivatör %18-21, toprak frezesin %7-15 ve dipkazan %6-7 şeklinde sıralanmıştır (Şekil 5). Zeytin yetiştiriciliği için önemli bir işlem olan toprak işlemeyi üreticilerin ortalama %84’ü uygulamaktadır (Duran, 2014). Durgut ve Arın (2005), Trakya bölgesindeki bağcılık yapan işletmelerin %22.3’ünün pulluk ve kültivatör kullandıklarını bildirmişlerdir.



Şekil 5. İlçelerdeki üreticilerin toprak işleme makinası varlığı

Anket sonuçlarına göre Orhangazi ve Gemlik'teki zeytin yetiştiricisinin %80'inin halen elle gübreleme yaptığı, %15'inin (Orhangazi %17, Gemlik %13) ise makine ile gübreleme yaptığı belirlenmiştir. İşletmelerin %5'i ise hiç gübreleme yapmamaktadır. Gübreleme yapan işletmelerin tamamına yakını sulama da yapmaktadır. Üretici salma veya damla sulama işlemi esnasında sıvı gübre uygulamasını gübre tankı vasıtasıyla yapmaktadır.

İlçelerde zeytin ağacı budaması genellikle Aralık ayından itibaren ve hasattan sonra başlamaktadır. Yörelerde az da olsa zeytin dal kanseri vb. hastalıklı ağaçların temizlenmesinde yaz budaması da yapılmaktadır. Zeytin üreticilerinin tamamına yakını budama işlemlerinde mekanik budama makası ve testeresi kullanmaktadır.

Yörede sulu tarım yapan üreticiler salma, karık ve damla sulama yöntemlerini kullanmaktadır. Orhangazi ilçesindeki işletmelerin büyük çoğunluğu (%40) salma sulama yöntemini kullanırken, Gemlik'te aynı oranda karık sulama tercih edilmektedir. Ayrıca, Orhangazi ilçesinde ikinci sırada %33 ile damla sulama yapılırken, Gemlik ilçesinde damla sulama tercih oranı salma sulamadan sonra %27 ile en az uygulanan sulama çeşidi olmuştur. Orhangazi ilçesinde zeytin yetiştiriciliği yapan çiftçilerin %95'i sulama yaparken, Gemlik'te bu oran %72'de kalmıştır (Duran, 2014).

Anketlerde çiftçilerin %90'ının kimyasal ilaçlama yaptığı belirlenmiştir. Kullanılan ilaçlama makinası içinde en fazla tercih edilenin turbo atomizör tip ilaçlama makinası olduğu (Orhangazi %91, Gemlik %84 oranında) belirlenmiştir. Geri kalan kısmını traktöre asılır tip bahçe pülverizatörler oluşturmaktadır.

Zeytinin hasadında, anket yapılan üreticilerin çoğunluğunun (ortalama %56 oranında) elle toplama yöntemini tercih ettiği belirlenmiştir. Bu yöntem ağaç gövde ve dallarına en az

zararı veren yöntem olmasına rağmen, işçilik giderlerinin yüksek olması ve olumsuz hava koşulları kısıtlaması, yörede dal sarsıcı adı verilen bazı mekanik zeytin toplama makinalarının kullanımında artışa neden olmuştur. Üreticilerin yaklaşık %42'si dal sarsıcı kullanmaktadır. Çok az oranda da elle veya sılıkla silkeleme uygulanmaktadır. Zeytinin ayırma işlemi amacıyla, Orhangazi'deki 82 işletmede toplam 87 adet zeytin sınıflandırma makinası olduğu tespit edilmiştir. Burada işletme başına 1.06 sınıflama makinası düşmesine karşın, bu makinaya sahip olmayan işletmelerin oranı da %14 düzeyinde olduğu saptanmıştır. Gemlik'teki 68 üreticinin ise %77'sinde zeytin sınıflandırma makinası bulunmaktadır (Duran, 2014).

Araştırmada, Orhangazi ilçesindeki işletmelerin %81'inin, Gemlik ilçesindeki işletmelerin ise %72'sinin kendine ait traktörü bulunduğu belirlenmiştir. Her iki ilçede de traktörü bulunan işletmelerin yaklaşık %90'nın 1 adet, %10'nun ise 2 ve üzeri traktörü bulunmaktadır. Ayrıca, Orhangazi ilçesinde işletmelerdeki traktör modellerinin %46'sı 2008 ve üstü model olduğu, %36'sının ise 2000-2007 yılları arasındaki model traktörler olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan Gemlik ilçesinde, işletmelerdeki traktör modellerinin %55'i 2008 ve üstü model, %33'ünün ise 2000-2007 yılları arasındaki model traktörler olduğu belirlenmiştir (Duran, 2014).

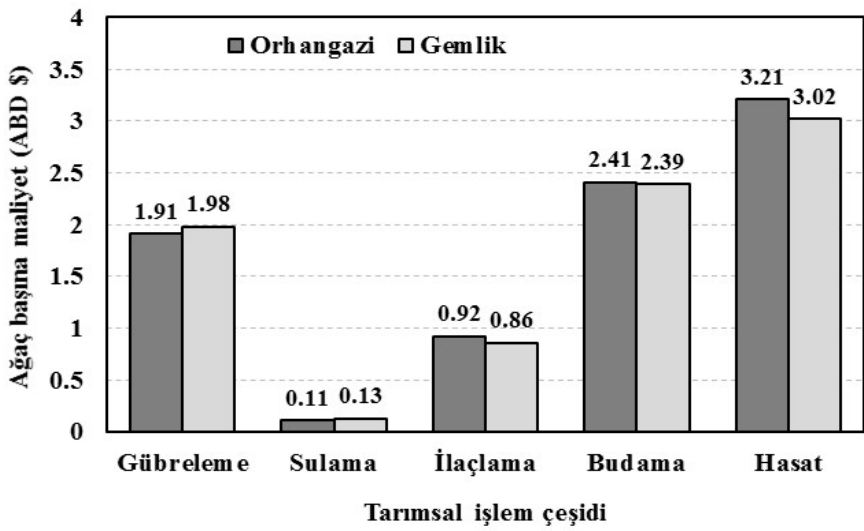
Bin hektara düşen traktör sayısı her iki ilçede de Bursa ve Türkiye ortalamasının çok üstünde bulunmuştur (Çizelge 2). Buna göre Orhangazi ilçesindeki işletmelerde 1000 ha'a 628.1 adet traktör düşerken, Bursa ili için 120, Türkiye genelinde ise 40 adet olduğu belirlenmiştir (Özgüven ve ark., 2010; TÜİK, 2012). Gemlik ilçesinde anket uygulanan işletmelerde ise, 1000 ha'a düşen traktör sayısı 520.2 adet olarak tespit edilmiştir. Gemlik ilçesi, birim alana düşen traktör sayısında Orhangazi'deki üreticilerin gerisinde kalmasına rağmen, traktör başına düşen alet-makine sayısında önde olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Orhangazi ve Gemlik ilçelerinde anket kapsamındaki işletmeler, Bursa ili ve Türkiye'nin bazı mekanizasyon gösterge değerleri

Gösterge	Üretim Alanı (ha)	Traktör Sayısı (adet)	Birim Alandaki Traktör Sayısı (traktör/1000 ha)	Traktör Başına Düşen Alan (ha/traktör)	Traktör Başına Düşen Alet-Makine Sayısı (adet/traktör)
Orhangazi	119.4	75	628.1	1.6	4.7
Gemlik	94.2	49	520.2	1.9	4.9
Bursa	365217	43841	120.0	8.3	4.2
Türkiye	26672000	1073538	40.0	24.8	5.2

Orhangazi ve Gemlik ilçelerindeki anket uygulanan işletmelerinin yaklaşık %30'unu aile işletmeleri oluşturmaktadır. İşçi çalıştıran işletmelerde ise en fazla oranı 4-8 arası işçi çalıştıran işletmeler oluşturmaktadır. Geri kalan işletmeler daha az (1-4 arası) işçi çalıştırmaktadır.

Zeytinin işlem aşamalarındaki işçilik maliyetleri incelendiğinde, ağaç başına en yüksek maliyeti 3.1 \$ ile hasat işlemi oluşturmaktadır. Bu işlemi sırasıyla budama, gübreleme ve ilaçlama işlemleri takip etmektedir (Duran, 2014). İlçeler arasındaki işçilik maliyetlerinde önemli bir fark görülmemiştir (Şekil 6).



Şekil 6. İşçilik maliyetleri

Sonuç

Orhangazi ve Gemlik ilçelerinde zeytin tarımı yapan işletmelerin yapısal ve mekanizasyon özelliklerine ilişkin sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Orhangazi’de işletmelerin %30.5’i, Gemlik’te %33.9’u 10-15 da araziye sahiptir. Her iki ilçede de zeytin tarımı yapılan araziler çoğunlukla %1-10 eğimlidir. İlçelerde işletmelerde çoğunlukla 400-600 adet zeytin ağacı bulunmaktadır.
- Anketlerin yapıldığı ilçelerde işletmelerin 2012-2013 yılları arası zeytin üretim miktarları en çok 2-5 ton arasındadır. İlçelerdeki işletmeler zeytinleri çoğunlukla Marmarabirlik’e satmaktadırlar.
- Her iki ilçe tarım makinaları varlığı açısından birbirine benzerlik göstermektedir. Makine parkında ilk sırayı zeytin sınıflandırma makinası almaktadır (Gemlik %14, Orhangazi %15). İşletmelerdeki ikinci en yüksek değeri işletme başına düşen traktör sayısı (Gemlik 0.72 traktör/işletme, Orhangazi 0.91 traktör/işletme) almaktadır.
- Bölgedeki üreticilerin %80’i toprak işleme yapmaktadır. Yoğun olarak kullanılan toprak işleme aletlerinde ilk iki sırayı diskli tırmık ve pulluk almaktadır.
- İlçelerde gübrelemede mekanizasyon kullanan işletme sayısı azdır. Orhangazi’de işletmelerin %79’u, Gemlik’te %80’i elle gübreleme yapmaktadır. Orhangazi’de gübrelemede mekanizasyon kullanımı %17, Gemlik’te %13 düzeyindedir.
- İlaçlamada Orhangazi’de %91 oranında, Gemlik’te ise %84 oranında atomizör kullanılmaktadır. Bölgedeki üreticilerin ortalama %90’ı sezonda ilaçlama yapmaktadır. İlaçlama yapan üreticilerin çoğunluğu sezon boyunca 4 kez ve üzeri ilaçlama yapmaktadırlar.

- İlçelerde hasat büyük çoğunlukla elle sağım (Orhangazi %55, Gemlik %57) şeklinde yapılmaktadır. Hasatta dal sarsıcı makine kullanımı (Orhangazi %43, Gemlik %40) yavaş yavaş artış göstermektedir. Bölgedeki üreticilerin büyük çoğunluğu zeytin sınıflandırma makinesine sahiptir (Orhangazi %86, Gemlik %77).
- Orhangazi ve Gemlik ilçelerinde traktör kullanımı yaygındır ve genel olarak 2012 model üstü traktör kullananlar, 1999 model ve altı kullananlardan fazladır. Orhangazi bölgesindeki üreticilerin %81'inin, Gemlik'te ise %72'sinin kendine ait traktörü vardır. Orhangazi bölgesindeki üreticilerin %36'sı 2000-2007 modelleri arasındaki traktör kullanırken, Gemlik bölgesinde %39'u 2008-2011 model traktör kullanmaktadır.
- Traktör başına düşen alet-makine sayısında, Orhangazi ilçesindeki üreticilerin 4.7 adet/traktör, Gemlik ilçesindeki üreticilerin ise 4.9 adet/traktör tespit edilmiştir. Genel itibarıyla traktör başına düşen alet-makine sayılarında il bazında yüksek olmasına karşın Türkiye ortalamasının altında kalmaktadır. Birim alana düşen traktör sayıları ise Orhangazi ilçesi için 628.1 adet/1000 ha, Gemlik ilçesinde ise 520.2 adet/1000 ha olarak tespit edilmiştir.
- Her iki ilçedeki zeytin üreticileri özellikle hasat ve budama olmak üzere çeşitli işlemlerinde işçi çalıştırmaktadır. İşletmeler genellikle hasat sırasında 4 ve üzeri işçi çalıştırmaktadır. Her iki bölgedeki zeytin üretimi yapan işletmelerde bakım işlemlerinde en yüksek maliyeti hasat ve budama almaktadır.

Kaynaklar

- Anonim 2014. 2013 Yılı Bursa ili tarımsal yatırım rehberi. T.C. Gıda Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, Tarımsal Yatırımcı Danışma Ofisi. http://www.tarim.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il_yatirim_rehberleri/bursa.pdf (15.06.2014).
- Başar H. 2001. Bursa ili topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleri ile incelenmesi. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 15: 69-83.
- Duran E. 2014. Bursa İline Bağlı Orhangazi ve Gemlik İlçelerindeki Zeytin Üreticilerinin Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniv. Fen Bilimleri Enst. Tarım Makinaları Anabilim Dalı, 64 s., Bursa.
- Durgut M.R. ve S. Arın. 2005. Trakya yöresi bağcılıkta mekanizasyon düzeyi ve sorunları. Tekirdağ Ziraat Fak. Dergisi, 2(3): 287-293.
- FAO. 2014. Faostat database search results, <http://www.fao.org>. (10.05.2015).
- Gökdoğan O. 2012. Türkiye ve Avrupa Birliği'nin tarımsal mekanizasyon düzeyi göstergelerinin karşılaştırılması. Adnan Menderes Üniv., Ziraat Fak. Dergisi, 9(2): 1-4.
- Işık E. ve A. Darga. 2002. Bursa ve yöresinde zeytin üretiminde mekanizasyon düzeyinin belirlenmesi. Uludağ Üniv., Ziraat Fak. Dergisi, 16(2): 59-69.
- Karagölge, C. ve K. Peker. 2002. Tarım Ekonomisi Araştırmalarında Tabaklı Örnekleme yönteminin kullanılması. Atatürk Üniv., Ziraat Fak. Dergisi, 33(3): 313-316.
- Özguven M.M., Türker U. ve A. Beyaz. 2010. Türkiye'nin tarımsal yapısı ve mekanizasyon durumu. Gaziosmanpaşa Üniv., Ziraat Fak. Dergisi, 28(2): 89-100.
- TÜİK. 2010. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr/> (05.04.2014)

TÜİK. 2012. Bitkisel Üretim İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr/> (05.04.2014)

Ünal H., Işık E. ve K. Alibaş. 2006. Zeytin üretiminde mekanizasyon uygulamaları. Ulusal Zeytin ve Zeytinyağı Sempozyum ve Sergisi, 15-17 Eylül 2006, s.371-385., İzmir.

Yazıcı N. 2006. Erzurum ili, Pasinler Ovasında şekerpancarı tarımı yapan tarımsal işletmelerin mekanizasyon düzeylerinin tespit edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniv., Tekirdağ Ziraat Fak. Tarım Makinaları Anabilim Dalı, 57s., Tekirdağ.



Siyanobakterilerden Elde Edilen Pigment Maddeleri ve Kullanım Alanları

Hilal KARGIN YILMAZ¹, Mahitap Duygu DİKBAŞ², Murat BİLGÜVEN^{1*}

¹Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Yenişehir Kampüsü, Mersin.

²Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Su Ürünleri Ana Bilim Dalı, Mersin.

*e-posta: wasp93@hotmail.com

Geliş Tarihi: 25.10.2015; Kabul Tarihi:11.01.2016

Öz: Siyanobakterilerden elde edilen önemli pigmentler; klorofil a, β -karoten, asta-ksantin, fikosiyanın, ksantofil ve fikoeitrin'dir. Fikosiyanın mavi renkli, kokusuz, toksik olmayan, suda çözünebilen, güçlü floresan özelliğe sahip doğal bir renk maddesidir. Bu pigmentler gıda, eczacılık, tekstil ve kozmetikte, kanserojen olduğundan şüphe edilen sentetik pigmentlerin yerine, doğal pigmentler olarak kullanılabilir. Floresan özelliklerinden dolayı mikroskopi, sitometri, bağışıklık, doku kimyası çalışmalarında floresan prob olarak kullanılmaktadırlar. Ayrıca, antioksidan ve radikalleri uzaklaştırıcı etkilerinden dolayı, nutrasötik ve farmasötik olarak kullanılma potansiyeline de sahiptirler. Bu bağlamda fikosiyanın üretimine ve kullanımına olan ilgi son yıllarda giderek artmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Siyanobakteriler, fikosiyanın, pigment maddeleri.

Pigment Substances and Usage Areas from Cyanobacteria

Abstract: Important pigments from Cyanobacteria are chlorophyll a, β -carotene, asta-xanthine, phycocyanin, xanthophylls and phycoerythrin. Phycocyanin which is a natural colour substance, blue coloured, odourless, nontoxic, soluble in water, high fluorescent. These pigments can be used as natural pigments instead of synthetic pigments which are suspected carcinogens in food, pharmacy and cosmetic. They are used as fluorescence probe in microscopy, cytometry, immunology, histochemistry studies because of their fluorescent property. Additionally, they have potentials of usage as nutraceutical and pharmaceutical because of their effects of antioxidant and removing radicals. In this context, interest to production and usage of phycocyanin is increasing in recent years.

Key Words: Cyanobacteria, phycocyanin, pigment substances.

Giriş

Mavi-yeşil algler olarak bilinen siyanobakteriler, silindirik hücrelerden oluşan iplikli yapıda, gaz vakuelleri içeren prokaryotik yapıda bir algdır (Richmond, 1986). Ayrıca, ticari değerli bazı metabolitleri biriktirme özelliği gösteren mikroskobik canlılardır. Algler; karbonhidratları, proteinleri, esansiyel aminoasitleri, vitaminleri ve biyoaktif molekülleri içermekte ve üretmektedir. Siyanobakterilerden *Spirulina platensis*'in (Resim 1.) pigment içeriği genel olarak tek klorofil, klorofil-a'dır ve miktarı kuru ağırlıkta 0.8%–1.5% arasında değişmektedir. Soğukta kurutulmuş (freze-dried) *Spirulina*'da ksantofil içeriği oldukça önemli düzeydedir (6.9 gkg⁻¹). Diğer başlıca karotenoidleri, miksokksantofil (37%), β-karoten (28%), zeaksanthin (17%)'dir (Paoletti ve ark., 1980). *Spirulina*'nın proteinleri içinde en yüksek ekonomik değere sahip olanları biliproteinlerdir. *Spirulina* C-fikosiyenin ve allofikosiyenin olmak üzere iki tip biliprotein içermektedir. Bu mikroalgin protein fraksiyonunun yaklaşık 20%'si, suda çözünen mavi bir pigment olan C-fikosiyeninden oluşmaktadır. Fikosiyenin maksimum absorpsiyonu 620 nm'dir (Cohen, 1997). Ürettikleri önemli pigmentler; klorofil a, β-karoten, astaksantin, fikosiyenin, ksantofil, fikoeritrosin'dir. Bu pigmentler gıdada, eczacılıkta, tekstilde, kozmetikte ve doğal bir pigment olarak, kanserojen olduğundan şüphe edilen sentetik pigmentlerin yerine kullanılabilir (Cohen, 1997; Sarada ve ark., 1999).

Bitkilerde fotosentez gibi ışık ile ilgili olayları gerçekleştiren çeşitli renk maddeleri (pigmentler) bulunur. Pigmentlerin bir bölümü plastidler içerisindeki zar sistemlerine (tilakoid membranlara) yerleşmiş olarak bulunurken; bir kısmı vakuolde çözünmüş durumdadır. Pigmentler ışık enerjisinin bitkiler tarafından kullanılabilmesini sağladığı gibi, bitkilerin şiddetli ışıktan zarar görmesini de önlemektedirler (Öncel ve ark., 2004). Fotosentetik organizmalardaki pigmentler aşağıdaki (Tablo 1.) verilmiştir.

Çizelge 1. Fotosentetik Organizmalardaki pigmentler (Öncel ve ark. 2004).

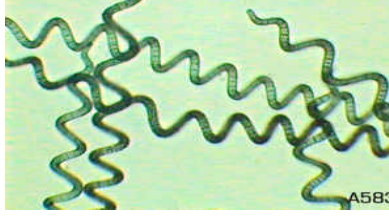
Organizma	Primer pigment	Aksesuar pigmentler	Absorbe ettiği dalgaboyu (nm)
Mor bakteriler	b.klo.a*	b klo.a b klo.b	Mavi, mor-kırmızı 470–750 Mavi, mor-kırmızı 400–1020
Yeşil kükürt Bakterileri	b.klo a	b klo.c Clorobium klo.	Mavi-kırmızı 470–750
Mavi-yeşil alg	klo.a**	fikosiyenin fikoeritrin allofikosiyenin	Turuncu 630 Yeşil 570 Kırmızı 650
Kırmızı alg	klo.a	fikosiyenin fikoeritrin allofikosiyenin	Turuncu 630 Yeşil 570 Kırmızı 650
Kahverengi Alg	klo.a	klo.c	Mor, mavi-kırmızı
Yüksek Bitkiler	klo.a	klo.b	Mavi, mor-turuncu, kırmızı 454–670
Çoğu yüksek bitki alg ve bakteri		a ve 13 karotenoidler ksantofiller	Mavi-yeşil 450

* Bakteriyoklorofil-a

** Klorofil- a

Syanobakteri (mavi-yeşil alg)

Mavi-yeşil algler, prokaryotik doğası nedeniyle "siyanobakteri" olarak isimlendirilirler. Fotosentetik özelliğe sahip siyanobakteriler ilk kez fosillerde saptanmıştır. Koyu yeşilimsi-mavi pigmentlerinden dolayı mavi-yeşil algler olarak adlandırılırlar.



Şekil 1. Spirulina platensis

Texcoco gölü kıyısında yaşayan Aztekler'in XVI. y.y *Spirulina*'yı besin olarak kullanmış ve XX. y.y Çad Gölü'nün kuzey kıyısında yaşayan insanların gölden topladıkları *Spirulina* algini yiyecek olarak kullandıkları bilinmektedir. 1959 yılında Brandily, yaptığı gözlem ve araştırmalarında Kadjidi kabilesinin Çad gölünde çok yoğun bulunan *Spirulina* alginden elde ettikleri yeşilimsi unu yiyeceklerine kattıklarını; bu nedenle diğer bölgelerde yaşayan yerlilere göre daha uzun boylu ve sağlıklı olduklarını bildirmiştir. Araştırmacılar, laboratuvarlarında ürettikleri *Spirulina*'da 60%-70% oranında protein tespit ettiklerini belirtmişlerdir. NASA, uzay araştırmalarında *Spirulina*'dan besin tabletleri yapmak için konuyu sahiplenmiştir. Sonraki çalışmalar, üretim kapasitesini artırma ve kullanım alanlarını geliştirme amaçlı yoğunluk kazanmıştır (Dalay ve ark., 2001). Mavi-yeşil algler içerisinde *Spirulina*, *Oscillatoria* ve *Anabaena* gibi hızlı gelişen siyanobakteriyel cinsler; pigmentler, yağ asitleri, karbonhidratlar, proteinler ve diğer birçok besin bileşiklerini üretmeleri nedeniyle besin ve besleme çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Yamada, 1994). Syanobakterilerden elde edilebilen mavi pigment fikosiyanın, kozmetik ve besinler için doğal bir renklendirici olarak kullanılır. Syanobakteriler fikosiyaninler, karotenoidler ve gamma-linoleik asit gibi yüksek katma değerli kimyasalları yüksek miktarlarda biriktirdiği fark edildiğinden beri, özellikle *S. platensis*'in potansiyel üretimi yoğunluk kazanmıştır (Dalay ve ark., 2008).

Syanobakterilerin Yapısı

Syanobakterilerin hücre duvarının yapısında peptidoglikan mevcuttur ve bu nedenle gramnegatif *Bacteria*'lara benzerlik gösterirler. *S. platensis*'in elektron mikroskobu ile gözlenen hücresel organizasyonunda da morfolojik olarak sınırlandırılmış bir nukleus ve plastid mevcut olmadığı ve dışta gram negatif tipte bir zara sahip olduğu bildirilmiştir (Dalay ve ark., 2008). Klorofil ve karotenoid pigmentler "lamella" adı verilen hücre yüzeyi membranında, fikosiyanın ve fikoeritrin gibi pigmentlerde fikobilisomlarda bulunur. Fikobilisomlar tilakoid membran yüzeyinde bulunurlar.

- Fikosiyanın Yeşil ışığı absorblar (615-620A).
- Allofikosiyanın Turuncu ışığı absorblar (650-670A)
- Fikoeritrin Yeşil ışığı absorblar (495-570A)

Syanobakterilerin (Mavi-yeşil alglerin) Biyoteknolojik Önemi

Spirulina ilk kez 1927 yılında Turpin tarafından izole edilmiştir. 1962 yılında Fransız Petrol Araştırma Enstitüsü (IFP)'nün mavi-yeşil algler grubundan *Spirulina*'nın çok zengin bir gıda maddesi olduğunu belirtmesi ile önemi anlaşılmıştır (Fox, 1996). *Spirulina*'nın koyu yeşil rengi, karotenoid (turuncu), fikosiyain (mavi) ve klorofil (yeşil) pigmentlerinden kaynaklanmaktadır (Tablo 2.). *Spirulina* hücrelerinin makromoleküler yapısıyla sıcaklık arasında da ilişki vardır. *Spirulina* kültürlerinde sıcaklık artışı, klorofil a'daki fikobiliprotein oranı da artar. Bu sebeple 42–43°C sıcaklıkta, *Spirulina* filamentlerinde klorofil a ve fikobiliproteinlerin bozulmasından ve karotenoidlerin artmasından dolayı 35°C'deki karakteristik mavi-yeşil renk, yeşile dönüşür (Cohen, 1997; Sarada ve ark., 1999; Becker, 1995). Plazmanın çevreye yakın kısmında serbest halde klorofil a bulunurken, klorofil b pigmentini içermez. Klorofil a yardımıyla organizma fotosentez yapabilir (Bourrelly, 1970; Yıldız, 2001).

Çizelge 2. Doğal Bitkisel Besleyiciler

Pigmentler	Renk	Her 10 g	<i>Spirulina</i> %
Fikosiyain	Mavi	1400 mg	14.0
Klorofil	Yeşil	100 mg	1.00
Karotenoid	Turuncu	47 mg	0.47

mg: Miligram, **µg:** Mikrogram, **IU:** Uluslararası Birim

Syanobakterilerin İçerdiği Pigmentler

Mavi-yeşil alglerde pigmentler protoplastın dış kısmında yoğunlaşmıştır. Kromatoplazma olarak adlandırılan bu bölgede yer alan tilakoidlerin, elektron mikroskop çalışmalarında hücre zarına paralel uzanan serbest sitoplazmik bileşenler olduğu görülmüştür. Tilakoid membranlar yağda çözünen klorofil-a ve karotenoidleri içerir. Suda çözünen fikobiliproteinler ise tilakoidlerin dış yüzeylerine tutunmuş küçük bölmelerde yer alırlar. Ayrıca tilakoid boşlukları içerisinde silindirik şeklindeki gaz vezikülleri bulunur. Bunlar *Spirulina*'ya yüzebilmeye özelliğini verir. Bunun dışında vezikül içermezler (Tomaselli, 1997).

Klorofil

Fotosentetik organizmalar buldukları sınıflara göre farklı yardımcı (aksesuar) pigmentler içermektedirler. Klorofil-a tüm alglerde temel fotosentetik pigmenttir. (Tunail, 2009). Syanobakterilerdeki klorofil-a ve fikobiliprotein konsantrasyonları kültürün bulunduğu ortam koşullarına bağlıdır. Hücrelerin geliştiği ışık rengi fikosiyainin (PC)/klorofil-a (Kl-a) oranının saptanmasında önemlidir. Govindjee ve Yang, 1966; siyanobakteri olan *Anacystis nidulans*'ın farklı ışık rejimlerinde (farklı ışık yoğunluğu ve farklı ışık renklerinde) pigment miktarı ve pigmentler arası enerji aktarımı üzerine yaptıkları çalışmada algin yetiştiği ışık yoğunluğunun, fikosiyaininden klorofil-a'ya enerji aktarımında önemli olduğunu ortaya koymuştur. Denemelerinde yoğun beyaz ışıkta

yetiştirilen kültürlerde (PC)/(Kla) oranı 0.74 olurken düşük yoğunluktaki beyaz ışıkta (PC)/(Kl-a) oranı 1.05 olmuştur.

Schagerl ve Müller, 2006; ise, parlak ışık altında gelişen siyanobakterilerde zeaksantin/klorofil-a oranının arttığını belirtmişlerdir. Ekstraksiyon yöntemi olarak genellikle sonikasyon, öğütme ve dondurma-çözdürme yöntemlerinden biri tercih edilir (Akoğlu, 2012). Burada amaç, kloroplastın parçalanarak pigment kaybı olmadan renk maddelerinin çözücüye geçmesidir. Çözücü olarak ise genellikle pigment yapısına zarar vermeyen 90%'lık aseton kullanılır. Hücreler parçalandıktan sonra tam ekstraksiyonun sağlanması ve yabancı maddelerin uzaklaştırılması için santrifüj işlemi uygulanır. Santrifüjün ardından üstte kalan süpernatant çözünmüş saf pigment ekstraktı olarak kullanılır. Bu ekstrakt gerek florümetre (klorofil floresanının belirlenmesi için), gerek spektrofotometre (klorofil absorbansının saptanması için), gerekse diğer fitoplankton pigmentlerinden klorofilin ayrılması için kromatografide kullanılabilir (Newton, 2002).

Ekstraksiyon yönteminde kullanılan derişik HCl çözeltisi klorofil pigmentinin degradasyonuna yol açmaktadır. Hücrelerin asit ile hidrolizinin ardından spektrofotometrede 664.5, 606 ve 534 nm dalga boylarında en yüksek absorbans değerleri elde edilmektedir (Newton, 2002; Shan, 1998). Siyanobakteriler klorofil pigmentleri içerisinde yalnızca klorofil-a içerir. Bu nedenle siyanobakterilerde 90%'lık metanol içerisindeki klorofil-a miktarı:

$$\text{Klorofil-a (Wg/mL)} = 13.9 * A_{665}$$

eşitliği ile hesaplanır (Macías-Sánchez ve ark., 2007).

Karotenoidler

Mikroalglerin karotenoidleri sentezi türlere, algin yaşına ve çevresel koşulların değişimine bağlı olarak, örneğin normal tuz değerlerinde sapmalar, sıcaklık, ağır metal konsantrasyonu, ortamdaki azotun kullanılabilirliği ve ışık yoğunluğunda artış, hücreler üzerinde stres yaratarak karotenoid sentezinin artmasına neden olurlar (Gouveia ve ark., 1996). Siyanobakterilerdeki karotenoid miktarı, baskın pigmentlerin miktarı sabit kalırken gelişme koşullarına göre değişkenlik gösterir. Z- karoten, zeaksantin, ketokarotenoidler (ekinenon ve kantaksantin) ve glikozidli karotenoid miksoksantofil siyanobakterilerde bulunan karotenoid maddelerdir. Miksoksantofiller yalnızca siyanobakterilere özgüdür (Schagerl ve Müller, 2006).

Goodwin, 1957; mavi-yeşil algler tarafından Z-karoten, ekinenon ve miksoksantofil olmak üzere 3 temel karotenoid sentezlendiğini tespit etmiştir. Zeaksantin ise çok az miktarda bulunmakta olup, toplam karotenoidlerin 30%-60%'ını Z- karotenin oluşturduğunu bildirmiştir. Siyanobakterilerin sahip olduğu toplam karotenoid miktarı 90%'lık metanol içerisinde çözündürülerek,

$$\text{Toplam karoten (Wg/mL)} = 4.5 * A_{475}$$

formülü ile hesaplanır (Zou ve Richmond, 2000). Burada A 90%'lık metanol içerisinde çözülmüş karotenoidlerin 475 nm dalga boyunda elde edilen absorbans değeridir.

Fikobiliproteinler

Siyanobakteri ve kırmızı alglerde tilakoid membranın sitoplazmaya dönük kısmına yerleşik özel yapılar olan fikobilizomlar, içinde fikobiliproteinleri bulunduran yardımcı pigmentlerdir. Fikobilinler fikoeritrobin, fikosiyanobilin gibi protein olmayan bileşiklerin, proteinlerle birleşmesi ile meydana gelirler (Abalde ve ark., 1998; Tunail, 2009).

Fikobiliproteinlerin 75%'ini fikosiyaninler, 12%'sini allofikosiyaninler, 12%'sini de fikoeritrinler ile pigmentiz polipeptidler oluştururlar (Tunail, 2009). Fikobilizomlar merkezinde allofikosiyanin bulunan, fikosiyaninle çevrilmiş olup ve (eğer varsa) en dış katmanda fikoeritrinden oluşurlar. Fikosiyanin temel bileşen olup, allofikosiyanin ise fikobilizomlar ve fotosentetik lameller arasında bağlayıcı pigment görevindedir (Sarada ve ark., 1999). Fikobiliproteinleri fikobilizoma ve fikobilizomları tilakoid membrana bağlama görevini renksiz polipeptidler üstlenirler (Abalde ve ark., 1998). Pigment-protein kompleksleri genellikle 550–650 nm dalga boyları arasındaki ışığı absorblar. Bu pigmentlerin amacı görünür ışığın daha geniş sınırlar arasında kullanılmasını sağlamaktır (Tunail, 2009).

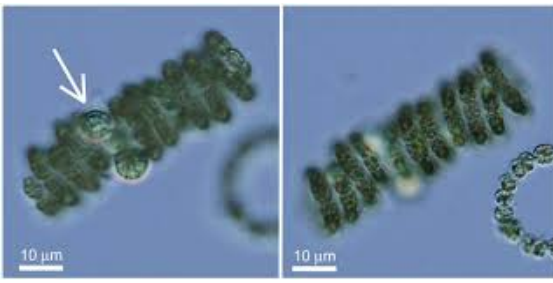
Fikosiyanin Pigmenti

Fikosiyanin; kokusuz, toksik olmayan, suda çözülebilen, yüksek antioksidan ve güçlü floresan özelliğine sahip, mavi renkli bir toz olup ticari adı "lina mavisi" bir pigment maddesidir (Resim 2.). Siyanobakterilerde yüksek miktarda bulunan ve ekonomik anlamda en önemli fikobiliprotein çeşididir. Bu pigment ışığa olan hassasiyeti ile bilinmektedir. Bu sebeple pigmentin rengini kaybetmemesi için ürünün ışıktan korunması önemlidir.

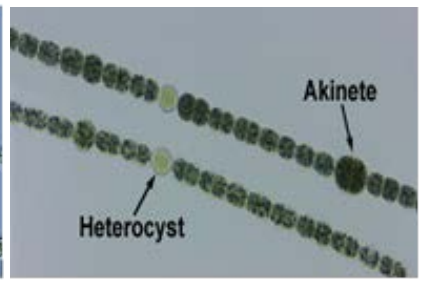


Şekil 2. *Spirulina platensis*' den elde edilen C-Fikosiyanin pigmenti

Fikosiyaninin protoplazma içinde hücre kuru ağırlığının yaklaşık 20%'sine varabilen oranlarda bulunabildiği bildirilmiştir (Santiago-Santos ve ark., 2004). Fikosiyanin yapısı ise bağlı bulunduğu mikroorganizma çeşidine ve ortam koşullarına göre farklılık göstermektedir. Fikosiyaninin prostetik grubu olarak kabul edilen ve proteinin karakteristik mavi renginden sorumlu olan fikosiyanobilin kromoforu farklı bölgelerden sistein aminoasitine bağlanarak fikosiyanin yapısının oluşumunu sağlamaktadır (Santiago-Santos ve ark., 2004; Stec ve ark., 1999; Contreras-Martel ve ark., 2007). Siyanobakteriler arasında en önemli fikosiyanin üreticisi fototrofik bir siyanobakteri türü olan *Spirulina platensis*'tir. Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalar fikosiyanin üretimi açısından birçok siyanobakteri türünün (*Spirulina maxima*, *Spirulina fusiformis*, *Anabaena* sp., *Synechococcus* sp., *Aphanothece halophytica*, *Nostoc* sp., *Oscillatoria quadripunctulata*, *Phormidium ceylanicum*) *S. platensis*'e alternatif olabileceğini göstermiştir (Eriksen, 2008) (Resim 3, 4, 5,6,7,8,9).



Şekil 3. *Spirulina maxima*



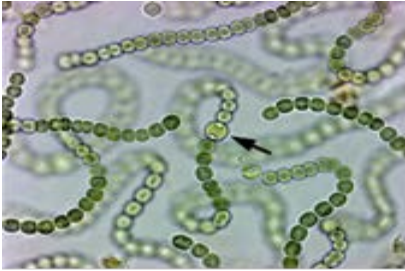
Şekil 4. *Anabaena* spp.



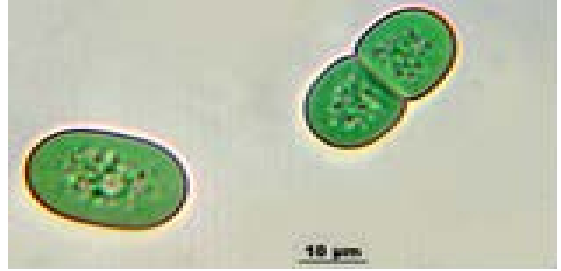
Şekil 5. *Spirulina fusiformis*



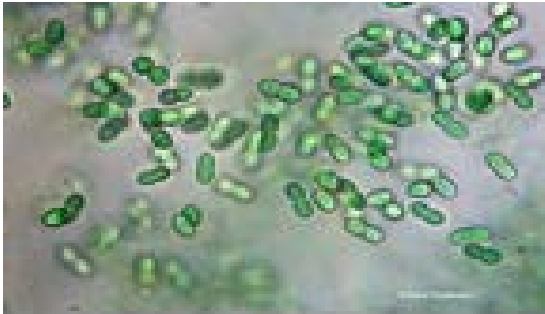
Şekil 6. *Oscillatoria* spp.



Şekil 7. *Nostoc* spp.



Şekil 8. *Synechococcus* spp.



Şekil 9. *Aphanothece halophytica*

Fikobiliproteinler suda çözünen protein-pigment kompleksleri halinde kolaylıkla izole edilebilirler (Abalde ve ark., 1998). *S. platensis*'te fikosiyanın miktarı hücre kuru ağırlığının 20%'sini oluşturmaktadır (Chaiklahan ve ark., 2011).

Fikosiyanın özellikle Uzakdoğu'da gıda ve kozmetik sanayiinde geniş kullanım alanı bulmaktadır. Ancak fikosiyanınin ışığa ve sıcaklığa karşı duyarlı olması yaygın olarak kullanılmasını kısıtlamaktadır. Fikosiyanın kullanım alanını daraltan termal stabilitesinin düşük olması, ortama çeşitli karbonhidratların eklenmesi ile giderilebilmektedir (Furuki ve ark., 2003). Bir siyanobakteri veya kırmızı algin sahip olduğu fikosiyanın konsantrasyonu,

$$C-PC \text{ (mg/mL)} = (A_{620} - 0.47A_{652})/5.34$$

eşitliği ile hesaplanır (Moraes ve ark., 2011). Birim gramdan elde edilen fikosiyanın miktarını belirlemek amacıyla verim hesaplaması da;

$$\text{Verim (mg/g)} = (C-PC * V) / KM$$

formülü ile yapılır (Moraes ve ark., 2011).

Fikosiyanınin kullanım alanını belirleyen saflık derecesi önemli bir parametredir. Saflık oranının belirlenmesi amacıyla fikosiyanine ait dalga boyu 620 nm'de elde edilen absorbans değerinin, 280 nm'de elde edilen toplam proteine ait absorbans değerine oranıdır (Moraes ve ark., 2011).

$$\text{Saflık} = A_{620} / A_{280}$$

Dondurma-çözme yoluyla parçalanmış hücreler aseton içerisinde çözüldükten sonra yapılan spektrum taramasında karotenoidlere özgü spesifik dalga boyu saptanamamıştır. Santrifüj yardımıyla hasat edilmiş ve 0.1 M sodyum fosfat tamponu (pH 7) ile sulandırılmış örnekler -21°C'de dondurma, ardından, 95°C'deki su banyosunda 2 dakika süreyle çözme işlemi arka arkaya 5 kez tekrarlanarak hücre duvarının parçalanması sağlanmalıdır.

Prokaryot bir siyanobakteri olan *S. platensis*'in peptidoglukan yapısındaki hücre duvarının parçalanması için yukarıda belirtilen, 5 tekrarlı dondurma (-21°C), çözme (95°C'de 2 dakika) işlemi uygulanmalıdır.

Fikosiyanın Ekstraksiyonu

Ticari açıdan son derece önemli olduğu bilinen fikosiyandan faydalanabilmek için bu maddeyi fikobilizomlardan uygun şekilde ekstrakte etmek ve saflaştırmak gerekmektedir (Sekar ve Chandramohan, 2008). Siyanobakterilerden fikobiliproteinlerin ekstraksiyonu hücre duvarının aşırı dayanıklı olması nedeniyle oldukça zordur (Steward ve Farmer, 1984). Fikobiliproteinlerin ekstraksiyonu ve saflaştırılması için çok çeşitli teknikler denenmiş olsa da henüz standart bir teknik belirlenmemiştir. Fikobiliproteinlerin, ekstraksiyon ve saflaştırmadaki zorlukları nedeniyle pigmentler oldukça pahalıdır ve bu pigmentleri saf olarak elde etmek ilgi çeken bir çalışma alanıdır (Reis ve ark., 1998).

Fikosiyanın hem kuru hem de ıslak biyokütleden ekstrakte edilebilmektedir. Kuru biyokütleden ekstraksiyon yönteminde hücre kültürü farklı sıcaklıklarda ve farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmakta ve çeşitli tamponlarla çözüldürülerek C-PC açığa çıkartılmaktadır (Doke, 2005; Oliveira, 2008). Kuru biyokütleden fikosiyanın ekstraksiyonunda yüksek sıcaklık uygulaması fikosiyanın kaybına neden olmakta bu nedenle kurutma işlemi düşük sıcaklıklarda yapılmaktadır (Eriksen, 2008). Ancak genel

anlamda kuru biyokütleden yapılan ekstraksiyon verim ve saflığının düşük olması nedeniyle tercih edilmemektedir. Sarada vd., (1999); yapmış oldukları fikosiyenin ekstraksiyon çalışmalarında, kurutulmuş *Spirulina* sp.'nin yaklaşık 50% oranında fikosiyenin kaybına uğradığını, bu yüzden ıslak biyokütle kullanımının daha uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Islak biyokütleden C-PC ekstraksiyonu için fiziksel ve kimyasal birçok yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemlerden bazıları; -25°C , -18°C veya sıvı azotta dondurma, 4°C veya 30°C 'de çözüme (Abalde ve ark., 1998; Doke, 2005; Zhang ve Chen, 1999; Minkova ve ark., 2003; Soni ve ark., 2006), homojenizasyon (Abalde ve ark., 1998; Doke, 2005; Boussiba ve Richmond, 1979; Schmidt ve ark., 2005), yüksek basınç uygulaması (Patil ve ark, 2006, Patil ve Raghavarao, 2007), sonikasyon (Abalde ve ark., 1998), asit uygulaması (Sarada ve ark, 1999), lizozim uygulaması (Boussiba ve Richmand, 1979) ve *Klebsiella pneumonia* ile ekstraksiyon (Zhu ve ark., 2007) yöntemleridir. Tüm bu yöntemlerin dışında süper kritik karbondioksit tekniği üzerinde yapılan çalışmalarla siyanobakterilerden renk maddelerinin ekstraksiyonunda gelişmeler sağlanmıştır (Macías-Sánchez ve ark., 2007; Herrero ve ark., 2006).

Genel olarak her yöntemin kendine göre avantaj ve dezavantajları vardır ve bu nedenle ekstraksiyon sırasında harcanan süre, maliyet, elde edilen verim ve saflık gibi faktörler de dikkate alınarak çalışılan suşa ait en uygun ekstraksiyon yönteminin belirlenmesi gerekmektedir. Endüstriyel açıdan düşünüldüğünde seçilen ekstraksiyon yönteminin ölçek büyütme uygun ve ekonomik olması gerekmektedir.

Fikosiyenin Saflaştırılması

Siyanobakterilerden C-PC saflaştırılması için amonyum sülfatla çöktürme/diyaliz, ultrafiltrasyon, iyon değişim kromatografisi gibi birçok kromatografik teknik ve bu tekniklerin birbiri ile kombinasyonları denenmiştir (Santiago-Santos ve ark., 2004; Reis ve ark., 1998; Soni ve ark., 2006; Macías-Sánchez ve ark., 2007). Bu yöntemlerin temel sınırlayıcı unsurları; saflaştırma işleminin uzun vakit alması, pahalı olması, yüksek hacimlerde çalışılmaması ve saflık oranının düşük olmasıdır (Soni ve ark., 2006). Saflaştırma işlemi sırasında fikosiyenin saflığı 620 nm 'deki absorbans değerinin 280 nm 'deki absorbans değerine oranı (A_{620}/A_{280}) ile tespit edilmektedir. Elde edilen bu saflık oranına göre fikosiyenin kullanım alanı belirlenmektedir. Buna göre, fikosiyenin saflık oranı 0.7 ve üstünde ise gıdaya uygun, 3.9 ise reaktif, 4 ve üzerinde ise analitik saflıkta olduğu kabul edilmektedir (Chen ve ark., 2006).

Fikosiyenin Miktarının Belirlenmesi

S. platensis yaş biyokütlesinin (25 mL) hasat edilmesinin ardından, ardı ardına 5 kez -21°C 'de dondurma ve 95°C 'deki su banyosunda çözündürme işleminden sonra fikosiyenin 0.1 M sodyum fosfat (pH 7) tamponunda çözünmesi amacıyla $+4^{\circ}\text{C}$ ' de 18–20 saat süreyle bekletilen örnekler santrifüj edilmiş ve berrak, mavi süpernatantın fikosiyenin içeriği spektrofotometrede ölçülmüştür. Fikosiyanine ait en yüksek absorbansın saptandığı dalga boyu 620 nm olarak belirlenmiştir. Fikosiyenin konsantrasyonu (C-PC) (mg/mL) 652 ve 620 nm 'deki optik yoğunluk değerlerini kullanarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (Moraes ve ark., 2011).

$$C-PC \text{ (mg/mL)} = (A620 - 0.47A652)/5.34$$

Bu denklemde A620 fikosiyanine özgü dalga boyundaki absorbands değerini, A652 ise fikoeritrine ait spesifik dalga boyunda oluşturduğu absorbands değerini ifade etmektedir. Saflık faktörü, fikosiyanınin 620 ve 280 nm'deki absorbands değerlerinin birbirine oranı (A620/A280) ile belirlenmiştir (Abalde ve ark., 1998). Birim gram *S. platensis* kuru maddesinin sahip olduğu fikosiyanın miktarının mg/g cinsinden belirlemek için,

$$\text{Verim (mg/g)} = (C-PC * V) / KM$$

eşitliği kullanılmıştır (Moraes ve ark., 2011). Bu eşitlikte C-PC fikosiyanın konsantrasyonunun mg/mL olarak değerini, V kullanılan tampon hacmini (mL) ve KM gram olarak kuru madde ağırlığını belirtmektedir.

Syanobakterilerin Kullanım Alanları

Syanobakteriler içerdiği yüksek miktarda protein, pigmentler ve GLA (gamma linolenik asit) gibi ürünler bakımından öneme sahip olan bir alg türüdür. Syanobakterilerin içeriğinde bulunan β -karotenin kanser riskini azalttığı bildirilmektedir. Mide ve deri kanserinde de etkili olduğu araştırmalarla kanıtlanmıştır (Niu ve ark., 2007). Syanobakterilerden *Spirulina*'nın sentetik pigment maddeleri ile karşılaştırıldığında en çarpıcı özelliğinin doğal bir renklendirici olduğudur. *Spirulina*'nın içerdiği pigment maddeleri; Fikobiliproteinlerin 75%'i fikosiyanınler, 12%'si allofikosiyanınler, 12%'si de fikoeritrinler ve pigmentsiz polipeptitler oluşturur (Tunail, 2009).

Fikoeritrin; kırmızı renkli phycobiliproteinler; fikoeritrin, mavi phycobiliproteinler de; fikoksiyanin olarak isimlendirilmektedir. Bu pigmentler suda eriyebilirler ve gıdalarda doğal renklendirici olarak, ayrıca kozmetik ve eczacılık alanında kullanılırlar. *Porphyridium* sp.; floresan pembe renk veren pigment kaynakları olarak bilinmekte olup, bu mikroalgler biyoreaktörlerde güneş ışığı ya da yapay ışıkla karbondioksit ve tuz ortamında geliştirilmekte ve en çok pigment 20–30 °C de ve orta şiddete ışık altında sağlanmaktadır. Bu mikroalglerden elde edilen önemli fikobiliproteinler, B-fikoeritrin ile b-fikoeritrin olarak tanımlanmaktadır. Bu pembemsi-kırmızı renkli pigmentler; konfeksiyon giyimde, jelâtin içeren tatlılarda ve süt ürünlerinde renklendirici olarak kullanılmakta, gıdalara katılma oranları ise gıda çeşidine göre farklılık göstermekte ve ortalama 50–100 mg/kg olmaktadır. 60 °C'de 30 dk sabit olan pigment, pH 6–7 arasında tazeliğini ve etkinliğini korumaktadır. Kırmızı fikoeritrin sarı floresana sahip olması nedeniyle gıdalara bazı spesifik özellikler kazandırmaktadır. Bu amaçla lolipoplarda, alkollü ve alkolsüz içeceklerde kullanılmaktadır (Rito-Palomares ve ark., 2001; Fedkovic ve ark., 1993).

Porphyridium-Fikosiyanın; *Porphyridium aeuineum* kırmızı alginden elde edilen mavi bir pigmenttir. En önemli fikosiyanın C- fikosiyanınidir. *Porphyridium aeuineum* biyomasından 60% oranında üretilen mavi pigmentin gıdalarda ya da içeceklerdeki kullanılan dozu 140–180 mg/kg arasında değişmektedir. İçerdiği polisakkaritler ürünün rengine, stabilitesine katkı sağlamak yanında gıdaya fonksiyonel besleyici özellik sağlamaktadır.

Mikroalgden elde edilen pigment; pH ile değişmemekte ve 60 °C'de 40 dk' da stabil kalmaktadır. Özellikle asidik içeceklerde ve konfeksiyon giyimde kullanılan bu renk maddesi Pepsi® (sıcaklık uygulanmayan) ve Bacardi Breezer® içeceklerine ilave

edilmektedir. Dondurmalarda da sıklıkla kullanılan pigmentin gıdalarda kullanımı ticari olarak üretilmediği için yeteri kadar açık değildir (Fedkovic ve ark., 1993).

Fikosiyaninin Kullanım Alanları

Renklendirici Olarak Kullanımı

Gıda boyaları, ürünlerin renk kalitesini artırmak amacıyla kullanılan gıda katkı maddeleri olarak bilinmektedir. Gıdalarda kaybolan doğal rengi vermek, zayıf olan doğal rengi kuvvetlendirmek, gerçekte renksiz olan gıdalara renk vermek, cezp edici ürünler elde etmek amacıyla kullanılır. Sentetik renk maddeleri daha sabit olmaları, kuvvetli renk vermeleri gibi birçok avantaja sahip olmalarına karşın, toksik ve alerjik etkilerinin olması doğal renk maddelerine olan ilginin artmasına neden olmuştur. Tüm bu nedenler, üreticileri doğal renk maddelerini kullanmaya yöneltmiştir (Arad ve Yaron, 1992; Karaali, 1993).

Günümüzde gıda sanayisinde özellikle içecek ve şekerleme sanayisinde sentetik mavi renkli boyaların kullanımı kısıtlanmakta ve doğal mavi renkli boyaların kullanımına olan ilgi giderek artmaktadır (Karaali, 1993). Doğal pigment maddesi fikosiyanin, gıda, ilaç ve kozmetik sanayinde, kanserojen olduğundan şüphe edilen sentetik pigmentlerin yerini alabileceği bildirilmiştir (Sarada ve ark., 1999). Fikosiyanin dünyada çeşitli firmalar tarafından ticari olarak üretilmektedir. Japonya’da “Dainippon Ink. & Chemicals Inc.” şirketi “Lina mavisı” adıyla ticari olarak fikosiyanin üretimi yapmakta ve kg fiyatını 130 dolardan satmaktadır (Yentür ve ark., 1998; Jespersen ve ark., 2005).

S. platensis’den elde edilen C-PC, fermente süt ürünleri, dondurma, alkol­süz içkiler, tatlılar, sakızlar, buzlu şekerler, dekorasyon ürünleri gibi birçok gıda ürünü­nde renklendirici olarak özellikle de C-PC, Japonya’da kullanılmaktadır (Resim 13.). Ancak mavi renkli gıdaların sınırlı tüketimi bu maddenin gıdalarda renklendirici olarak kullanımına olan ilgiyi azaltmaktadır. Fikosiyaninin, sıcaklığa ve ışığa karşı stabilitesi zayıf olmasına rağmen indigo ve gardenya mavisinden çok daha elverişli olduğu kabul edilmiştir. Kırmızı mikroalg türü olan *Phorphyridium aeruginum*’dan elde edilen fikosiyaninin renginin ışığa ve pH değişimlerine karşı sabit kaldığı ancak sıcaklığa karşı duyarlı olduğu bildirilmiştir. Fikosiyaninin farklı koşullardaki stabilitesinin belirlenmesi gıda proseslerindeki kullanım olanaklarının tespiti açısından oldukça önemlidir. Üretimleri sırasında ısı işlem görmeyen içeceklere (Pepsi® ve Bacardi Brezzer®) ilave edilmesi halinde oda sıcaklığında 1 ay boyunca renk kaybı olmadığı tespit edilmiştir. Kuru gıdalarda kullanılması durumunda renk stabilitesi çok yüksek olduğu, kek dekorasyonunda kullanılan şekerli içeceklerin renklerinin bir yıl boyunca sabit kaldığı belirlenmiştir (Eriksen, 2008; Sekar ve Chandramohan, 2008).

Floresan Prob Olarak Kullanımı

Fikobilizomlar sulu çözeltiden ekstrakte edildiklerinde fikobiliproteinler uyarılma enerjilerinin doğal alıcılarını kaybederler ve böylece yüksek floresan özelliğe sahip olurlar. Diğer floresan maddelerle karşılaştırıldıklarında fikobiliproteinler yüksek molar ekstinksiyon (sönüm) katsayısına, yüksek oligomer stabilitesine ve yüksek floresan kuantum verimine sahiptir ve bu özellikleri onların güçlü ve yüksek duyarlılıkta floresan etken olarak kullanımlarını sağlamaktadır (Herrera ve ark., 1989; Henrikson, 2011).

Floresan özelliği etkileyen en önemli değişkenlerden biri kuantum verimidir. Floresan prob olarak en yaygın kullanılan fikobiliprotein, 82%-98% floresan kuantum verimi ile fikoeitrindir (Herrera ve ark., 1989; Glazer, 1994). Fikosiyaninin ve allofikosiyaninin

kuantum verimlerinin düşük olduğu (sırasıyla 68% ve 50%) belirlenmiştir (Glazer, 1994). Stabilize edici bazı etkenlerin polipeptit zincirine bağlanması sonucu kimyasal stabilizasyon sağlanmış ve bu sayede fikosiyanınin histokimya, floresan mikroskopi, akış sitometrisi, bağışıklık testleri gibi birçok alanda floresan prob olarak kullanımı olanaklı hale getirilmiştir (Herrera ve ark., 1989; Henrikson, 2011; Glazer, 1994). Bunun yanı sıra, fikosiyanınin floresan özelliğinden faydalanarak, siyanobakterilerin gelişimi eş zamanlı olarak takip edilebilmekte, içme sularındaki toksik siyanobakteriler tespit edilebilmekte ve doğal su kaynaklarında siyanobakteri varlığı uzaktan belirlenebilmektedir (Eriksen, 2008).

Gıda Katkısı ve Fonksiyonel Gıda Olarak Kullanımı

Siyanobakterilerin fonksiyonel gıda olarak tüketimi fikosiyanınin kullanım alanlarından bir diğerini oluşturmaktadır. Kurutulmuş *S. platensis*'in fonksiyonel gıda olarak tüketiminde fikosiyanınin fonksiyonunu gösteren bir dizi çalışma bulunmaktadır. Son zamanlarda ilgi fikosiyanınin fonksiyonel bileşenler içeren kurutulmuş *S. platensis* ile alınmasına doğru kaymaktadır (Resim 10, 11, 12). Besinsel değerlerinin ötesinde tüm siyanobakterilerin fikosiyanınin içerikleri nedeniyle, bağışıklık sistemini uyardığı, antioksidan, antiinflamatuvar, antiviral, antikanser ve kolesterol düşürücü etkiler gösterdiği öne sürülmüştür. Siyanobakteriler biyolojik olarak birçok aktif bileşik içerdiğinden, siyanobakterinin tüketilmesi ile oluşan bu sağlık etkilerinin yalnızca fikosiyanın içeriği ile ilişkilendirilmesi tam olarak mümkün değildir (Eriksen, 2008; Erdal ve Ökmen, 2013).



Şekil 10. *Spirulina platensis* unu



Şekil 11. Siyanobakterilerin yığın üretimi



Şekil 12. *Spirulina*'nın hasatı ve kurutulması



Şekil 13. Kek ve pastacılıkta ve içeceklerde gıda renklendiricisi olarak kullanımı

Nutrasötik ve Farmasötik Olarak Kullanımı

Farklı siyanobakterilerden elde edilen saf fikosiyenin antioksidan ve radikal uzaklaştırıcı aktivitesi olduğu ve bu bağlamda saflaştırılmış C-PC'nin nutrasötik ve farmasötik olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Soni ve ark., 2006; Spolaore ve ark., 2006; Oi ve ark., 1982).



Şekil 14. *Spirulina* tableti

Şekil 15. *Spirulina* kapsül

Şekil 16. *Spirulina* ilacı

Bir dizi bozulmuş fizyolojik durumun C-PC uygulaması ile düzeltilebildiği ve birçok vakadaki sağlık üzerine olan bu olumlu etkinin, C-PC'nin antioksidan ve radikal parçalayıcı etkisi aracılığıyla oluştuğu ifade edilmiştir. C-PC'nin NADH oksidaz gibi diğer bazı enzimleri de inhibe ederek, memeli hücrelerinde ve deney farelerinde gen düzenlenmesini etkilediği, hücre çoğalmasını önlediği ve kanserojenik hücrelerde apoptozisi (programlı hücre ölümü) uyardığı gözlenmiştir. Bu gözlemler nutrasötik veya farmasötik olarak C-PC kullanımına olan ilginin giderek artmasına neden olmaktadır (Eriksen, 2008).

Bousibba ve Richmond, 1980; fikosiyenin *Spirulina*'da depo besin maddesi olarak görev yaptığını belirtmişlerdir. Fikosiyenin ticari olarak üretilmektedir. Japonya'da doğal renk maddesi olarak yemlerde ve kozmetik alanında kullanılmakta ve 600 kg/ay oranında üretilmektedir. Fikosiyenin'in esas kullanım alanı gıda boyası kullanımınıdır. Bağışıklık ile ilgili denemelerde biyokimyasal izotop olarak kullanılmaktadır. Bu pigmentin sahip olduğu flüoresan özellikten dolayı mikroskopi ve sitometri çalışmalarında yararlanılmaktadır. Şeker, dondurma, günlük ürünler ve içeceklerin renklendirilmesinde kullanılmaktadır. Fikosiyenin genel anlamda bağışıklık sistemini desteklediği ve çeşitli hastalıklara karşı koruma sağladığı belirtilmiştir.

Fikosiyenin dünyada çeşitli firmalar tarafından ticari olarak üretilmektedir. Başlıca, sakızlar, süt ürünleri, jöle vb. gıdalarda renklendirici olarak kullanılmaktadır. Japonya, Tayland ve Çin'de kozmetik ürünlerinde kullanılmaktadır. Mavi renkli bu pigment kozmetikte far, göz kalemi ve rujlarda da kullanılmaktadır (Benedetti ve ark., 2006).

Fikobilinler gıda ve kozmetik alanları dışında biyoteknolojik anlamda teşhis ve ilaçlarda kullanılmaktadır. Siyanobakterilerden elde edilen fikosiyenin kendi besin değeri dışında, bağışıklık sistemini artırıcı, kolesterol düşürücü, antioksidan, antiinflamatuvar, antiviral ve antikanser özellikler de göstermektedir (Boussiba and Richmond, 1980, Resim 14, 15, 16).

Günümüzde mümkün olduğunca az işlem görmüş, besleyici değeri yüksek insan sağlığına zarar vermeyen doğal besin maddelerine, renklendiricilere, antioksidanlara ve gıda katkı maddelerine rağbet artarak devam etmektedir. Siyanobakterilerden elde edilen

fikosiyenin kendi besin değeri dışında, bağıklık sistemini artırıcı, kolesterol düşürücü, antioksidan, antiinflamatuar, antiviral ve antikanser özellikler de göstermektedir (Cornejo, 1997). Tüm bu üstün özelliklerinden dolayı fikosiyenin geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Daha yüksek saflıkta ve verimde fikosiyenin elde edebilmek, dolayısıyla birçok alanda daha rahat kullanım potansiyeli yaratabilmek için, fikosiyenin üreticisinin yeni suşların belirlenmesi, etkili saflaştırma tekniklerinin geliştirilmesi, genetik ve protein mühendisliği çalışmaları ile üretim potansiyelinin ve fikosiyenin stabilitesinin artırılması gerektiği düşünülmektedir (Akoğlu, 2012).

Kaynaklar

- Abalde, J., L. Betancourt, E. Torres, A. Cid and C. Barwell. 1998. Purification and characterization of phycocyanin from the marine cyanobacterium *Synechococcus* sp. IO9201. *Plant Science*, 136: 109–120.
- Akoğlu, A. 2012. Siyanobakterilerden elde edilen fikosiyenin saflaştırılması ve karakterizasyonu. Ankara Ün. Fen Bilimleri Ens. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, s. 109.
- Arad (Malis), S. and A. Yaron. 1992. Natural pigments from red microalgae for use in foods and cosmetics. *Trends in Food Science and Technology*, 3: 92–96.
- Becker, E.W. 1995. *Microalgae: Biotechnology and microbiology*, Cambridge University Press, UK, 293 p.
- Benedetti, S., S. Rinalducci, F. Benvenuti, S. Francogli, S. Pagliarani, M. Giorgi, L. Micheloni, G.M. D'Amici, L. Zolla and F. Canestrari. 2006. Purification and characterization of phycocyanin from the blue-green alga *Aphanizomenon flos-aquae*. *Journal of Chromatography B*, 833: 12–18.
- Bourrelly, R. 1970. *Les algues d'eau douce*. Tome 3, 1970, Algues bleues et rouges: 1–522 Edit Boubee' Paris.
- Boussiba, S. and A. Richmond. 1980. C-Phycocyanin as a Storage Protein in the blue-green Alga *Spirulina platensis*, *Arch. Microbial.*, 125: 145.
- Boussiba, S. and A.E. Richmand. 1979. Isolation and characterization of phycocyanins from the blue-green alga *Spirulina platensis*. *Archives of Microbiology*, 120:155-159.
- Chaiklahan, R., N. Chirasuwan, V. Loha, S. Tia and B. Bunnag. 2011. Separation and purification of phycocyanin from *Spirulina* sp. using a membrane process. *Bioresour Technol.*, 102: 7159–64.
- Chen, T., Y. Wong and W. Zheng. 2006. Purification and characterization of selenium-containing phycocyanin from selenium-enriched *Spirulina platensis*. *Phytochemistry*, 67: 2424–2430.
- Cohen, Z. 1997. The Chemicals of *Spirulina*, In: Vonshak, A.(Ed.), *Spirulina platensis* (Arthrospira): Physiology, Cell Biology and Biotechnology, Taylor and Francis, 175-204, London.
- Contreras-Martel, C., A. Matamala, C. Bruna, G. Poo-Caamaño, D. Almonacid, M. Figueroa, J. Martínez-Oyanedel and M. Bunster. 2007. The structure at 2 resolution of phycocyanin from *Gracilaria chilensis* and the energy transfer network in a PC-PC complex. *Biophysical Chemistry*, 125: 388–396.
- Cornejo, J. and S.I. Beale. 1997. Phycobilin Biosynthetic Reactions In Extracts Of Cyanobacteria. *Photosynth Res.*, 51: 223–230.
- Dalay, M.C., S. Cirik ve E. Koru. 2001. Türkiye Ege Bölgesi İklim Koşullarında Açık Hava Kültürleri İçin Uygun *Spirulina platensis* (Stiz.) Geitl, 1930 Suşunun Tespiti. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 18(3–4): 523–528.

- Dalay, M.C., E. İmamoğlu ve S. Öncel. 2008. Mikroalgal Biyokütle Üretimi için Düşük Maliyetli Fotobiyoreaktör Tasarımı. TÜBİTAK MAG Proje 104M354, 2008: s. 1–102.
- Doke, J.H. 2005. An improved and efficient method for the extraction of phycocyanin from *Spirulina* sp. *International Journal of Food Engineering*, 1: 2.
- Erdal, P. ve G. Ökmen. 2013. Gıdalarda Kullanılan Mikrobiyal Kaynaklı Pigmentler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 6 (2): 56-68.
- Eriksen, N.T. 2008. Production of phycocyanin – a pigment with applications in biology, biotechnology, foods and medicine. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 80: 1-14.
- Fedkovic, Y., C. Astre, F. Pinguet, M. Gerber, M. Ychou and H. Pujol. 1993. *Spiruline* et cancer. In: Doumenge, F., Durand- Chastel, H., Toulemont, A., eds. *Spiruline* algue de vie. Musée Océanographique. Bulletin de l'Institut Océanographique Monaco. Numéro spécial, 12: 117–120.
- Fox, D.R. 1996. *Spirulina: Production and Potential*, 232 p., Edisud-France.
- Furuki, T., M. Schuichi, S. Imajo, T. Hiroi, T. Amaya, T. Hirokawa, K. Ito and H. Nozawa. 2003. Rapid and selective extraction of phycocyanin from *Spirulina platensis* with ultrasonic cell disruption. *J of Appl Phycol*, 15: 319–324.
- Glazer, A.N. 1994. Phycobiliproteins-a family of valuable, widely used fluorophores. *Journal of Applied Phycology*, 6: 105–112.
- Goodwin., W. 1957. The Nature and Distribution of Carotenoids in some Blue-Green Algae. *J. Gen. Microbiol.*, 17: 467-473.
- Gouveia, L., V. Veloso, A. Reis, H.L. Fernandes, J. Empis and J.M. Novais. 1996. Evolution of pigment composition in *Chlorella vulgaris*. *Bioresource Technology*, 57: 157–163.
- Govindjee A. and L. Yang. 1966. Structure of red fluorescence band in chloroplasts. *J. Gen. Physiol.*, 49(4): 763–780.
- Henrikson, R. 2011. Development of a *Spirulina* Industry-Marketing. <http://www.algaeindustry.com/special-report-spirulina-part-6/>, Erişim tarihi: 28.01.2012.
- Herrera, A., S. Boussiba, V. Napoleone and A. Hohlberg. 1989. Recovery of C-phycocyanin from the cyanobacterium *Spirulina maxima*. *Journal of Applied Phycology*, 1: 325–331.
- Herrero, M., C. Cifuentes and E. Ibanez. 2006. Sub- and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources: Plants, food-by-products, algae and microalgae. *Food Chemistry*, 98: 136–148.
- Jespersen, L., L.D. Strømdahl, K. Olsen and L.H. Skibsted. 2005. Heat and light stability of three natural blue colorants for use in confectionery and beverages. *European Food Research and Technology*, 220: 261–266
- Karaali, A. ve B. Özçelik. 1993. Natural and Synthetic Colours as Food Additives (in Turkish with English abstract). *Gıda*, 18(6):389-396.
- Macías-Sánchez, M.D., C. Mantell, M. Rodríguez, E.M. Ossa, L.M. Lubián and O. Montero. 2007. Supercritical fluid extraction of carotenoids and chlorophyll a from *Synechococcus* sp. *The Journal of Supercritical Fluids*, 39(3): 323–329.
- Minkova, K.M., A.A. Tchernov, M.I. Tchorbadjieva, S.T. Fournadjieva, R.E. Antova and M. Busheva. 2003. Purification of C-phycocyanin from *Spirulina* (*Arthrospira*) *fusiformis*. *Journal of Biotechnology*, 102: 55–59.

- Moraes, P.C., C.W. Noce, L.A. Thomaz, M.L. Cintra and M.E. Correa. 2011. Pigmented lichenoid drug eruption secondary to chloroquine therapy: an unusual presentation in lower lip. *Minerva Stomatol.*, 60: 32–327.
- Newton, J. 2002. Fluorometric chlorophyll a and total phaeopigment, from TM (trace metal free rosette) casts, (chlTM) added 06-10-94 parameter names changed for DMO Alpha9 release, 06-24-2002.
- Niu, J.F., G.C. Wang, X.Z. Lin and B.C. Zhou. 2007. Large-scale recovery of C-phycoyanin from *Spirulina platensis* using expanded bed adsorption chromatography. *Journal of Chromatography B*, 850: 267–276.
- Oi, V.T., A.N. Glazer and L. Stryer. 1982. Fluorescent phycobiliprotein conjugates for analyses of cells and molecules. *The Journal of Cell Biology*, 93: 981–986.
- Oliveira, E.G., G.S. Rosa, M.A. Moraes and L.A.A. Pinto. 2008. Phycocyanin content of *Spirulina platensis* dried in spouted bed and thin layer. *Journal of Food Process Engineering*, 31: 34–50.
- Öncel, I., S.A. Üstün ve Y. Keleş. 2004. Bitki Fizyolojisi Laboratuvar Kılavuzu. A.Ü.F.F. Döner Sermaye İşletme Yayınları, ANKARA, No: 48, s. 72–74.
- Paoletti, C., M. Vincenzini, F. Boci and R. Materassi. 1980. Composizione Biochimica Gene-rale delle Biomasse di *Spirulina platensis* e *S. maxima* in Materassi. In: R.(Ed.) Prospet-tive della Coltura di *Spirulina* in Italia. Rome: Consiglio Nazionale delle Ricerche, pp. 111–125.
- Patil, G., S. Chethana, A.S. Sridevi and K.S.M.S. Raghavarao. 2006. Method to obtain C-phycoyanin of high purity. *Journal of Chromatography A*, 1127: 76–81.
- Patil, G. and K.S.M.S. Raghavarao. 2007. Aqueous two phase extraction for purification of C-phycoyanin. *Biochemical Engineering Journal*, 34: 156-164.
- Reis, A., A. Mendes, H. Lobo-Fernande, J.A. Empis and J.M. Novias. 1998. Production, extraction and purification of phycobiliproteins from *Nostoc* sp.. *Bioresource Technology*, 66: 181–187.
- Richmond, A. 1986. Microalgae of Economic Potential. In: A. Richmond (Ed). *Handbook of Microalgal Mass Cultures of Microalgae*. CRC Press, Inc., 201-283, Boca Raton, Flo-rida.
- Rito-Palomares, M., L. Nuñez and D. Amador. 2001. Practical application of aqueous two-phase systems for the development of a prototype process for C-phycoyanin recovery from *Spirulina maxima*. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 76: 1273–1280.
- Santiago-Santos, M.C., T. Ponce-Noyola, R. Olvera-Ramírez, J. Ortega-López and R.O. Cañizares-Villanueva. 2004. Extraction and purification of phycocyanin from *Calothrix* sp.. *Process Biochemistry*, 39: 2047–2052.
- Sarada, R., M.G. Pillai and A. Ravishankar. 1999. Phycocyanin from *Spirulina* sp.: influence of processing of biomass an phycocyanin yield, analysis of efficacy of extraction methods and stability studies on phycocyanin. *Process Biochemistry*, 24: 795–801.
- Schagerl, M and B. Müller. 2006. Acclimation of chlorophyll a and carotenoid levels to different irradiances in four freshwater cyanobacteria. *J. Plant Physiol.*, 163: 709–716.
- Schmidt, R.A., M.G. Wiebe and N.T. Eriksen. 2005. Heterotrophic high cell density fed-batch cultures of the phycocyanin producing red alga *Galdieria sulphuraria*. *Biotechnology and Bioengineering*, 90: 77–84.
- Sekar, S. and M. Chandramohan. 2008. Phycobiliproteins as a commodity: trends in applied research, patents and commercialization. *Journal of Applied Phycology*, 20: 113–136.
- Shan, Y. 1998. Effects of simulated acid rain on *Pinus densiflora*: inhibition of net photosynthesis by the pheophytization of chlorophyll. *Water, Air, and Soil Pollution*, 103: 121–127

- Soni, B., B. Kalavadia, U. Trivedi and D. Madamwar. 2006. Extraction, purification and characterization of phycocyanin from *Oscillatoria quadripunctulata* – Isolated from the rocky shores of Bet-Dwarka, Gujarat, India. *Process Biochemistry*, 41: 2017–2023.
- Spolaore, P., C.J. Cassan, E. Duran and A. Isanbert. 2006. Commercial application of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(2):87–96.
- Stec, B., R.F. Troxler and M.M. Teeter. 1999. Crystal structure of C-phycocyanin from *Cyanidium caldarium* provides a new perspective in phycobilisome assembly. *Biophysical Journal*, 76: 2912–2921.
- Steward, D.E. and F.H. Farmer. 1984. Extraction, identification and quantitation of phycobiliprotein pigments from phototrophic plankton. *Limnology and Oceanography*, 29(2): 392–397.
- Tomaselli, L. 1997. Morphology, ultrastructure and taxonomy of *Arthrospira (Spirulina) maxima* and *Arthrospira (Spirulina) platensis*. In: Vonshak, A., Ed. *Spirulina platensis (Arthrospira): Physiology, cellbiology and biotechnology*. Taylor and Francis. London, 1997: 1–16.
- Tunail, N. 2009. Mikrobiyoloji. Pelin ofset, 448 s., Ankara.
- Yamada, T. 1994. *Cyanobacteria and Algae/ Recombinant Microbes for Industrial and Agricultural Applications*, Marcel Dekker. Inc, 701–712.
- Yaron, A. and S. Arad (Malis). 1993. G. Charalambous, Editor, *Phycobiliproteins-blue and red natural pigments-for use in food and cosmetics, Food flavors, ingredients and composition, developments in food science*, Elsevier, London, 835–838.
- Yentür, G., M. Yaman and A. Bayhan. 1998. Studies conducted for the quantity determination of synthetic dyes added into some foodstuffs (*in Turkish with English abstract*). *Gıda*, 23(3):195–199.
- Yıldız, G. 2001. *Spirulina Sp. (Cyanophyceae) Kültürü Üzerine Araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Zhang, Y. and F. Chen. 1999. A simple method for efficient separation and purification of C-phycocyanin and allophycocyanin from *Spirulina platensis*. *Biotechnology Technology journal*, 13: 601–603.
- Zhu, Y., X.B. Chen, K.B. Wang, Y.X. Li, K.Z. Bai, T.Y. Kuang and H.B. H.B. 2007. A simple method for extracting C-phycocyanin from *Spirulina platensis* using *Klebsiella pneumonia*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74: 244–248.
- Zou, N. and A. Richmond. 2000. Light-path length and population density in photoacclimation of *Nannochloropsis sp.* (Eustigmatophyceae). *J. Appl. Phycol.*, 12: 349–354.



Biyolojik Detoksifikasyon ve Probiyotikler

Gizem OMAK¹, Tülay ÖZCAN¹, Lütfiye YILMAZ-ERSAN^{1*}

¹Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa.

*e-posta: lutfiyey@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 24.09.2015; Kabul Tarihi: 22.12.2015

Öz: Sağlık üzerine olumlu etkileri ve koruyucu özellikleri nedeni ile probiyotik bakterilerin gıda güvenliğinin sağlanması için ve besin takviyesi olarak kullanımına olan ilgi artmaktadır. Probiyotik bakteriler kullanılarak kimyasal ve mikrobiyal toksinlerin uzaklaştırılması, konvansiyonel dekontaminasyon yöntemlerine alternatif olabilecek yeni, umut vaat eden biyolojik yöntem olarak tanıtılmaktadır. Yapılan araştırmalar probiyotik bakterilerin zararlı mikroorganizmaların gelişmesini engelleyebildiğini, bu zararlı mikroorganizmaların oluşturduğu zararlı metabolitleri azaltabildiğini ve gıda güvenliği için koruyucu ajan olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu derlemenin amacı probiyotik bakterilerin mikrobiyal ve kimyasal toksinleri dekontamine etme mekanizmaları hakkında bilgi vermek ve konu ile ilgili yapılan çalışmalarını özetlemektir.

Anahtar Kelimeler: Probiyotik bakteri, biyolojik detoksifikasyon.

Biological Detoxification and Probiotics

Abstract: Utilization of probiotic bacteria in food safety and in the diet as supplements have gained interest because of the beneficial health effects and preservative properties. Removal of chemical and microbial toxins by probiotic bacteria has been introduced as a new promising biological method as an alternative to conventional decontamination methods. The results of research have actually shown that probiotic bacteria can inhibit the growth of harmful microorganism, remove metabolites produced these microorganism and be used as preventive agents for maintaining food safety. The aim of this review is to present information about the mechanisms involved in the decontamination of microbial and to chemical toxins by probiotic bacteria and summarize the available literature on the subject.

Key Words: Probiotic bacteria, biological detoxification.

Giriş

Dünyadaki hızlı nüfus artışına paralel olarak insanların yaşamak, fiziksel ve zihinsel gelişimlerini sağlamak için yeterli ve dengeli beslenmeleri, tüketilen gıdaların da “sağlık yönünden güvenilir olması” insan haklarının esasını oluşturmaktadır. Gıda Güvenliği; *gıdaların, gıda kaynaklı hastalıklara neden olan biyolojik, fiziksel ve kimyasal etkenleri önleyecek şekilde işlenmesi, hazırlanması, depolanması ve son tüketiciye sunulmasını* tanımlayan bilimsel bir sistem döngüsü olarak ifade edilmektedir. Gıda güvenliğini tehdit eden başlıca unsurlar; gıdaların üretimi, taşınma, depolanma, dağıtım ve tüketim aşamalarında fiziksel, kimyasal ve biyolojik riskler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu riskler, insan sağlığını tehdit etmenin yanısıra ciddi ekonomik kayıplara da neden olmaktadır (Erkmen, 2010). Bu nedenle, risklerin olası olumsuz etkilerinin önlenmesinde ve/veya azaltılmasında fiziksel, kimyasal ve biyolojik detoksifikasyon işlemleri uygulanmaktadır. Detoksifikasyon; insan vücudundan ve gıdalardan ilaç, mutajen, kanserojen gibi zararlı bileşenlerin uzaklaştırılması ya da etkisiz hale getirilmesi işlemidir (Phelps ve Hasset, 2012). Isıl işlem, alkali ile muamele gibi fiziksel ve kimyasal detoksifikasyon yöntemlerinin, gıdanın duyuşal özellikleri ve besinsel değerinde kayıplara neden olmaları ve yüksek maliyet gibi dezavantajlarının bulunması *biyolojik yöntemleri daha avantajlı kılmaktadır*. Son yıllarda mikotoksin, ağır metaller, heterosiklik aromatik aminler gibi karsinojenlerin parçalanması ya da azaltılmasını içeren biyolojik detoksifikasyon işleminde, probiyotik bakterilerin etkisini inceleyen çalışmalarda artış olduğu görülmektedir (Karlovsky 1999; Özkaya ve Temiz, 2003; Zsivkovits ve ark., 2003; Fuchs ve ark., 2008; Halttunen ve ark. 2008; Keser ve Kutay, 2008; Sabuncuoğlu ve ark., 2008; Franco ve ark., 2011; Zoghi ve ark., 2014).

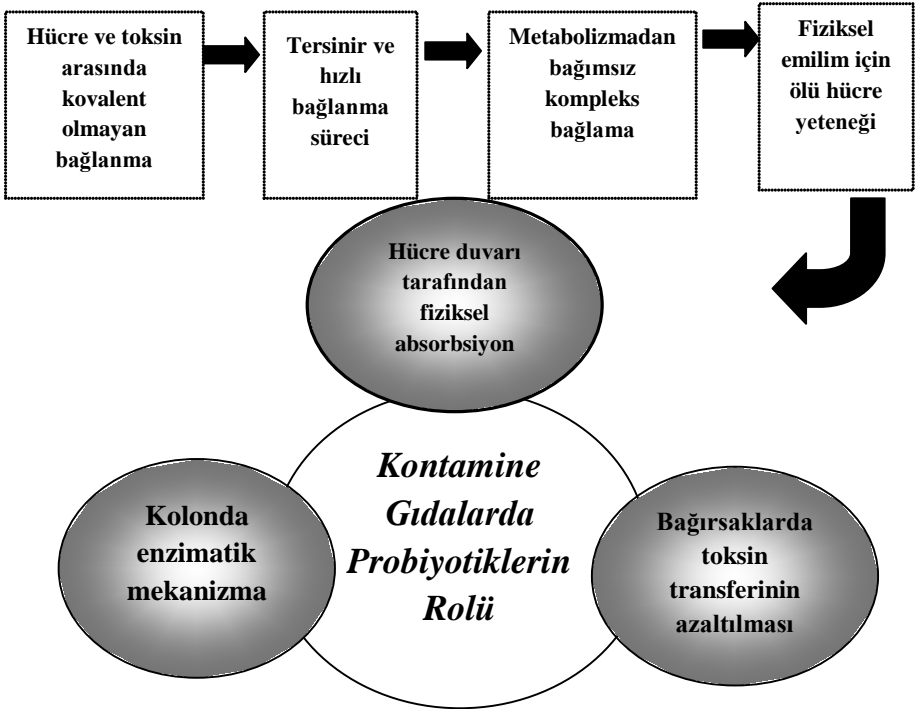
Probiyotikler, “vücuda belirli sayıda alındığında konakçının gastrointestinal mikroflorasına olumlu etkileri olan canlı mikroorganizmalar”dır. Bu mikroorganizmalar arasında en çok kullanılan bakteriler *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türlerinin seçilmiş suşlarıdır. Probiyotik bakterilerin sağlık açısından fonksiyonel etkileri; laktoz intoleransı, serum kolesterol seviyesinin azaltılması, gastro-intestinal enfeksiyonları kontrol etmesi, bağışıklık sistemini güçlendirmesi, antimikrobiyal, antimutajenik, antialerjik ve antikanserojenik aktivite göstermesi, besin öğelerinin biyolojik değerini arttırması, vitamin üretimi, mineral ve iz elementlerin yararlanımını arttırması şeklinde sıralanabilmektedir (Delikanlı ve Özcan, 2014; Soccol ve ark., 2014). Bu bakterilerin sağlık üzerine olumlu etkilerinin yanısıra, gıda maddelerinin bileşiminde bulunan, insanlar tarafından kullanılmayan ve toksik etkisi bulunan bileşenleri, daha küçük molekülü, toksik etkisi olmayan ya da insanlar tarafından sindirilebilen moleküllere parçalama özelliği de diğer bir ifade ile biyolojik detoksifikasyon etkiside dikkat çekmektedir (Şekil 1).

1. Mikotoksinlerin Detoksifikasyonu

Mikotoksinler; *Aspergillus*, *Fusarium* ve *Penicillium* türleri de dahil olmak üzere birçok önemli patojenik ve gıda bozulmalarına sebep olan küfler tarafından üretilen sekondermetabolitlerdir. Küf türleri 300’den fazla mikotoksin oluşturmalarına rağmen, gıda ve yemlerde bulunan, insan ve hayvanların sağlığı için risk oluşturan başlıca mikotoksinler; aflatoksinler (AFB₁, B₂, G₁, G₂), okratoksinler, zearalenon, fumonisinler, trikotesenler (T-2 toksin, deoksinivalenol) ve ergot alkaloidleridir (Svveaney ve Dobson, 1999; Girgin ve ark., 2001; Hussein, 2001; Biernaslak ve ark., 2006; Fuchs ve ark., 2008;

Keser ve Kutay, 2008; Stadnik ve Borzecki, 2009; Cicoňová ve ark., 2010; Milicevic ve ark., 2010; Puel ve ark., 2010; Bakırcı, 2014).

Gıdalarda ve metabolizmada mikotoksin miktarını kontrol etme yöntemleri başlıca 3 grupta toplanabilmektedir. Bunlar; i) küf kontaminasyonunun vebu kontaminasyonun büyümesinin önlenmesi, ii) kontamine olmuş ürünlerin detoksifikasyonu (iii) toksin içeren gıda tüketildiğinde sindirim sisteminde mikotoksinin absorpsiyonunun engellenmesi'dir. Gıdalarda bulunan mikotoksinlerin sağlığa zararlı etkilerinden dolayı bu metabolitlerin uzaklaştırılması için etkili dekontaminasyona da detoksifikasyon yöntemleri uygulanmaktadır. Detoksifikasyon yöntemleri; toksini inaktif etmeli, parçalamalı veya uzaklaştırmalı, ortama yeni toksik maddeler bırakmamalı, ürünün besin değerini korumalı, uygulanan ürünle ilgili teknolojik prosesleri değiştirmemeli ve mümkünse fungal sporları ortadan kaldırmalıdır. İdeal mikotoksin detoksifikasyon yöntemleri, ana bileşiklerin karbondioksit ve suya kadar tamamen parçalanmasını başarmalıdır (Özay, 1988; Mishra ve Das, 2003; Kabak ve Var, 2004; Moake ve ark., 2005; Sabuncuoğlu ve ark., 2008; Dalié ve ark., 2010).



Şekil 1. Toksinlerin azaltılmasında probiyotiklerin rolü (Zoghi ve ark. 2014)

Canlı mikroorganizmalar mikotoksini ya hücre duvarı bileşenlerine bağlamakta ya da aktif özümseme ve akümülyasyon ile absorbe etmektedirler. Probiyotik bakterilerin mikotoksinlerin detoksifikasyonundaki etkileri i) hücre duvarındaki peptidoglukan ve polisakkarit gibi hidrofobik kısımlara, aflatoksin benzeri mutajenik ve kanserojenik

maddelerin kovalent olmayan bağlarla bağlanarak, bu maddelerin ince bağırsakta birikmesinin engellenmesi ve bakteri-mikotoksin şeklinde vücut dışına atılması, ii) hücrelerden sulu ortama özgül enzimlerin salınmasıyla toksinlerin metabolik dönüşümler sonucu parçalanması şeklinde olmaktadır (Kabak, 2002; Kabak ve Var, 2004; Moake ve ark., 2005; Zorlugenç, 2009; Dalié ve ark., 2010; Oskay, 2012; Bovo ve ark., 2013; Zoghi ve ark., 2014). Probiyotik mikroorganizmalar kullanılarak çeşitli mikotoksinlerin detoksifikasyonu ile ilgili örnek çalışmalar Çizelge 1’de özetlenmektedir.

Çizelge 1. Mikotoksinlerin detoksifikasyonunda kullanılan probiyotik mikroorganizmalar ile ilgili son yıllarda yapılan bazı çalışmalar

Mikotoksin	Probiyotik Mikroorganizma	Kaynak
Aflatoksin	<i>Lb. rhamnosus</i> LC705, <i>Lb. rhamnosus</i> GG, <i>B. bifidum</i> , <i>B. longum</i> , <i>Lb. bulgaricus</i> , <i>Lb. helveticus</i> , <i>Lb. acidophilus</i>	Motawee ve Abd El-Ghany (2011)
	<i>Lb. acidophilus</i> ATCC 20552, <i>Lb. rhamnosus</i> TISTR 541, <i>B. angulatum</i> DSMZ 20098, <i>Lb. plantarum</i> , <i>S. thermophilus</i> , <i>Lb. bulgaricus</i>	Elsanhoty ve ark. (2014)
	<i>Lb. rhamnosus</i> GG ATCC 53103, <i>Lb. rhamnosus</i> LC-705 DSM 7061	Haskard ve ark. (2001)
	<i>Lb. paracasei</i> F19, <i>B. lactis</i> Bb-12, <i>Lb. crispatus</i> M247, <i>Lb. crispatus</i> MU5, <i>Lb. salivarius</i> LM2-118, <i>Lb. johnsonii</i> LJ-1	Peltonen ve ark. (2000)
	<i>Lb. acidophilus</i> NCC 12, <i>Lb. acidophilus</i> NCC 36, <i>Lb. acidophilus</i> NCC 68, <i>B. bifidum</i> Bb 13, <i>B. bifidum</i> NCC 381	Kabak ve Var (2008)
	<i>Lb. reuteri</i> NRRL 14171, <i>B. bifidum</i> NCFB 2715, <i>Lb. casei</i> Shirota, <i>Lb. johnsonii</i> NCC 533, <i>Lb. casei</i> DN-114-001	Hernandez-Mendez ve ark. (2009)
	<i>Lb. plantarum</i> , <i>E. avium</i> , <i>S. pentosaceus</i> , <i>B. lactis</i> , <i>Lb. gasseri</i>	Bovo ve ark. (2013)
Zearalenone	<i>Lb. rhamnosus</i> GG, <i>Lb. rhamnosus</i> LC-705	El-Nezami ve ark. (2002a)
	<i>Lb. plantarum</i>	Zhao ve ark. (2015)
Trikoten	<i>Lb. rhamnosus</i> GG, <i>Lb. rhamnosus</i> LC-705, <i>P. freudenreichii</i> ssp. <i>shermanii</i>	El-Nezami ve ark. (2002b)
Okratoksin	<i>Lb. acidophilus</i> CH-5, <i>Lb. rhamnosus</i> GG, <i>Lb. plantarum</i> BS, <i>Lb. brevis</i> , <i>Lb. sanfranciscensis</i>	Piotrowska ve Zakowska (2005)
	<i>Lb. rhamnosus</i> GG, <i>Lb. rhamnosus</i> LC-705	Biernaslak ve ark. (2006)
	<i>Lb. acidophilus</i> VM20	Fuchs ve ark. (2008)
Patulin	<i>E. faecium</i>	Oskay (2012)
	<i>L. brevis</i> 20023	Wang ve ark. (2015)
	<i>B. bifidum</i> 6071, <i>Lb. rhamnosus</i> 6149	Hatab ve ark. (2012)
Okratoksin ve Patulin	<i>Lb. acidophilus</i> VM20, <i>B. animalis</i>	Fuchs ve ark. (2008)

2. Ağır Metallerin Detoksifikasyonu

Ağır metaller; 5 g/cm^3 'ün üzerinde yoğunluğa sahip olan ve parçalanamayan metalik bileşenlerdir. Demir (Fe), bakır (Cu) ve civa (Hg) gibi bazı ağır metaller temel iz elementler iken; kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) gibi ağır metaller yararlı biyolojik etkileri olmayan ve çok düşük miktarlarda bile toksik etki gösteren elementlerdir. Cd, Pb, Hg ve arsenik (As) en zehirli ağır metaller olarak kabul edilmektedir. Ağır metal kirliliği, insan sağlığını tehdit etmesinin yanısıra doğada doğal olarak parçalanmayarak, tehlikeli ve toksik olmaları nedeniyle çevresel açıdan da ciddi sorunlara yol açmaktadır (Gerbino ve ark., 2011; Bhakta ve ark., 2012).

Mikroorganizmaların çeşitli türleri, farklı yüzeylerde bulunabilen ağır metalleri uzaklaştırmak amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle probiyotik laktik asit bakterileri kullanılarak Cd, Pb, As ve Hg gibi tehlikeli ağır metallerin biyolojik detoksifikasyonu üzerine çalışmalar artış göstermektedir. Laktik asit bakterileri kadmiyum ve kurşun gibi ağır metalleri bağlayabilme kapasitesine sahiptir. Bu bağlama kapasitesi, mikrobiyal suşa ve pH'a bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. pH 2-3'den daha düşük seviyelerde bağlama kapasitesi gözlenmekte iken; 3'den yüksek pH'larda ani bir artış görülmektedir. Maksimum bağlama ise pH 4-6 arasında gerçekleşmektedir. pH'ın etkisi katyonik metal ve protonlar arasında, negatif yüklü bölgeler olan rekabet sonucu ortaya çıkmaktadır (İbrahim ve ark., 2006; Halttunen, 2007; Gerbino ve ark., 2011; Bhakta ve ark., 2012; Kinoshita ve ark., 2013; Zoghi ve ark., 2014). Yapılan bir çalışmada, *Lb. casei* tarafından As'in hızlı bir şekilde bağlanmasının, bakteriyel yüzeyle ilişkili olduğu ortaya konmuştur. Uzun süreli inkübasyon sırasında bakteriyel yüzeyde meydana gelen bozulma, As'in uzaklaştırılmasında azalmaya sebep olmuştur. En yüksek uzaklaştırma kapasitesine pH 7'de ulaşılmıştır. Bu durum, yüksek pH değerlerinde dihidrojen arsenat (H_2AsO_4) ve hidrojen arsenat (HAsO_4) gibi anyonik türlerin oluşması sonucu arsenik oksianyonları ve yüzey dördü-amino grupları arasındaki elektrostatik etkileşimlerin artmasıyla açıklanabilmektedir (Hansen ve ark., 2006).

Probiyotiklerin koruma mekanizmalarından biri de toksinlerin fiziksel olarak bağlanmasıdır. Çoğu probiyotik hücre duvarı; peptidoglikan, teikoik asit, proteinler, polisakkaritler ve salgılanan bazı ekzopolisakkaritlerden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin içerdiği karboksil, hidroksil ve fosfat grupları, toksinler için bağlama yerleri olarak görev yaparak toksinleri inaktive edebilmektedir. İbrahim ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, *Lb. rhamnosus* LC-705 ve *P. freudenreichii* subsp. *Shermanii* JS'nin bu ağır metalleri bağlama yeteneği olduğu saptanmıştır. Teemu ve ark. (2008), *Lb. fermentum* ME3 ve *B. longum* 46 suşlarının Cd ve Pb da azalma sağladığını yaptıkları çalışma ile belirlemişlerdir. *Lb. kefir* CIDCA 8348 ve *Lb. kefir* JCM 5818 suşları ile yapılan bir çalışmada bu bakterilerin Pb, Cd ve Ni metalleri etkin bir şekilde bağladığı saptanmıştır (Gerbino ve ark., 2011). *Lb. plantarum*, *Lb. rhamnosus*, *B. breve* ve *B. lactis* suşlarının Pb, Cd gibi ağır metalleri bağlayarak etkilerini azattıkları belirlenmiştir (Zhai ve ark., 2015).

Son yıllarda otizmin en önemli nedenlerinden biri olarak görülen civanın probiyotik bakteriler ile detoksifiye edilebildiği üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Özellikle vücuda belli dozda probiyotik alımı, çocuklarda otizm spektrum bozukluklarına karşı bütünlleştirici bir tedavi olarak faydalı olduğu saptanmıştır (Critchfield ve ark., 2011). Civanın detoksifikasyonu; bakterilerin, organik civayı bir redoks reaksiyonu vasıtasıyla son derece zehirli Hg^{+2} 'yi $\text{Hg}(0)$ 'ya dönüştürme yetenekleri sayesinde olmaktadır. $\text{Hg}(0)$; hidrofobik

ve kırılındır, bakteri hücrelerinin uzaklaşmasına izin vermektedir. Sonrasında bakteri ile birlikte mide-bağırsak yolu içine salınmakta ve böylece civa bağırsaklara doğru ilerlemekte ve vücuttan atılmaktadır (Brudnak, 2002).

3. Heterosiklik Aromatik Aminlerin Detoksifikasyonu

Heterosiklik aromatik aminler, etlerin pişirilmesi sırasında, içerdikleri aminoasitlerin prolizi ile oluşan ve insanlarda kolon kanserine neden olduğuna dair bulgulara rastlanan bileşiklerdir. Bu aminlerin konsantrasyonları; ısıtım işlem gören et tipi, pişirme süresince kullanılan sıcaklık, pişirme süresi, pişirme şartları, pH, su aktivitesi, karbohidratlar, serbest aminoasitler, kreatin, ısı ve kütle transferi, yağlar, yağ oksidasyonu ve antioksidanlar gibi faktörlere bağlıdır (Zsivkovits ve ark., 2003; Öz ve Kaya, 2007).

Probiyotik laktik asit bakterilerinin, heterosiklik amin ve N-nitroso bileşikleri de dahil olmak üzere pek çok kanserojeni bağlayabildiği ya da metabolize edebildiği belirlenmiştir. Literatüre göre; heterosiklik aminlerin probiyotikler tarafından bağlanması veya degradasyona uğratılması, insan vücudu dışında kanserojenlerin azaltılmasının ana mekanizması olarak açıklanabilmektedir (Sreekumar ve Hosono 1998a,b; Uccello ve ark., 2012). Orrhage ve ark. (1994)'nin *in vitro* ortamda yürütükları bir çalışmada, proteince zengin gıdaların pişirilmesi ile oluşan heterosiklik aminlerin laktik asit bakterileri tarafından bağlanma kapasitesi araştırılmış; kullanılan bakteri suşlarının 3-amino-1-metil-5Hpirido-[4,3-b]indol(Trp-P-2), 2-amino-1-metil-6-fenilimidazo[4,5-b]piridin(PhIP), 2-amino-3, 8-dimetilimidazo[4,5f]kinoksalin(MeIQx), 2-amino-3-metilimidazol[4,5-f]kinolin (IQ) mutajenlerini bağladığı HPLC analizleri ile gösterilmiştir. Trp-P-2 tamamen ve geri dönüşümsüz olarak bağlanırken; PhIP'nin yaklaşık %50'si bağlanmıştır. IQ ve MeIQx'nin ise daha az bağlandığı saptanmıştır. Sreekumar ve Hosono (1998b) tarafından ise *Lb. gasseri* ve *B. longum* suşlarının Trp-P-1 ve Trp-P-2 mutajenlerini güçlü bağlama kapasitesi gösterdiği belirlenmiştir. Son zamanlarda, *Lb. casei* DN 114001 suşunun IQ, MeIQx ve PhIP varlığında büyüme ve direnç gösterdiği gözlemlenmiştir (Nowak ve Libudzisz, 2009). *Lb. acidophilus* ve *Bifidobacterium* spp. farklı suşları arasında heterosiklik aminleri bağlama kapasiteleri üzerine yapılan çalışmada, *Lb. acidophilus* %10–65 arasında bağlama kapasitesi gösterirken; *Bifidobacterium* spp.'nin yaklaşık %5–80 oranında bağlama kapasitesi gösterdiği saptanmıştır (Lankaputhra ve Shah, 1998).

Tavan ve ark. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada; *S. thermophilus* ve *B. animalis* suşlarından birini içeren fermente sütlerin tüketiminin, DNA migrasyonuna sebep olan heterosiklik amin karışımını inhibe ettiği belirlenmiştir. Stidl ve ark. (2008), bir heterosiklikamin olan piridin (PhIP) inaktivasyonunda; *Lb. helveticus* %78, *S. thermophilus* %50, *Lb. bulgaricus* %44 ve *Lb. kefir*'in %7 oranında azalma sağladığını saptamışlardır.

4. Akrilamid Detoksifikasyonu

Akrilamid; çoğunlukla karbohidratça zengin gıdaların yüksek sıcaklıklarda işlenmesiyle ve patates ve tahıllarda yüksek oranda bulunan bir aminoasit olan asparajin'in, şekerlerle reaksiyona girmesiyle oluşan bir bileşiktir. İşlenmiş patates ürünlerinde, ekmek-bisküvi-kraker gibi fırında pişen ürünlerde, kavrulmuş kahve-kakao-çerez gibi ısıtım işlem görmüş gıdalarda bulunmaktadır (Baardseth ve ark., 2006; Tamer ve Karaman, 2006). Maillard reaksiyonu, akrilamid oluşumunda önemli bir reaksiyon olarak kabul edilmektedir.

Son yıllarda bu bileşenin çeşitli kanser türleri için risk oluşturduğu ve insanlarda sinir sistemine zararlı etkiler gösterebileceği belirlenmiştir (Gökmen ve Palazoğlu, 2008; Timilsena ve ark., 2010; Serrano-Niño ve ark., 2014).

Probiyotik laktik asit bakterileri; sebze fermentasyonu ve fermente süt ürünlerinde oluşturdukları laktik asit ile pH'ı düşürmektedir. Yapılan çalışmalar patates ve havuç dilimlerinde meydana gelen laktik asit fermentasyonunun; maillard ürünlerinin miktarını, şeker miktarını ve buna bağlı olarak akrilamid oluşumunu azalttığını göstermektedir (Baardseth ve ark., 2006).

Akrilamid bağlanma yeteneğinin konsantrasyona ve bakteri suşuna bağlı olarak %11.89 ile %29.12 arasında değiştiği Serrano-Niño ve ark. (2014) tarafından belirlenmiştir. *Lb. reuteri* NRRL 14171 ve *Lb. casei* Shirota suşu ile 5 mL'lik akrilamid konsantrasyonu kullanılarak 12 saat inkübasyon sonunda sırasıyla %24.01 ve %24.95 oranında etkin bir şekilde bağlanma olduğu saptanmıştır.

Kaaber ve ark. (1995)'nin *Lb. sake* NCIMB 40450 suşu ile çeşitli patates dilimleri üzerinde yaptığı bir araştırmada, 23°C' de 24 saat yapılan fermentasyondan sonra toplam şeker içeriğinde azalmanın %72-%96 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca laboratuvar ortamında yapılan bir deneyde, *Lb. plantarum* NC8 suşu ile fermente edilen patates ve havuç dilimlerinin kızgın yağda kızartılması sırasında akrilamid oluşumunun daha düşük olduğu görülmüştür.

5. Diğer Toksik Bileşiklerin Detoksifikasyonu

Paralitik kabuklu su ürünleri toksinleri (PSTs) mavi-yeşil agler ve ateşrengi algler tarafından üretilmektedir. Bu toksinler kimyasal olarak, karbamat toksinleri (saksitoksin, neosaksitoksin ve gonyatoksin), sulfokarbamil toksinleri ve dekarbamil toksinleri (C-toksin) olmak üzere üç ana gruba ayrılırlar (Bartram ve ark., 2002; Kodama, 2010). *Lb. rhamnosus* GG ve LC-705 suşlarının canlı ve cansız formları kullanılarak; saksitoksinin, neosaksitoksinin, gonyatoksinin ve C-toksinin bağlanma kapasitesi HPLC cihazında ölçülmüştür. Neosaksitoksin ve saksitoksin %77-97.2 oranında bağlanırken; gonyatoksin ve C-toksin %33.3-49.7 oranlarında bağlandığı belirlenmiştir. Canlı ve cansız formların toksinleri bağlama kapasiteleri arasında önemli bir fark bulunmazken bu durum, metabolizma yerine bağlama kapasitesi ile toksinlerin uzaklaştırıldığını göstermektedir (Vasama ve ark., 2014).

Diğer bir toksik madde olan Bisfenol A (BPA), endüstriyel olarak önemli bir bileşiktir ve yaygın olarak polikarbon plastiklerde, konserve kutuları ve meyve suyu kutuları gibi gıda ambalajlarının iç kısmında kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bisfenol A'nın östrojen aktivitesine sahip olması, bu bileşiğin endokrin bozucular denilen bileşiklerin kategorisinde yer almasına neden olmuştur. Bisfenol A ile kontamine olmuş gıdaların, içeceklerin ve suyun tüketimi üreme organları, tiroid bezi ve gelişim aşamalarında beyin dokularına zarar verebilmektedir. Bu nedenle, Bisfenol A'nın uzaklaştırılması ve yıkımı tüketici sağlığı açısından önem kazanmaktadır (Endo ve ark., 2007; Chouhan ve ark., 2014). *Lb. casei* Shirota (LcS) ve *B. breve* Yakult (BbY) suşlarının Bisfenol A'ya karşı etkisinin incelendiği bir çalışmada, bir grup sıçan %5 oranında *Lb. casei* Shirota (LcS) suşu veya %5 oranında *B. breve* Yakult (BbY) suşu içeren diyetle beslenmişlerdir. Elde edilen sonuçlar kontrol grubu ile karşılaştırıldığında; dışkıdan atılan

bisfenol A miktarının arttığı belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde *Lb. casei* Shirota ve *B. breve* Yakult suşlarının bisfenol A atılımını kolaylaştırarak bağırsaklardan emiliminin azaldığını saptamışlardır (Oishi ve ark., 2008).

Sonuç

Fonksiyonel bileşenler arasında önemli yeri olan probiyotik bakterilerin, gıdalarda ve metabolizmada toksik bileşenlerin uzaklaştırılmasında kullanılması son yıllarda birçok araştırmacı tarafından incelenmektedir. Yapılan çalışmalar, toksik bileşenleri parçalama ya da azaltma potansiyellerinden dolayı probiyotik bakterilerin besinlerle düzenli tüketilmesinin yalnız bireyin toksik bileşenlerden korunmasına değil, aynı zamanda genel sağlık durumunun iyileşmesine de katkı sağlayacağını göstermektedir. Şu ana kadar yapılan çalışmalar laboratuvar koşullarında olup endüstriyel ölçekte yapılan uygulamalara rastlanılmamıştır. Bu nedenle, hem gıdaların bu bileşenlerden korunması hem de insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkilerinin giderilmesi amacıyla farklı probiyotik tür ve suşların kullanıldığı daha fazla *in vitro* ve *in vivo* çalışma ile birlikte endüstriye ölçekte yapılan çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynaklar

- Baardseth, P., H. Blom, G. Skrede, L. Mydland, A. Skrede and E. Slinde. 2006. Lactic acid fermentation reduces acrylamide formation and other maillard reactions in french fries. *J. Food Sci.*, 71: 28-33.
- Bakırcı, G.T. 2014. Tahıl ve tahıl ürünlerinin aflatoksin, okratoksin A, zearalenon, fumonisin ve deoksinivalenol mikotoksinleri yönünden incelenmesi. *Akademik Gıda*. 12: 46-56.
- Bartram, J. and I. Chorus. 2002. Toxic *Cyanobacteria* in water: A Guide To Their Public Health Consequences, Monitoring And Management. Taylor & Francis: Oxford, UK.
- Bhakta, J.N., Ohnishi, K., Munekage, Y., Iwasaki, K. and Wei, M.Q. 2012. Characterization of lactic acid bacteria-based probiotics as potential heavy metal sorbents. *J. Appl. Microbiol.*, 112: 1193-1206.
- Biernaslak, J., Piotrowska, M. and Libudzisz, Z. 2006. Detoxification of mycotoxins by probiotic preperation for broiler chickens. *Mycotoxin Res.*, 22: 230-235.
- Bovo, F., Corassin, C.H., Rosim, R.E. and Oliveira, C.A.F. 2013. Efficiency of lactic acid bacteria strains for decontamination of aflatoxin M₁ in phosphate buffer saline solution and in skimmed milk. *Food Biop. Technol.*, 6: 2230-2234.
- Brudnak, M.A. 2002. Probiotics as an adjuvant to detoxification protocols. *Med. Hypotheses*, 58: 382-385.
- Chouhan, S., Yadav, S.K., Prakash, J. and Singh, S.S.P. 2014. Effect of bisphenol A on human health and its degradation by microorganisms: A review. *Ann Microbiol.*, 64: 13-21.
- Cicoňová, P., Laciaková, and Ve Máté, D. 2010. Prevention of ochratoxin A contamination of food and ochratoxin A detoxification by microorganisms. A Review. *J. Food Sci.*, 28: 465-474.
- Critchfield, J.W., Van Hemert, S., Ash, M., Mulder, L. and Ashwood, P. 2011. The potential role of probiotics in the management of childhood autism spectrum disorders. *Gastroenterology Res. Pract.* 8 pp.
- Dalié, D.K.D., Deschamps, A.M. and Richard-Forget, F. 2010. Lactic acid bacteria-Potential for control of mould growth and mycotoxins: A review. *Food Control*. 21: 370-380.

- Delikanlı, B. ve Özcan, T. 2014. Probiyotik içeren yenilebilir filmler ve kaplamalar. U.Ü. Ziraat Fak. Derg., 28: 59-70.
- El-Nezami, H. S., Polychronaki, N., Salminen, S. and Mykkänen, H. 2002a. Binding rather than metabolism may explain the interaction of two food-grade *Lactobacillus* strains with zearalenone and its derivative a-zearalenol. Appl. and Environ. Microbiol, 68: 3545-3549.
- El-Nezami, H. S., Chrevatidis, A., Auriola, S., Salminen, S. and Mykkänen, H. 2002b. Removal of common Fusarium toxins *in vitro* by strains of *Lactobacillus* and *Propionibacterium*. Food Add. Contam, 19: 680-686.
- Elsanhoty, R.M., Salam, S.A., Ramadan, M.F. and Badr, F.H. 2014. Detoxification of aflatoxin M₁ in yoghurt using probiotics and lactic acid bacteria. Food Control, 43: 129-134.
- Endo, Y., Kimura, N., Ikeda, I., Fujimoto, K. and Kimoto, H. 2007. Adsorption of bisphenol A by lactic acid bacteria: *Lactococcus* strains. Appl. Microbiol. Biotechnol, 74: 202-207.
- Erkmen, O. 2010. Gıda kaynaklı tehlikeler ve güvenli gıda üretimi. Çocuk Sağ. ve Hast. Derg., 53: 220-235.
- Franco, T.S., Garcia, S., Hirooka, E.Y., Ono, Y.S. and Santos, J.S. 2011. Lactic acid bacteria in the inhibition of *Fusarium graminearum* and deoxynivalenol detoxification. J. Appl. Microbiol, 111: 1364-5072.
- Fuchs, S., Sontag, G., Stidl, R., Ehrlich, V., Kundi, M. and Knasmüller, M. 2008. Detoxification of patulin and ochratoxin A, two abundant mycotoxins by lactic acid bacteria. Food Chem. Toxicol, 46: 1398-1407.
- Gerbino, E., Mobili, P., Tymczyszyn, E.E., Frausto-Reyes, C., Araujo-Andrade, C. and Gomez-Zavaglia, A. 2011. Use of Raman spectroscopy and chemometrics for the quantification of metal ions attached to *Lactobacillus kefir*. J. Appl. Microbiol, 112: 363-371.
- Girgin, G., Başaran, N. ve Şahin, G. 2001. Dünyada ve Türkiye’de insan sağlığını tehdit eden mikotoksinler. Türk Hij. Den. Biyol. Derg., 58: 97-118.
- Gökmen, V. ve Palazoğlu, T. K. 2008. Acrylamide formation in foods during thermal processing with focus on frying. Food Biop. Tech., 1: 35-42.
- Halttunen, T. 2007. Removal Of Cadmium, Lead And Arsenic From Water By Lactic Acid Bacteria, Department of Biochemistry and Food Chemistry, University of Turku.
- Halttunen, T., Collado, M.C., El-Nizami, H., Meriluoto, J. and Salminen, S. 2008. Combining strains of lactic acid bacteria may reduce their toxin and heavy metal removal efficiency from aqueous solution. Lett. Appl. Microbiol., 46: 160-165.
- Hansen, H.K., Ribeiro, A. and Mateus, E. 2006. Biosorption of arsenic (V) with *Lessonia nigrescens*. Minerals Eng., 19: 486-490.
- Haskard, C.A., El-Nezami, H.S., Kankaanpää, S.S. and Ahokas, J.T. 2001. Surface binding of aflatoxin B₁ by lactic acid bacteria. Appl. Environ. Microbiol., 67: 3086-3091.
- Hatab, S., Yue, T. and Mohamad, O. 2012. Reduction of patulin in aqueous solution by lactic acid bacteria. J. Appl. Microbiol., 112: 892-899.
- Hernandez-Mendoza, A., Guzman-de-Pen, D. and Garcia, H.S. 2009. Key role of teichoic acids on aflatoxin B₁ binding by probiotic bacteria. J. Appl. Microbiol., 107: 395-403.
- Hussein, H.S. and Brasel, J.M. 2001. Toxicity, metabolism and impact of mycotoxins on humans and animals. Toxicology, 167: 101-134.
- İbrahim, F., Halttunen, T., Tahvonen, R. and Salminen, S. 2006. Probiotic bacteria as potential detoxification tools: Assessing their heavy metal binding isotherms. Can. J. Microbiol., 52: 877-885.

- Kaaber, L., Sundt, T.W. and Slinde, E. 1995. Production of chips from potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) with high sugar content using lactic acid fermentation. *Potato Res.*, 38: 39-45.
- Kabak, B. 2002. *Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium bifidum*'ün *Aspergillus flavus* gelişimi ve aflatoksin B₁ ve aflatoksin M₁ üzerine etkisinin *in vitro* şartlarda araştırılması. Yüksek Lisans Tezi.Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Kabak, B. ve Var, I., 2004. Mikotoksin biosentezinin engellenmesinde ve mikotoksinlerin detoksifikasyonunda biyolojik ajanların kullanımı. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi*, 5: 39-45.
- Kabak, B. ve Var, I. 2008. Aflatoksin M₁'in detoksifikasyonunda *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* suşlarının kullanımı. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Karlovsky, P. 1999. Biological detoxication of fungal toxins and its use in plant breeding. *Nat. Toxins.*, 7: 1-23.
- Keser, O. ve Kutay, H.C. 2008. Mikotoksinlerin önlenmesinde kullanılan bazı yöntemler II. Kimyasal ve biyolojik yöntemler. *İstanbul Üniv.Vet. Fak. Derg.*, 35: 19-30.
- Kinoshita, H.,Sohma, Y., Ohtake, F., Ishida, M., Kawai, Y., Kitazawa, H., Saito, T. and Kimura, K. 2013. Biosorption of heavy metals by lactic acid bacteria and identification of mercury binding protein. *Res. Microbiol.*, 164: 701-709.
- Kodama, M. 2010. Paralytic shellfish poisoning toxins: biochemistry and origin. *Aqua-Biosci. Monographs.*, 3: 1-38.
- Lankaputhra, W.E.V. and Shah, N.P. 1998. Antimutagenic properties of probiotic bacteria and of organic acids. *Mutat Res.*, 397: 169-182.
- Milicevic, D.R., Skrinjar, M. and Baltic, T. 2010. Real and perceived risks for mycotoxin contamination in foods and feeds: Challenges for food safety control. *Toxins*. 2: 572-592.
- Mishra, H.N. and Das, C. 2003. A review on biological control and metabolism of aflatoxin. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 43: 245-264.
- Moake, M., Padilla-Zakour, O.I., and Worobo, R.W. 2005. Comprehensive review of patulin control methods in foods. *Compr. Rev.Food Sci.*1: 8-21.
- Motawee, M.M. and Abd El-Ghany, M.A. 2011. Effect of some lactic acid bacteria strains on aflatoxins reduction in some dairy foods. Faculty of Specific Education Mansoura University, Giza-Egypt.
- Nowak, A. and Libudzisz, Z. 2009. Ability of probiotic *Lactobacillus casei* DN 114001 to bind or/and metabolise heterocyclic aromatic amines *in vitro*. *Eur. J. Nutr.* 48: 419-427.
- Oishi, K., Ito, M., Sato, T., Yokoi, W. and Sawada, H. 2008. Effect of probiotics, *Bifidobacterium breve* and *Lactobacillus casei*, on bisphenol a exposure in rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 72: 1409-1415.
- Orrhage, K., Sillerström, E., Gustafsson, J.A., Nord, C.E. and Rafter, J. 1994. Binding of mutagenic heterocyclic amines by intestinal and lactic acid bacteria. *Mutat Res.* 311: 239-248.
- Oskay, N. 2012. Meyve Sularında Patulin Oluşumunun Araştırılması ve Patulinin Laktik Asit Bakterileri ile Detoksifikasyonu.Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Öz, F. ve Kaya, M. 2007. Et ve et ürünlerinde heterosiklik aromatik amin oluşumunun engellenmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 38: 121-126.
- Özay, G. 1988. Gıdalarda mikotoksinlerin detoksifikasyonu. *Gıda*. 13: 137-141.
- Özkaya, Ş. ve Temiz, A. 2003. Aflatoksinler: kimyasal yapıları, toksisiteleri ve detoksifikasyonları. *Orlab On-Line Mikrobiyol. Derg.* 1: 1-21.

- Phelps, K. and Hassed, C. 2012. Detoxification: General Practice: The Integrative Approach Series. Elsevier Health Sciences, 54 s.
- Peltonen, K.D., El-Nezami, H.S., Salminen, S.J. and Ahokas, J.T. 2000. Binding of aflatoxin B by probiotic bacteria. J. Sci. Food Agric. 80: 1942-1945.
- Piotrowska, M. and Zakowska, Z. 2005. The limitation of ochratoxin A by lactic acid bacteria strains. Pol. J. Microbiol. 54: 279-286.
- Puel, O., Galtier, P. and Oswald, I.P. 2010. Biosynthesis and toxicological effects of patulin. Toxins. 2: 613-631.
- Sabuncuoğlu, S.A., Baydar, T., Giray, B. ve Şahin, G. 2008. Mikotoksinler: toksik etkileri, degradasyonları, oluşumlarının önlenmesi ve zararlı etkilerinin azaltılması. Hacettepe Üniv. Eczacılık Fak. Derg. 28: 63-92.
- Serrano-Niño, J.C., Cavazos-Garduño, A., González-Córdova, A.F., Vallejo-Cordoba, B., Hernández-Mendoza, A. and García, H.S. 2014. *In vitro* study of the potential protective role of *Lactobacillus* strains by acrylamide binding. J. Food Safety. 34: 62-68.
- Socol, C.R., Prado, M.R.K., Garcia, L.M.B., Rodrigues, C., Medeiros, A.B.P. and Socol, V.T. 2014. Current developments in probiotics. J. Microb. Biochem. Technol. 7:11-20.
- Sreekumar, O. and Hosono, A. 1998a. The antimutagenic properties of apolysaccharide produced by *Bifidobacterium longum* and its cultured milk against some heterocyclic amines. Can J. Microbiol. 44: 1029-1036.
- Sreekumar, O. and Hosono, A. 1998b. The heterocyclic amine binding receptors of *Lactobacillus gasseri* cells. Mutat Res. 421: 65-72.
- Stadnik, A. and Borzęcki, A. 2009. Influence of the zearalenone on the activity of chosen liver enzymes in a rat. Ann. Agric. Environ. Med. 16: 31-35.
- Stidl, R., Sontag, G., Koller, V. and Knasmüller, S. 2008. Binding of heterocyclic aromatic amines by lactic acid bacteria. Mol. Nutr. Food Res. 52: 322-329.
- Svveaney, M.C. and Dobson, A.D.W. 1999. Molecular biology of mycotoxin biosynthesis. FEMS Microbiol. Lett. 175: 149-163.
- Tamer, C.E. ve Karaman, B. 2006. Gıdalarda akrilamid oluşumu ve insan sağlığı üzerine etkisi. Gıda. 31: 195-199.
- Tavan, E., Cayuela, C., Antoine, J.M., Trugnan, G., Chaugier, C. And Cassand, P. 2002. Effects of dairy products on heterocyclic aromatic amine-induced rat colon carcinogenesis. Carcinogenesis. 23: 477-483.
- Teemu, H., Sepp, S., Jussi, M., Raija, T. and Kalle, L. 2008. Reversible surface binding of cadmium and lead by lactic acid and bifidobacteria. Int. J. Food Microbiol. 125: 170-175.
- Timilsena, Y. P., Khanal, J. S. and Anal, A.K. 2010. Acrylamide: Thermally induced toxicant in foods and its control measures. J. Food Sci. Technol. 6: 19-30.
- Uccello, M., Malaguarnera, G., Basile, F., D'agata, V., Malaguarnera, M., Bertino, G., Vacante, M., Drago, F. and Biond, A. 2012. Potential role of probiotics on colorectal cancer prevention. BMC Surgery. 12: 35.
- Vasama, M., Kumar, H. and Salminen, S. 2014. Removal of paralytic shellfish toxins by probiotic lactic acid bacteria. Toxins. 6: 2127-2136.
- Wang, L., Yue, T., Yuan, Y., Wang, Z., Ye, M. and Cai, R. 2015. A new insight into the adsorption mechanism of patulin by the heat-inactive lactic acid bacteria cells. Food Control. 50: 104-110.

- Zhai, Q., Yin, R., Yu, L., Wang, G., Tian, F., Yu, R., Zhao, J., Liu, X., Chen, Y.Q., Zhang, H. and Chen, W. 2015. Screening of lactic acid bacteria with potential protective effects against cadmium toxicity. *Food Control*. 54: 23-30.
- Zhao, L., Jin, H., Lan, J., Zhang, R., Ren, H., Zhang, X. and Yu, G. 2015. Detoxification of zearalenone by three strains of *Lactobacillus plantarum* from fermented food *in vitro*. *Food Control*. 54 :158-164.
- Zoghi, A., Khosravi-Darani, K. and Sohrabvandi, S. 2014. surface binding of toxins and heavy metals by probiotics. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 14: 84-98.
- Zorlugenç, B. 2009. Çeşitli Gıda Maddelerinden *Flavobacterium aurantiacum* ile Aflatoksin B₁ Miktarının Azaltılması Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Zsivkovits, M., Fekadu, K., Sontag, G., Nabinger U., W.Huber, W., Kundi, M., Chakraborty, A., Foissy, H. and Knasmüller, S. 2003. Prevention of heterocyclic amine-induced DNA damage in colon and liver of rats by different lactobacillus strains. *Carcinogenesis*. 24: 1913-1918.



Trombe Duvar ile Ek Isı Kazanımı Sonucu Hayvan Barınaklarında Havalandırma Etkinliğinin Artırılması

Sedat KARAMAN^{1*}, İbrahim ÖRÜNG², Ünal ŞİRİN²

¹Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat.

²Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum.

*e-posta: sedat.karaman@gop.edu.tr.

Geliş Tarihi: 16.01.2016; Kabul Tarihi: 13.05.2016

Öz: Güneş enerjisinden daha etkin bir şekilde yararlanabilmenin alternatiflerinden birisi de, güneş ışıını ile elde edilen ısı enerjisinin doğal taşınım yoluyla yapı içerisine alınması ilkesine dayanan trombe duvar kullanımınıdır. Özellikle kış mevsimi havalandırması için çok uygun olan ve soğuk taze havayı ısıtarak duvarlar boyunca yukarı doğru yöneltecek şekilde düzenlenen trombe duvarların kullanılmasıyla, hayvanlar soğuk havanın olumsuz etkisinden korunmuş olacak ve ısı dengesinin sağlanması kolaylaşacaktır. Bu çalışmada trombe duvarlara yönelik genel bilgiler derlenmiş olup hayvan barınaklarında ısıtma ve havalandırmanın etkinliğinin artırılmasında kullanılma olanakları incelenerek önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Trombe duvar, hayvan barınakları, havalandırma.

Improved Ventilation Efficiency in Livestock Housings with Additional Heat Gain Through Trombe Walls

Abstract: Trombe walls convey heat energy coming from the solar radiation into livestock barns through natural conveyance. They have recently been used for more efficient use of solar energy in livestock barns. They are especially suitable for winter ventilations, heat up the cold fresh air first and orient the air toward to ridges. In this way, they can prevent the animals from the negative impacts of cold air and provide significant contributions to heat balance of the barn. In this study, general information about trombe walls was provided and their possible use to improve heating and ventilation efficiencies of livestock barns was evaluated and recommendations were provided.

Key Words: Trombe wall, livestock barns, ventilation.

Giriş

Zengin güneş enerjisi potansiyeline sahip ülkemizde enerji ve çevre sorunlarının çözümünde en etkili yollardan birisi, pasif sistemler aracılığı ile temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerjisinden yapılarda maksimum yararlanma olanaklarını sağlamaktır. Ülkemiz enerji sorunlarının çözümünde, yapıların güneş enerjisinden yarar sağlayan optimum pasif sistemler olarak tasarlanması, bir başka anlatımla “pasif güneş sistemleri” artarak önem kazanmaktadır (Efe, 2009).

Fosil yakıt taleplerini azaltmak için yapılarda yenilenebilir enerji kaynaklarının olanaklar ölçüsünde fazla kullanılması, üzerinde çok çalışılan bir konudur. Barınaklarda enerjinin önemli bir kısmı, iklimlendirme uygulamalarında tüketilmektedir. Enerji tüketiminin azaltılması, enerjinin verimli kullanılması ile olasıdır. Barınakların yalıtımı, yenilenebilir enerji kaynaklarının yapılarda uygulanması gibi birçok verimlilik artırıcı önlemin yanı sıra, güneş enerjisinin doğrudan ısıtma amacıyla ısı enerjisinin depolanarak kullanılması da enerji tüketimini azaltacaktır (Yılmazoğlu, 2010; Ögüş, 2013).

Isıtma talebinin en yüksek olduğu kış aylarında güneşten en verimli şekilde yararlanabilmek önemlidir. Türkiye güneş açısından şanslı olmakla birlikte, bu kaynaktan yeterince verimli yararlanamamaktadır. Bu amaçla özel tasarlanmış yapı elemanlarının eklenmesi, verimli yararlanma için yeterli olabilmektedir. Bazı doğal işlemlerin kontrolü yapılarak, yapıların ısıtma ve soğutma gereksinimi rahatlıkla karşılanabilmektedir. Pasif güneş enerji sistemlerinde kullanılan bu işlemler termal enerji akımları olup konduksiyon, doğal konveksiyon ve radyasyondan oluşmaktadır. Güneş ışığı yapıya çarptığında yapı malzemeleri ışığı geçirip yansıtmakta, ya da güneş ışınımını absorbe etmektedir. Oluşturulacak hava kanalı içerisinde, güneş tarafından üretilen ısının hava hareketine yol açacağı açıktır. Buradan yola çıkarak yapıların ısıtılması, doğal kaynak olan güneş sayesinde yapılabilmektedir. Pasif ısıtma tekniklerinden olan termal ya da diğer adıyla trombe duvarlar, bu amaçla tasarlanan güneşin ışınım enerjisini en yüksek düzeyde kullanmak için tasarlanmış sistemlerdir (Doğan ve Pırasacı, 2009; Ögüş, 2013).

Hayvan barınaklarının planlanmasında havalandırma sistemlerinin projelenmesi barınak planlamasının en önemli koşullarından olup, optimum çevre koşullarını sağlamak için havalandırma sistemlerinin uygun şekilde planlanması gerekir. Baca etkisiyle oluşan havalandırma kapasitesi, barınak ile dış ortam arasındaki sıcaklık farkı, dolayısıyla basınç farkı ve hava giriş ve çıkış açıklıkları arasındaki yükseklik farkı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle doğal havalandırma sisteminin etkin olabilmesi için, yapı içerisindeki hava değişimini sağlayabilecek ve aralarında belirli yükseklik farkı bulunan hava giriş ve çıkış açıklıklarının bulunması gereklidir.

Bu çalışmada sürdürülebilir çevrede, barınak içi optimum iklim koşullarını çevre kirliliği oluşturmayacak şekilde sağlayan pasif ısıtmada kullanılan masif depolayıcı duvar sistemi olan trombe duvarlar ele alınarak, sistemin çalışma ilkesi ve trombe duvarların yapısı hakkında bilgi verilmiş, tarımsal yapılarda ısıtma ve havalandırmanın etkinliğinin artırılmasında kullanılma olanakları incelenerek önerilerde bulunulmuştur.

Havalandırma

Hayvanlar barınak ortamına ısı, su buharı ve çeşitli gazlar yayarlar. Hayvanlar tarafından barınak içine verilen nem, ısı, kötü koku ve gazların zararlı olabilecek düzeye

erişmeden barınak dışına atılması gerekir. Bu ise, dış ortam ile barınak arasında belirli sınırlar içerisinde hava değişiminin olmasıyla sağlanabilir (Ekmekyapar, 1993).

Havalandırma, barınak içi sıcaklık ve bağıl nemini istenilen sınırlarda tutabilmek, zararlı gazlar, çeşitli mikroorganizmalar ve tozlarla karışan kullanılmış kirli havayı dışarı atmak ve barınak içine yeterli miktarda temiz hava sağlamak amacıyla yapılan hava değişimidir. Hayvan barınaklarında havalandırmanın amacı, barınak içi çevre koşullarını optimum sınırlarda tutmak, kullanılmış havayı dışarı atmak ve hayvanlar için gerekli temiz havayı sağlamaktır. Soğuk mevsimlerde ısıdan çok nem birikimi sorunu olduğundan, nemin dışarı atılmasını sağlayacak havalandırma kapasitesi yeterlidir. Yaz mevsiminde ise barınaklarda ısı sorunu olup, biriken ıstıyı dışarıya atmak amaçlanır (Ekmekyapar, 1993).

Doğal havalandırma, barınak iç ve dış havasının sıcaklık farkı ile oluşan yoğunluk-basınç farkı nedeniyle hava kitesinin yer değiştirmesi ilkesine dayanır (Bruce, 1982; Kılıç ve Şimsek, 2003). Barınak içindeki sıcaklık dış hava sıcaklığından farklı olduğunda, hava yoğunluğundaki fark nedeniyle basınç farkı oluşur. Barınak iç sıcaklığı daha yüksek ise, ısınan iç hava barınak içerisinde genişleme sonucu barınağın üst kısımlarına doğru hareket eder ve bu kısımlardan dışarı çıkar. Buna karşılık barınağın alt kısımlarındaki açıklıklardan giren soğuk hava ısınarak dışarı çıkan havanın yerini alır. Buna baca veya gravite etkisi denir. Bu yöntemle doğal konveksiyonun olabilmesi için yapı içi dışarıdan en az 4-5 °C daha fazla sıcaklığa sahip olmalıdır. Bu fark 11-17 °C olursa daha iyi hava akımı sağlanır (Ekmekyapar, 1993).

Pasif Isıtma Sistemleri

Pasif güneş enerjisi sistemleri, yapıda yer alan yapı elemanlarını toplayıcı yerine kullanarak ilave donanım gereksinim duymamaktadır. Ayrıca bu sistemlerde ek olarak enerjiye gereksinim yoktur. Yazın minimum, kışın ise maksimum ıstıyı depolayacak şekilde tasarlanabilirler. Bu özellikleri sağlayabilmek için genelde yapıların güney cepheleri bu sisteme uygun olarak yapılmaktadır. Güney cephe bir cam veya malzeme ile kaplanarak ısı depolama sağlanmaktadır (Köse, 2013).

Yapılarda enerji tasarrufu elde etmeye yönelik olarak uygulanan pasif güneş sistemlerinin temel özelliği, ısıtmaya gereksinim duyulan dönemde güneş ışınımından ısı kazançlarını olanaklar ölçüsünde artırmak, ısıtmaya gereksinim duyulmayan dönemde ise azaltmaktır. Pasif güneş yapısının temel hedefi iklim kontrolü, ısı konforunun elde edilmesi ve enerji tasarrufu sağlanmasıdır. Diğer bir anlatımla pasif güneş yapıları, enerji harcayan aktif iklimlendirme sistemlerine gerek kalmaksızın yapının yönü, konumu, formu, yapı kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri gibi tasarım parametrelerinin, güneş enerjisinden en fazla yarar sağlamayı olanaklı kılan değerleri ile iç ortamlarda ısı konfor koşullarının yılın her döneminde sağlanmasını gerçekleştiren sistemler bütünüdür (Oral, 2010).

Pasif sistemlerin en önemli üstünlükleri; çalışmalarının doğal ve bakımının basit olması, prensiplerinin kolay ve anlaşılabilir olması, ilk yatırım maliyetlerinin aktif sistemlere göre düşük olması, estetik yönden ilgi çekici olduğundan kullanıcılar tarafından daha çok tercih edilmesi şeklinde sıralanabilir (Köse, 2013).

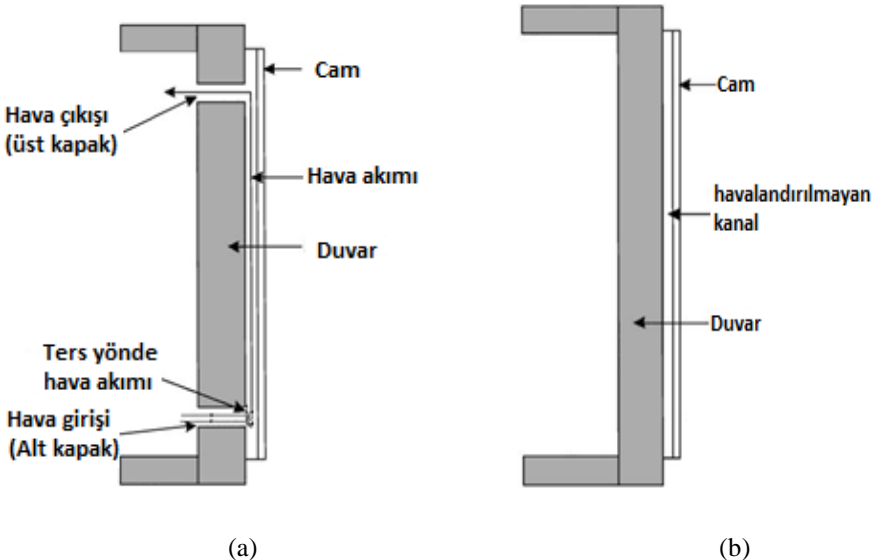
Güneş ışınından yararlanma yönünden güneş yapılarında yaygın kullanılan pasif sistemler; doğrudan kazanım sistemleri, dolaylı kazanım sistemleri, izole edilmiş kazanım sistemleri, sürekli dolaşım halkası sistemleri olarak gruplandırılabilir (Efe, 2009).

Dolaylı kazanım sistemleri, ısı depolayıcı kütlelerin güneşten doğrudan kazandığı ısının daha sonra yapı içi ortamına dağıtılmak üzere toplanması ve depolanması ilkesine dayanmaktadır. Dolaylı kazanım sistemlerinde ısıtmanın istendiği dönemde güneş ışınımı toplayıcıdan geçmekte, ısıl kütle duvarı tarafından emilerek duvarı ısıtmaktadır. Isıl kütle olarak işlev gören duvar tarafından depolanan ısı, bitişikteki iç ortama geçerek bu alanı ısıtmaktadır. Sistem gece boyunca iç ortama yeterli ısıyı sağlamaktadır (Efe, 2009). Dolaylı kazanım sistemlerinin en yaygın olarak kullanılanı trombe duvarlardır.

Trombe Duvarlar

Dolaylı kazanım sistemlerinin en yaygın olarak kullanılanı trombe duvarlardır. Isı depolayıcı duvar sistem olan trombe duvar; bir kolektör sistemi olup güneş enerjisinden ısı elde etmek üzere yapının güneye bakan dış cephesine konumlandırılmış beton, tuğla, kerpiç veya taş gibi koyu renkli ısı depolamaya uygun ısıl kütleli yapılan duvar ve duvardan, belirli bir mesafeye (10-15 cm) yerleştirilmiş cam veya fiberglas ile kaplı olan, cam tabakası ile arasında hava boşluğu bulunan yapı elemanıdır (Özdemir, 2005; Doğan ve Pırsacı, 2009; Oral, 2010).

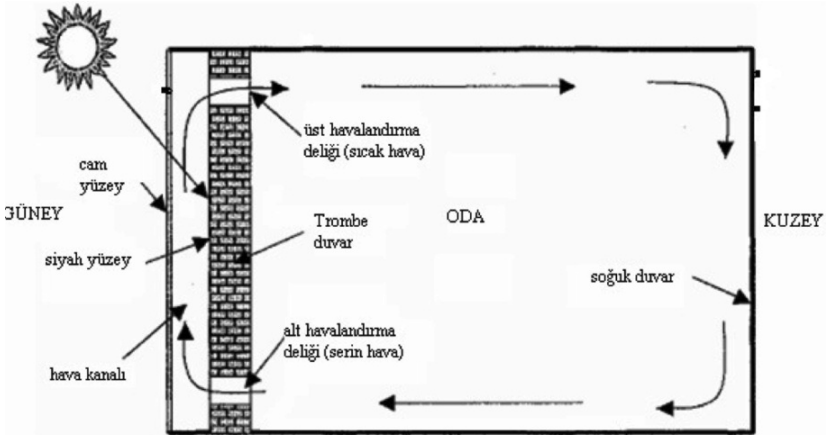
Trombe duvarlar havalandırılmalı ve havalandırılmaması olarak iki sınıfa ayrılmaktadır (Şekil 1). Havalandırılmalı trombe duvarlar boşluktaki hava hareketinin gerçekleşmesi için alt ve üst tarafta havalandırma açıklıklarına sahiptir. Havalandırma açıklığı olmayan trombe duvar sistemlerinde, duvarın yalnızca termal depolama özelliği kullanılmaktadır. Havalandırılmalı trombe duvarlar, havalandırmayı bir ısı mekanizması olarak kullanır (Öğüş, 2013).



Şekil 1. Havalandırılmalı (klasik) (a) ve havalandırılmaması (b) trombe duvar

Yapılarda pasif güneş ısıtma yönteminin ilk örneği olan masif depolama duvar sistemi klasik trombe duvarlarda; cam yüzeyden geçen güneş ışınımı termal duvar olan ısı kütlesi yani trombe duvar tarafından emilerek, enerji duvar kütlesi içinde depolanmaktadır. Duvara iletilen ısıyı en üst düzeye çıkaran yüksek iletim özelliğine sahip camdan geçen kısa dalga boylu ışınlar trombe duvar ile ısıya dönüşmekte ve artan dalga boyu nedeniyle camdan geri çıkamayarak, sera etkisi oluşturan ışın, uzun süre kaybolmamaktadır. Ortam sıcaklığı duvar sıcaklığının altına düştüğünde cam ile duvar arasında depolanan ısı, ışınım ve taşınım yoluyla belirli zaman periyodunda iç ortama aktarılmaktadır. Kanalda doğal ısının taşınması ve ısı kütlenin ısıyı içeriye geç iletme sorunu, duvarın alt ve üst kısımlarındaki havalandırma açıklıklarıyla çözülebilmektedir. Isının toplanması ve depolanmasının aynı duvar üzerinde gerçekleştirildiği bu yöntemde kanallı ısı depolayıcı duvarda yani cam ile duvar arasındaki boşlukta ısınarak yükselen hava, duvarda üstteki açıklıklardan içeriye alınmakta, ortamın serin havası da zemine yakın açıklıklardan kanala girmekte, burada ısınan hava yükselerek sürekli dolaşım sağlanmaktadır. Bu etkiyle birlikte iç ortam doğal taşınım yoluyla da ısıtılmakta, böylece kışın güneşli günlerde yapıya ek ısı kazancı sağlanmış olmaktadır. Bütün bunların sonucu olarak duvar geceleri ısı deposu, gündüzleri ısıtma ve havalandırma sistemi olarak kullanılmaktadır. Trombe duvarlar özellikle güneşli fakat soğuk kışların görüldüğü iklim kuşakları için daha çok uygun olmaktadır.

Trombe duvarda ısının yapı içerisine ulaşması 8-10 saati bulmaktadır. İç ortamın ısıyı geç alması, güneşin batımından saatler sonra bile bu sistem tarafından ısıtılacağı için, geleneksel ısıtmaya gerek kalmayacağı anlamına gelmektedir. Geleneksel ısıtmada doğrudan hava ısıtıldığından, odada homojen ısı dağılımı olmayabilir. Trombe duvar sistemiyle ısıtılan iç ortam, daha konforlu ortam oluşturmaktadır (Efe, 2009). Trombe duvarın çalışma şekli Şekil 2’de verilmiştir (Doğan ve Pırasacı, 2009).

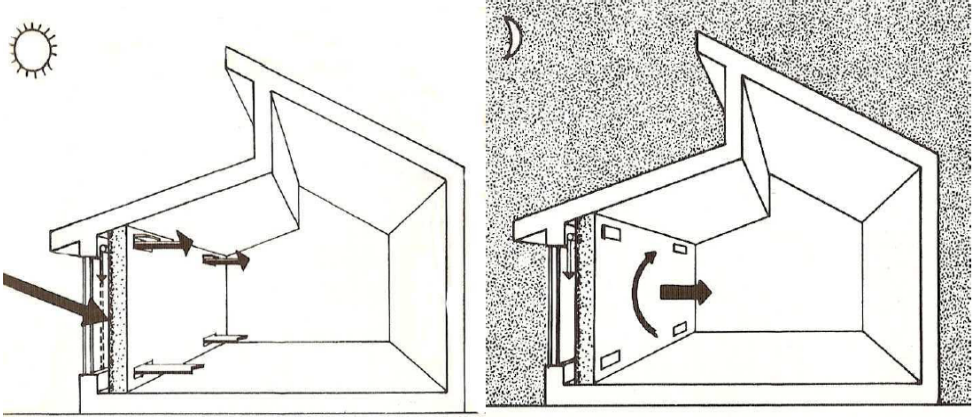


Şekil 2. Trombe duvarın çalışma şekli

Doğrudan ısı kazancı yönteminde olduğu gibi ısı depolayıcı duvar yönteminde de, ısı kaybının azaltılması ve sistemin veriminin artırılması yönünden yapının veya hacmin yalıtımı önemlidir. Isısal direncin yüksek olması, hem ısı depolayıcı duvarın hem de yapı kabuğunun diğer bölümlerinin iyi yalıtılması ile sağlanabilmektedir. Isı depolayıcı duvarda; cam yüzeyin çift camdan oluşturulması, dış hava sıcaklığının düştüğü zamanlarda dış

cephede hareketli yalıtım gereçlerinin kullanılması, depolayıcı duvar yüzeyinin oksitli metallerle kaplanması vb. detaylarla ısısal direnci yükseltmek olasıdır. Masif yüzeylerin ise dışarıdan yalıtılarak ısısal dirençlerinin yüksek olması sağlamalıdır. Trombe duvarlarla ısıtılan ortamlarda ısıtılan hacmin tavan, taban, çatı ve diğer duvarlarının ısı yalıtımlarına özen gösterilmelidir (Yüre, 2007).

Bazı durumlarda kullanıcının isteğine göre, ısı geçişinin kontrolünün yapılması gerekmektedir. Bu kontroller, duvarla pencere arasına hareket edebilen yalıtımlı perde yerleştirilerek, gündüz gölgeleme, gece ise ısı kayıplarının önlenmesi amaçlı kullanılabilir (Doğan ve Pirasacı, 2009). Kışın, gündüz masif kütle duvar aracılığı ile toplanan ısı, geceleyin duvar üzerindeki havalandırma açıklıkları kapalı duruma getirilerek (Şekil 3) iç ortama verilmektedir (Yüre, 2007; Yasan, 2011). Yaz gölgesi ve kış gece yalıtımı önlemlerinin yanı sıra, kış akşamları için alınması gereken diğer önlem de hava hareketinin tersine dönerek ısınan havanın cam yüzeyle duvar arasına kaçması, böylece alttaki açıklıklardan içeriye soğuk havanın çekilmesiyle iç ortamın soğumasının engellenmesi amacıyla duvardaki havalandırma açıklıklarının kapatılmasıdır (Özdemir, 2005).



Şekil 3. Trombe duvarın gündüz ve gece çalışması

Bu sistemin üstünlükleri kolay uygulanabilir olması, diğer bir anlatımla yapım kolaylığı, hareketli yalıtımın dışında hareketli parçaların olmaması, duvar arkasındaki iç ortamın sıcaklık değişimlerinden etkilenmemesini sağlaması ve ekstrem koşullardan koruması, istenmeyen veya malzemelere zarar verebilecek direkt ışıınımdan da korumasıdır. En temel olumsuzlukları ise ısı kütlenin sabahları geç ısınması, sonra da içeriye aktarılan ısıyı istenmediği durumlarda denetlenememesi, havalandırma miktarının tam olarak ayarlanamaması, güney cephesindeki trombe duvardan dolayı doğal aydınlatma ve manzaraya açılma gibi gerekliliklerden yararlanılamamasıdır. Mevsimsel ve gün içi periyotlardaki trombe duvarın davranışları incelendiğinde, yaz mevsimi gündüz vakitleri içerisinde sistemin aşırı ısınması ve kış mevsimi içerisinde gündüz vakitleri boyunca toplanan ısıyı geceleyin dışarı kaçarak kaybedilmesi olası sorunlardır. Bu nedenle trombe duvarının 12 aylık süreçte sürekli ve verimli performans gösterebilmesi için, trombe duvarın dış yüzeyinde güneş kontrol ve yalıtım sağlayan panel, kepenk gibi sistemler

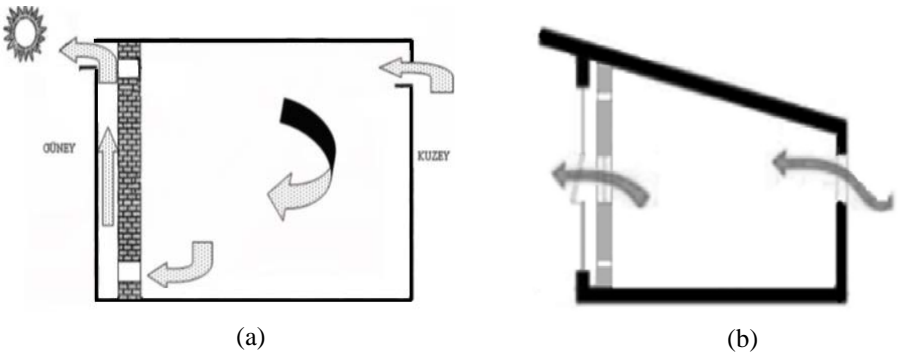
kullanılmalıdır. Trombe duvar uygulamalarında basit işlerlik şeması olmasına karşın, gerçek bir işlerlik kazandırmak konusunda bazı güçlükler vardır. Tasarlanan trombe duvarlarının süreç içerisinde nasıl davranacağını öngörmek ve sistemin detayını belirlemek, gereksinime cevap verebilen sistem oluşturmak açısından zordur. Trombe duvarın mevsimsel ve gün içerisindeki süreçte işleyiş mekanizmasını tam olarak algılayarak sistemin üstünlükleri ve sakıncaları görülüp, olası karşılaşılabilecek sorunlar çeşitli yöntemlerle çözümlenerek daha verimli sistem elde edilebilir (Özdemir, 2005; Yasan, 2011; Ögüş, 2013).

Trombe Duvarlar İle Havalandırma

Havalandırmanın etkinliğini artırmak için çeşitli havalandırılmalı trombe duvar tipleri geliştirilmiştir. Bu tasarımlardan bazıları, havalandırma boşluğuna temiz havayı kazandırmak için dış havayı kullanmaktadır. Bazı tasarımlar ısı kazancını artırmak için iç hava sirkülasyonu üzerine odaklanmıştır (Ögüş, 2013).

Gece ile gündüz arasında yüksek sıcaklık farklarının bulunduğu bölgelerde soğutma döneminde dolaylı sistemin ısı depolama kütlesi gece havalandırmasıyla fazla ısıyı dış ortama bırakacak şekilde tasarlanabilir. Böylece ısı kütlesi sıcaklığı düşer. Sabah saatlerinden itibaren iç ortamdaki fazla ısıyı emerek pasif soğutma sağlanır. Bu yöntem hava boşluğundaki ısı birikimini önlemekle kalmaz, aynı zamanda iç ortama doğal havalandırma da sağlamaktadır (Efe, 2009). İç ortamdaki ısının denetlenmesi, kanallı ısı depolayıcı duvar sisteminde kapaklar kullanılarak kolaylıkla yapılabilmektedir. İç ortam sıcaklığı konfor sıcaklığının üzerine çıktığında kapaklar kısmen veya tamamen kapatılarak ortama ısı aktarımı denetim altına alınabilmektedir. Yaz aylarında doğal havalandırma sağlayarak iç ortamdaki ısının denetlenmesi ve konfor sıcaklık sınırının üzerine çıkmaması için, kuzey duvarının üst kısmında açılıp kapanabilir havalandırma açıklığı yerleştirilmektedir (Yüre, 2007). Cam üzerindeki dış havalandırma açıklığı açıldığında, baca etkisiyle sürüklenen hava kuzey cephesinden alınan serin havayı içeri çekecek, böylece barınağın havalandırılması da sağlanmış olacaktır. Şekil 4a'da kanallı ısı depolayıcı trombe duvara sahip yapıda sıcak hava koşullarında iç ortamın havalandırılması ve soğutulması sistemi verilmiştir (Doğan ve Pirasacı, 2009).

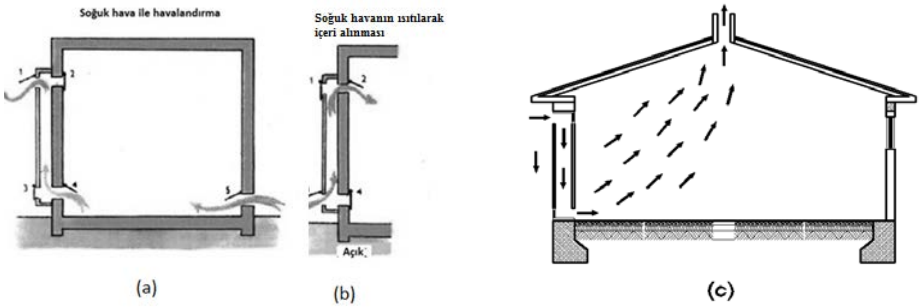
Doğal havalandırmanın kuzey ve güney cephelerinden karşılıklı pencerelerle sağlandığı ve çatı penceresi ile havalandırma bacalarıyla desteklenebildiği tasarımla (Şekil 4b), ısı kütlesi konfor gereksinimine göre doğal havalandırma ve nem kontrolü sağlanabilmekte olup, böylece gece havalandırması pasif soğutmaya hızlandırmakta, gündüzleri pasif soğutma olanağı artmaktadır. Bu yöntemin ısı kayıplarına neden olabilen sakıncası bulunmaktadır (Efe, 2009).



Şekil 4. Trombe duvarlı yapılarda havalandırma

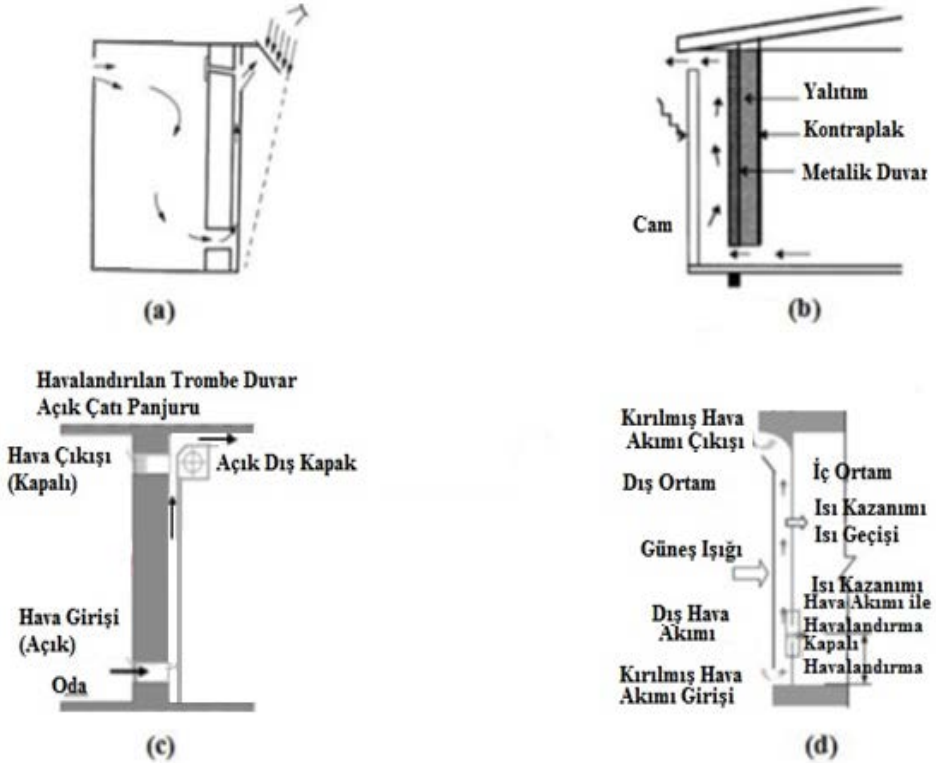
Trombe duvarın üst ve alt tarafındaki havalandırma açıklıkları, havalandırma boşluğunda gün içerisinde artan ısı ile birlikte hava hareketi sağlayarak, yazın doğal havalandırmaya yardım eder (Şekil 5a). Havalandırma cam ve duvarda bulunan havalandırma kapaklarının kullanılması ile ayarlanabilmektedir. Havalandırmanın etkinliğini artırmak için açıklıklar olanaklar ölçüsünde zemine yakın yerleştirilmektedir. Hava giriş açıklıkları kış mevsiminde içeri giren taze ve soğuk havayı kanal boyunca yukarıya doğru yönlentecek şekilde (Şekil5 b) düzenlenmektedir (Anonymous, 2015).

Güney cephesi trombe duvar ile kapatılmış hayvan barınaklarında hava giriş açıklığı üst tarafa yerleştirilerek, havanın kanal içerisinde aşağı doğru hareketi boyunca trombe duvarın ısıtıcı özelliğinden yararlanılarak ısınması sağlanmaktadır. Zemine yakın açıklıktan içeri giren ısınmış hava, hayvanlar ve gübre tarafından yayılan ısının etkisiyle yükselerek hava çıkış açıklıklarından barınak içi ortamını terk etmektedir. Böylece kışın pencerelerle doğal havalandırma yapılırken, soğuk havanın doğrudan hayvanlar üzerindeki olumsuz etkileri önlenmiş olmaktadır. Bununla birlikte hayvanların barınak içerisine solunum ve gübre yoluyla yaydığı zararlı gazların da trombe duvarlarla barınak içerisine alınan ısınmış hava ile birlikte barınak içi ortamını hızla terk etmesi sağlanır (Şekil5 c).



Şekil 5. Trombe duvara sahip barınaklarda yaz ve kış havalandırması

Kışın ısıtma gereksinimi olmasına karşın Tunus gibi sıcak iklimlerde trombe duvarların kullanımı ile oluşan aşırı ısınma sorunu ortadan kaldırılmaktadır. Şekil 6a'daki tasarımla yaz koşullarında gölgeleme sağlanarak oluşan aşırı ısınma sorunu ortadan kaldırılmaktadır. Yaz koşulları için tasarlanan ve Şekil 6'daki gibi metal duvar kullanılarak yapılan doğal havalandırmalı tasarım, ısıyı uzaklaştırmak için en etkili yöntemdir (Şekil 6b). Havalandırma için elle kontrol edilebilen kapak ile geceleri ısıyı muhafaza edebilmek ve yaz aylarında güneşi engellemek için kontrol edilebilen bir duvar gölgelendirme ekipmanının kullanıldığı tasarım Şekil 6c'de verilmiştir. Şekil 6d'de verilen iç ve dış ortam hava giriş açıklıkları bulunan tasarımın üstünlüğü konveksiyon ve kondüksiyonla ısı kazançlarının olması ve aynı zamanda trombe alanı için de taze hava kazancı sağlamasıdır (Öğüş, 2013).



Şekil 6. Çeşitli havalandırma sistemlerine sahip trombe duvarlar

Sonuç

Güneş enerjisinden etkin şekilde yararlanabilmenin alternatiflerinden biri de güneşten gelen ısı kazançlarının fazla kullanmasına olanak sağlayan, güneş ışınımı ile elde edilen ısı enerjisinin doğal taşınım yoluyla yapı içerisine alınması ilkesine dayanan masif depolayıcı duvar sistemi olan trombe duvar kullanımınıdır. Güneş enerjisinden pasif yarar sağlayan ve ısının toplanması ve depolanmasının aynı duvar üzerinde gerçekleştirildiği bu sistemlerin tarımsal yapılarda kullanımının yaygınlaşması, gereksinim duyulan enerjinin en az maliyetle sürekli olarak sağlanabilmesine olanak verecektir.

Hayvanları uygun olmayan çevre koşullarından koruyarak optimum verim elde etmek için inşa edilen hayvan barınaklarında, üretimi artırmak ancak genetik yapısı iyileştirilmiş hayvanların uygun ortamlarda barındırılması ile olasıdır. Barınak iç ortam iklim koşullarının geliştirilmesinde havalandırma oldukça önemli bir yere sahiptir.

Özellikle kış mevsimi havalandırması için çok uygun olan ve soğuk taze havayı ısıtarak duvarlar boyunca yukarıya doğru yöneltecek şekilde düzenlenen trombe duvarların kullanılmasıyla, hayvanlar soğuk havanın olumsuz etkisinden korunmuş olacak ve ısı dengesinin sağlanmasında katkı sağlanacaktır.

Kaynaklar

- Anonymous. 2015. <http://mightyelectricals.org/passive-heating-thermal-storage-walls-trombe-wall/>
- Bruce, J. 1982. Ventilation of a Model Livestock Building by Thermal Buoyancy. ASAE, 25.
- Doğan A. ve T. Pırasacı. 2009. Bina Cephelelerinde Yalıtım Yerine Trombe Duvar Kullanımının İncelenmesi. Tesisat Mühendisliği, Sayı:112: 41-51.
- Efe, A. 2009. Pasif Güneş Evlerinde, Bina Kabuğu Sistemi Tasarımı (Y. Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık ABD, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı, İstanbul, 165s.
- Ekmekyapar, T. 1993. Hayvan Barınaklarında Çevre Koşullarının Düzenlenmesi. Atatürk Üniv., Ziraat Fak., Yay., No: 306, Erzurum.
- Kılıç, İ. ve E. Şimşek. 2003. Kümes İçi Çevre Koşullarının Tavuklar İçin Önemi ve Kontrolü. GAP III. Tarım Kongresi 02-03 Ekim 2003, ŞANLIURFA.
- Köse, M. 2013, Trombe Duvarın Ekonomik Analizi (Y.Lisans Tezi). Atatürk Üniv. FBE, Makine Mühendisliği ABD., 71 s., Erzurum.
- Oral, G.K. 2010. Güneş enerjisi ve Yapı, Mimarlar Odası Diyarbakır Şube Bülteni, No. 1, s. 8-20.
- Öğüş, G. 2013. Optimization of Trombe Wall Performance Using Computational Fluid Dynamics and Building Energy Simulation. İstanbul Technical University Energy Institute Department of Energy Science and Technology, 65p, İstanbul,
- Özdemir, B.B. 2005. Sürdürülebilir Çevre İçin Binaların Enerji Etkin Pasif Sistemler Olarak Tasarlanması (Y.Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık ABD, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı, İstanbul, 132s.
- Yasan, A.S. 2011. Bina Tasarım Parametrelerinin Enerji Harcamalarına Etkilerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Çalışma (Y. Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniv., FBE, Mimarlık ABD, Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Prog., İstanbul, 159s.
- Yılmazoğlu, M. Z. 2010. Isı Enerjisi Depolama Yöntemleri ve Binalarda Uygulanması. Politeknik Dergisi, 13(1): 32-40.
- Yüre, M. T. 2007. Güneş Enerjisinden Edilgen Sistem Yararlanmada Güneş Odası Ekleme Yönteminin İç Ortam Sıcaklığına Etkisinin İncelenmesi-İstanbul Örneği (Y.Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniv. FBE, Mimarlık ABD, Yapı Fiziği Programı, İstanbul, 128 s.



Tarımsal Üretimde Bazı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı

Onur TAŞKIN^{1*}, Ali VARDAR¹

¹Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa.

*e-posta: onurtaskin@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 18.01.2016; Kabul Tarihi: 07.04.2016

Öz: Fosil yakıtlara dayalı yüksek miktarda enerji tarımsal ürünlerin üretimi, taşınması, işlenmesi ve saklanması adına kullanılmaktadır. Tarımdaki yeni modern teknoloji uygulamaları ise bu enerji tüketimini daha da artırmaktadır. Ancak, fosil yakıtların maliyetinin yükselmesi ve çevre kirliliğine sebep olması yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ortaya çıkarmaktadır. Tarım sektöründe büyük bir potansiyele sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile enerji güvenliği ve sosyo-ekonomik gelişmelere katkı sağlanabilecektir. Çalışma kapsamında; tarım sektöründe etkin olarak yararlanılabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulamalı örnekleri (güneş enerjisi ile sulama, ilaçlama, zararlı öldürücü, sera havalandırma, çit sistemi, jeotermal enerji ile sera ısıtma, balık yetiştiriciliği, rüzgar enerjisi ile su çıkarma ve yenilenebilir enerji kaynaklı kurutucular) ele alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarım, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, kurutma.

Some Renewable Energy Resources Usage in Agricultural Production

Abstract: High volume mechanical power sources are utilized for agricultural product production, transportation, processing and storage. In addition, the new application of modern technology in agriculture increases fossil energy consumption further. However, the rising cost of fossil fuels and environmental pollution problems have increased the importance of renewable energy sources. Agricultural sector has a great potential for the use of renewable energy sources which can also contribute to socio-economic development and energy security. In this study, effective practical examples (Solar irrigation, spraying, insect killer, greenhouse ventilation, fence system, Geothermal energy sourced greenhouse heating, fish farming, Wind energy sourced water extraction, Renewable energy sourced dryers) in the agricultural sector are viewed.

Key Words: Agriculture, solar energy, wind energy, geothermal energy, drying.

Giriş

Ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişimlerinin en temel unsurlarından birisi enerjidir (Pamir, 2003). Enerjiye olan talep gelecekte de artmaya devam edecektir. Günümüze oranla 2030 yılında enerji tüketiminin dünyada %60 ve Türkiye’de ise %100’den daha yüksek oranda artması öngörülmektedir (Satman, 2007). Önümüzdeki yıllarda bugünkü enerji ihtiyacının büyük bölümünü karşılayan ve sonlu bir rezerv sahip olan fosil yakıtların tükeneceği bilinmektedir (Kumbur ve ark., 2005). Yenilenebilir enerji kaynakları ise hem tükenmez olup hem de fosil yakıtların aksine çevre ve insan sağlığı içinde önemli bir tehdit oluşturmazlar. Yenilenebilir enerji hem geleneksel biyokütle (odun, hayvan atıkları ve bitki artıkları) hem de modern teknolojilere dayalı güneş, rüzgar, biyokütle ve jeotermal kaynakları olarak ifade edilir. Küresel olarak bu enerji kaynaklarının katkıları hala düşük olup, ancak son yıllarda % 10 ile %30 arasındaki artış hızı oranında yükselmektedir (Martinot et al., 2002).

Tarımsal üretimlerin mekanizasyonu sırasında doğrudan enerji kullanılmaktadır. Ancak, fosil yakıtların kullanımıyla ortaya çıkan çevresel sorunların etkin bir şekilde önlenmesi için tarım sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması gerekmektedir (Öztürk, 2010). Tarım sektörünün elektriksel enerji ihtiyacının karşılanması adına tüm yenilenebilir enerji kaynaklarından etkin olarak yararlanılabilir ancak bu çalışma kapsamında güneş, rüzgar ve jeotermal enerji kaynaklarının doğrudan kullanımları ile çalışan tarımsal üretim süreçleri ve tarımsal mekanizasyon araçları incelenmiştir.

Tarım Sektöründeki Uygulamalı Örnekler

1. Güneş Enerjisi ile Su Pompalama

Düzenli sulama tarımsal yetiştiriciliğin en önemli konularından birisidir. Genellikle yer altı su kaynaklarına yapılan sondaj sonucunda açılan kuyuya sarkıtılan sulama pompaları vasıtasıyla su yeraltından çekilerek sulanacak arazilere ulaştırılır. Şebeke hatlarından uzak yerlerde kalan tarımsal arazilerin sulamada artan yakıt kullanım giderlerini ortadan kaldırabilmek için güneş enerjisi sistemi mevcut olan alternatif akımlı (AC) pompanın şebeke bağlantısız (off grid) sistem ile beslenmesi ya da akü ve çevirici (inverter) kullanımı gerektirmeyen doğru akım (DC) pompa sistemi kurulması şeklinde iki farklı tasarımla kullanılabilir. DC solar pompa kurulumu yapıp, ihtiyaç olan suyun depo ya da havuzdan karşılanması daha verimli ve etkin olan çözümdür (Anonim, 2014a). Bu sistemler 1- 240 mt derinlikten farklı debilerde su çekme kapasitesine sahip olabilmektedir (Anonim, 2014b).

2. Güneş Enerjili İlaçlama Makinası

Tarımsal savaş ile bitkisel ürünler hastalık, zararlı ve yabancı otların etkilerinden ekonomik ölçüler içinde korunmakta, ürün kayıplarını en aza indirilmekte ve kalite yükseltilmektedir. Hastalık ve zararlılara karşı en etkili ve hızlı çözüm olarak çeşitli tarımsal savaş yöntemleri uygulanmaktadır. Bu kimyasal mücadelede ilaçların (herbisitler, fungusitler ve insektisitler) uygulanmasının yanı sıra uygun alet ve ekipmanın seçimi ve kullanılmasının büyük payı vardır (Demir, 2005). Güneş enerjili sırt pompaları ile sıvı formda ilaçlamalar yapılabilmiş ve akaryakıtla dayalı sistem yerine ücretsiz enerji sistemine dönüşüm gerçekleştirilebilmiştir (Joshua ve ark, 2010).

3. Güneş Enerjili Zararlı Öldürücü

Tarımsal savaş yöntemleri kültürel, fiziksel, biyolojik, karantina ve kimyasal yöntemler olarak sıralanabilir. Ülkemizde tarımsal savaşın karşılığı kimyasal yöntemler olarak kabul edilse de modern bitki korumada entegre olarak tüm yöntemlerin dengeli ve bilinçli bir biçimde uygulanmaktadır (Demir, 2005). Bu yöntemle alternatif olan güneş enerjili zararlı öldürücü ile çevreye zarar vermeden yıl boyunca haşere kontrolü sağlanabilir. Pestisit içermeyen güneş enerjili zararlı öldürücüleri çiftliklerde, meyve bahçelerinde ve üzüm bağlarında kullanımı uygundur. Yararlı böcekleri etkilemeyip, sadece gece aktif olan zararlı böcekler öldürülmektedir. Gün boyunca bataryada depolanan güç ile geceleri ışık tuzakları çalıştırılmış ve bu yöntem ile hedefte olmayan böceklerinde öldürülmesi engellenebilmiştir (Tianhua ve ark, 2014).

4. Güneş Enerjisi İle Sera Havalandırma

Kapalı alanlarda yapılması gereken tarımsal uygulamalarda devamlı temiz hava gereksinimi bulunmaktadır (Öztürk, 2006). Havalandırma; yaz aylarında yüksek sıcaklıkları kontrol etmek, kış aylarında ise bağıl nem ve karbon dioksit konsantrasyonu kabul edilebilir seviyede korumak adına sera içindeki havanın dış hava ile değiştirilmesi ile gerçekleştirilir. Havanın hareketi bitki solunumunun gelişmesine de yardımcı olur. (Anonim, 2014c). Tayland'ta kurulan bir seraya 3 adet doğru akım ile çalışan fan monte edilmiştir. Düşük gerilim eşiğine sahip fanlar, 50W kurulu güce sahip güneş paneli ile etkin olarak kullanılabilmiştir (Janjai ve ark, 2009).

5. Güneş Enerjili Çit Sistemi

Güneş enerjili çit sistemleri değerli tarım arazilerinin ve bunun yanı sıra özellikle vahşi ve yırtıcı hayvanların meralara, ağillara ve arıklara girmesini önleyen en iyi yöntemlerden biri olarak ortaya çıkmaktadır. Bu yöntem ile hem büyük miktarlarda hayvan bir arada tutulabilmekte, hem de üretime zarar verebilecek yırtıcı hayvanlar engellenebilmektedir. Özellikle arıklarda kullanımı ile kovanlarda oluşabilecek olası yaban hayatı zararları ortadan kaldırılmaktadır. Sistemler yabancı hayvanlara ve insan sağlığına zararlı olmayacak ölçüde 3 miliamper akımla çalıştırılmaktadır (Ambarlı, 2014).

6. Jeotermal Enerji ile Sera Isıtma

Seralardaki ısı kaybının özellikle geceleri çok yüksek olması ve fosil yakıtlı ısıtma sistemlerinin işletme maliyetlerini artırması jeotermal enerji potansiyeli olan bölgelerde bu kaynağın sera ısıtmasında kullanılabilirliğini ortaya çıkarmıştır (Çanakçı ve Acarer, 2010). Sera ısıtma sistemlerinde farklı uygulama örnekleri bulunmaktadır. Ancak, seçilecek sistemin ekonomikliğini yanı sıra sera içinde yetiştirilecek ürüne göre belirlenmesi büyük önem taşımaktadır (Chiasson, 2005). Jeotermal enerji kaynağının derinliğinin az ve sıcaklığının düşük (25-60 °C) olması işletme ve bakım açısından sera ısıtma uygulamaları için en uygundur. Bu sayede kazı ve akışkan pompalama giderleri düşürülür. Bazı uygulamalarda ise jeotermal akışkanda bulunan ve korozyona neden olan kimyasal

bileşenler nedeniyle, sera içerisinde dolaşan normal akışkana (su) ısı transferi sağlamak için ısı değiştiriciler kullanılmaktadır (Yıldız, 2010).

7. Balık Yetiştiriciliğinde Jeotermal Enerji Kullanımı

Ağ kafes sistemlerinde ekonomik öneme sahip deniz balıklarının yetiştiriciliğini bir çok girişimci tarafından yapılmaktadır. Ancak, yapılan yetiştiricilik su değişim oranına ve su kalitesine bağlı olarak üretilen balık miktarını da sınırlanmaktadır. Su sıcaklığı istenen değerlerin altına düştüğünde balıkların vücut metabolizmaları olumsuz yönde etkilenir ve balıklar beslenme yeteneklerini kaybeder. İstlenen özelliklere sahip sadece güneşin ısıttığı suyun yerine jeotermal su ile sabit bir sıcaklık değerinin sağlanması, bu olumsuzluğu ortadan kaldırılabilmektedir (Günerhan, 2010; Erden, 2005).

8. Rüzgar Enerjisi ile Su Çıkarma

Rüzgar enerjisinde kanat sayısı fazla olan türbinlerin şaft gücünden verimli ve ekonomik olarak su pompajında kullanılabilmektedir. Yeraltındaki suların içerisine yerleştirilen pompayla vasıtasıyla ve rüzgarın da gücünden yararlanılarak su çıkarılabilmektedir. Rüzgar enerjisi kesintili bir kaynak olması sebebiyle su ihtiyacının sürekli karşılanabilmesi adına depolama sistemleri ile beraber kullanılır. Pratikte 4 m/s ile 7 m/s rüzgar hızlarında su pompalama süresi ortalama 6–8 saat olarak tahmin edilir (EİE, 2015).

9. Yenilebilir Enerji Kaynakları ile Kurutma

Üretildikten sonra kısa kısa bir süre içinde tüketilmeyen tarım ürünlerinin çoğu bozularak besin değerlerini kaybederler. Bu nedenle, ürünlerin besin değerlerinden en az kayıpla kullanılabile ömürlerinin uzatılması için kurutulması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklı kurutucular ile sıfır enerji maliyetleri, temiz ve hijyenik koşullarda ürün kurutma gerçekleştirilmektedir. Literatürde; Güneş Enerjili ve Elektrikli Kurutucu Sistem (Boughali ve ark, 2009), Güneş Enerjisinden Isı ve Elektrik Üreten Kurutucu Sistem (Aktaş ve ark., 2013), Fotovoltaik - Termal (PV / T) Sera Tipi Kurutucu Sistem (Barnwal ve Tiwari, 2008), Kamojang (Endonezya) Jeotermal Alanında Taneli Ürün Kurutma İçin Jeotermal Enerjili Kurutucu Tasarımı (Sumotarto, 2007), Kabin Tip Biyokütle Enerjili Kurutucu Sistem (Mukaminega, 2008), Sıcak Su ve Güneş Kolektörlü Kurutucu Sistem (Amer ve ark, 2010) biçimlerinde yenilenebilir enerji kaynaklı kurutucular bulunmaktadır.

Sonuç

Tarımda enerji tüketimi yönetiminin dünya çapında bir konu olmasının sebebi fosil yakıtların neden olduğu olumsuz yan etkilerdir. Fosil yakıtların kullanılması ile açığa çıkan karbon dioksit ve diğer sera gazlarının sonucu olarak dünya yüzeyinin ortalama sıcaklığı yükselmektedir. Bu küresel ısınma ile dünyanın iklimsel özellikleri üzerinde değişiklikler görülecektir. Bu nedenle, tarım sektöründe günümüz enerji varlığını korumak ve çevreye olumsuz etkilerini önlemek amacıyla yeşil enerji kullanıma planlı biçimde teşvikler getirilmesi öncelikli bir gereksinimdir. Tarım sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının

kullanımının yaygınlaşması hem sosyo-ekonomik gelişmelere hem de sürdürülebilir tarım anlayışına fayda sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Aktaş, M. Şevik, S. Doğan, H. Öztürk ve M. 2013. Fotovoltaik ve Termal Güneş Enerjili Sürekli Bir Kurutucuda Domates Kurutulması. Tarım Bilimleri Dergisi. (18): 287-298.
- Amer, B.M.A. Hossain, M.A. and K. Gottschalk. 2010. Design and Performance Evaluation of a New Hybrid Solar Dryer for Banana. Energy Conversion and Management. 51(4). pp. 813–820.
- Anonim. 2014a. Url adres: <http://www.solarcell.com.tr/tarimsal.asp>
- Anonim. 2014b. Url adres: <http://www.3de3enerji.com>
- Anonim. 2014c. Url adres: <http://www.sunshineworks.com/solar-greenhouse-fans-ventilation-strategies.htm>
- Ambarlı, H. 2014. Arıcılık, Çiftlik, Hayvancılık ve Meyvecilik için uygun elektrikli çit sistemi Uygulaması. Url adres: <http://www.bozayi.blogspot.com.tr/p/elektro-soklu-cit-sistemi-bilgilendirme.html>
- Barnwal, P. and Tiwari, A. 2008. Design, Construction and Testing of Hybrid Photovoltaic Integrated Greenhouse Dryer. Int J Agric Res., 3 (2): 110-20.
- Boughali, S. Benmoussa, H. Bouchekima, B. Mennouche, D. Bouguettaia, H. and Bechki, D. 2009. Crop drying by indirect active hybrid solar – Electrical dryer in the eastern Algerian Septentrional Sahara. Solar Energy, 83: 2223–2232.
- Chiasson, A. 2005. Greenhouse Heating With Geothermal Heat Pump Systems. GHC Bulletin.
- Çanakçı, C. ve Acarer, S. 2010. Jeotermal Enerji ile Sera Isıtma Sistemleri Tasarım Esasları. Url Adres: http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/0892ae68a06e27d_ek.pdf
- Demir, C. 2005. Tekirdağ İli Tarım İşletmelerinde Kimyasal Savaşımında Kullanılan Bitki Koruma Alet Ve Makinelerinin Teknik Özellikleri Ve Uygulama Sorunlarının Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ.
- EİE, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. 2014. Rüzgar Enerjisi Su Pompalama Sistemleri Projesi. Url adres: http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/ruzgar/ruzgar_supompa.html
- Erden, O. 2005. Türkiye’de Akuakültür Faaliyetlerinde Jeotermal Enerji Kullanımı. Ulusal Su Günleri 2005, Trabzon.
- Günerhan, H. 2010. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Jeotermal Enerjiden Yararlanma. Url adres: <http://www.makinemuhendisi.com/03-enerji/dosya-12-jeotermal/12-19.pdf>
- Janjai, S. Lamlert, N. Intawee, P. Mahayothee, B. Bala, B.K. Nagle, M. and Müller, J. 2009. Experimental and simulated performance of a PV-ventilated solar greenhouse dryer for drying of peeled longan and banana. Solar Energy, 83(9): 1550-1565.
- Joshua, R. Vasu, V. and Vincent, P. 2010. Solar Sprayer - An Agriculture Implement. International Journal of Sustainable Agriculture, 2 (1): 16-19.
- Günerhan, H. 2010. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Jeotermal Enerjiden Yararlanma. Url adres: http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/d8b65856ad9fc44_ek.pdf

- Kumbur, H. Özer, Z. Özsoy, H.D. and Avcı, E.D. 2005. Türkiye’de geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması. III. Ulusal Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Mersin.
- Martinot, E. Chaurey, A. Lew, D. Moreira, J.R. and Wamukonya, N. 2002. Renewable energy markets in developing countries. Annual Review of Energy and the Environment, 27(1): 309-348.
- Mukaminega, D. 2008. Hybrid Dryer (Solar And Biomass Furnace) To Address The Problem Of Post Harvest Losses Of Tomatoes in Rwanda. Degree of Master. Applied Sciences. Larenstein University. Wageningen.
- Öztürk, H.H. 2006. Tarımda Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı. Url adres: http://www.emo.org.tr/ekler/85e48a43c7f63ac_ek.pdf
- Öztürk, H.H. 2010. Antalya İklimi Koşullarında Sera Isıtma Amacıyla Güneş Enerjisinin Duyulur Isı Olarak Depolanması İçin Tasarım Değişkenlerinin Belirlenmesi. Url adres: http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a1dfc4176d3ee05_ek.pdf?tipi
- Pamir, A.N. 2003. Dünyada ve Türkiye’de Enerji, Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikalar. Url adres: http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi134/d134_73100.p
- Satman, A. 2007. Türkiye’nin Enerji Vizyonu, Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Semineri, 3-18.
- Sumotarto, U. 2007. Design of A Geothermal Energy Dryer For Beans And Grains Drying In Kamojang Geothermal Field, Indonesia. GHC Bulletin.
- Tianhua, L. Zhengkun, P. Sha, Y. 2014. Research on the design and installation techniques of solar LED pest control light. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 6(7): 1366-1369.
- Yıldız, M. 2010. Aydın İlindeki Jeotermal Enerji Kaynaklarının Sera Isıtmak Amacıyla Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.

Yem Formu ve Partikül Büyüklüğünün Etlik Piliçlerde Sindirim Kanalı Gelişimi, Besin Madde Sindirilebilirliği ve Büyüme Performansı Üzerine Etkileri

Arda SÖZCÜ^{1*}, İbrahim AK¹

¹ Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Görükle, Bursa
*e-posta: ardasozcu@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi: 04.02.2016; Kabul Tarihi: 13.05.2016

Öz: Etlik piliç yetiştiriciliğinde karlılığın maksimum seviyede sağlanması için üretim maliyetinin azaltılması büyük önem taşımaktadır. İşte bu noktada, başta yem formu ve partikül büyüklüğü olmak üzere besleme ile ilgili önemli konular ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda kanatlı hayvan beslemede pelet yem kullanımının performansı, sindirim kanalı gelişimini ve besin maddelerinin sindirilebilirliğini olumlu etkilediği belirlenmiştir. Pelet yemle besleme yem tüketimini teşvik etmekte, buna bağlı olarak yemden yararlanma değeri iyileştirmektedir. Pelet yem aynı zamanda, yemde kullanılan yem ham maddelerinin ayrışmasını ve yem saçımını engellemektedir. Diğer yandan, partikül büyüklüğünün artışı taşlık gelişimini teşvik ederken ince öğütme yem parçacıklarının sindirim kanalında sindirim enzimleri ile temas yüzeyini artırmaktadır. Bu derlemenin amacı, etlik piliçlerde yem formu ve partikül büyüklüğünün sindirim kanalı gelişimi, besin madde sindirilebilirliği ve büyüme performansı üzerine etkileri hakkında genel bir değerlendirme yapmaktır.

Anahtar Kelimeler: Yem formu, partikül büyüklüğü, etlik piliç, sindirim sistemi, besin madde sindirilebilirliği.

The Effects of Feed Form and Particle Size on Digestive Tract Development, Nutrient Digestibility and Growth Performance of Broilers

Abstract: In broiler production, reduction in production cost has great importance to provide maximum profitability. Therefore, important issues about nutrition techniques including feed form and particle size have come into prominence. In the recent studies, it is indicated that feeding pellet in poultry nutrition has some positive effects on broiler performance, digestive system development and nutrient digestibility. Feeding pellet promotes feed consumption, accordingly it improves feed conversion rate. Also, feeding pellet prevents the segregation of feed ingredients and feed wastage. On the other hand, whereas increasing of particle size stimulates gizzard development, finer grinding increases the contact surface between feed particles and digestive enzymes in digestive tract. The aim

of this review is to evaluate about the effects of feed form and particle size on digestive tract development, nutrient digestibility and growth performance of broilers.

Key Words: Feed form, particle size, broiler, digestive system, nutrient digestibility.

Giriş

Son yıllarda yapılan araştırmalar, etlik piliç yetiştiriciliğinde özellikle üretim maliyetini düşürmek için alternatif yetiştirme ve besleme uygulamaları üzerine odaklanmıştır. Yemin fiziksel formu ve partikül büyüklüğü sindirim kanalı gelişimi, besin maddelerinin sindirilebilirliği ve büyüme performansı üzerine etki eden önemli faktörlerdendir. Mevcut üretim koşullarında etlik piliçlerin beslenmesinde civciv döneminde granül yem, piliç döneminde ise pelet yem kullanılmaktadır.

Pelet yem özellikle büyütme dönemi için çok tercih edilmekte olup granül yeme göre bazı avantajlara sahiptir. Yapılan araştırmalarda, granül yemle beslenen etlik piliçlerle kıyaslandığında, pelet yemle beslenenlerin yem tüketimi ve canlı ağırlık kazancının daha yüksek olduğu ve yemden yararlanma oranının iyileştiği tespit edilmiştir (Douglas ve ark. 1990; Nir ve ark. 1995; McKinney ve Teeter, 2004). Ayrıca, peletleme işlemi ile yemin metabolik enerjisi ve organik maddelerin sindirilebilirliği artmaktadır (Kilburn ve Edwards, 2001; Zelenka, 2003; Basmacıoğlu, 2004; Svihus ve ark. 2004). Bununla beraber, peletleme yem içeriğinin birbirinden ayrışmasını ve yem saçımını engellemekte, nişasta jelatinizasyonunu azaltmakta ve yemin lezzetini geliştirmektedir (Behne, 2001).

Büyüme performansı ve sindirim fizyolojisi üzerine etkili bir diğer faktör ise yemin partikül büyüklüğüdür. Partikül büyüklüğünün azaltılması ile tahıl danelerinin dış kabuğunun daha iyi parçalanması ve endospermin çatlaması, böylece yemden yararlanma oranının iyileşmesi ve yem maliyetini azaltılması sağlanmaktadır (Amerah ve ark. 2008). Partikül büyüklüğünün küçültülmesi yem danelerinin sindirim enzimleri ile temasını artırmakta, dolayısıyla sindirim etkinliği de artmaktadır (Goodband ve ark. 2002). Ayrıca, partikül büyüklüğünün azaltılması özellikle taşıma ve karışırma olmak üzere yem işleme aşamalarında kolaylık sağlanmaktadır (Koch, 1996).

Bu derlemede, etlik piliçlerin beslenmesinde yem formu ve partikül büyüklüğünün sindirim kanalı gelişimi, besin maddelerinin sindirilebilirliği ve büyüme performansı üzerine etkileri hakkında bilgi verilmiştir.

Sindirim Kanalı Gelişimi

Bağırsak morfolojisi sindirim sistemi sağlığının değerlendirilebilmesi için bir indikatördür. Bağırsakta meydana gelen morfolojik değişimler bağırsağın fonksiyonunu, sindirim enzimlerinin salgılanmasını ve besin maddelerinin emilimini etkilemektedir. İncebağırsakta bulunan villüs ve kripler sindirim ve emilim olaylarında önemli rollere sahip fonksiyonel birimlerdir. Villüs yüksekliğinin artması toplam luminal villüs emilim alanını artırmakta, bu da sindirim enzimlerinin aktivasyonunu artırarak besin maddelerinin villüs yüzeyinde daha etkin şekilde emilimini teşvik etmektedir (Cera ve ark. 1988).

Amerah ve ark. (2007a)'nın yürüttükleri araştırma sonucunda pelet yemle beslenen etlik piliçlerde ince bağırsak villüs yüksekliğinin ve kript derinliğinin toz yemle

beslenenlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan, Zang ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmanın sonucunda, pelet yemle beslenen gruptaki etlik piliçlerin toz yemle beslenen gruptakilere göre, ince bağırsak mukozasında villüs yüksekliği ve villüs yüksekliğinin kript derinliğine oranında önemli bir artış görüldüğünü, ancak kript derinliğinin yem formundan etkilenmediğini tespit edilmiştir. Pelet yemle beslenen etlik piliçlerde villüs yüksekliğinin ve villüs yüksekliği kript derinliğine oranının artışı, hem büyüme performansının hem de besin maddelerinin sindirilebilirliğini artırmıştır (Zang ve ark., 2009).

Yem formundaki değişimin sindirim sistemi organlarının gelişimi üzerine önemli etkisi bulunmaktadır. *Chewing* ve ark. (2012) granül formda yemle beslenen etlik piliçlerde taşlık ağırlığının ve relatif taşlık ağırlığının pelet formda beslenen etlik piliçlere göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca yemlerin kaba olarak öğütüldükten sonra granül formuna dönüştürülmesinin ince öğütmeye kıyasla taşlık ağırlığını önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir.

Diğer yandan, granül olarak hazırlanan yemlerin partikül büyüklüğü ile etlik piliçlerin büyüme performansı ve taşlık ağırlığı arasında pozitif bir ilişkinin bulunduğu ifade edilmektedir (Parsons ve ark. 2006). Amerah ve ark. (2008) taşlık gelişimi ile iri taneli partiküllerin taşlıkta kalma süresi arasında ilişki bulunduğunu bildirmiştir. Nitekim, yapılan çalışmalarda iri partiküllü yemlerin taşlık ağırlığını ve taşlığın aktivitesini artırıcı yönde etki yaptığı tespit edilmiştir (Nir ve ark. 1994a; Santos ve ark. 2008).

Besin Maddelerinin Sindirilebilirliği

Yem formunun besin maddelerinin sindirilebilirliği üzerine etkisinin önemli olduğu bilinmektedir (Favero ve ark. 2012). Besin maddelerinin metabolizması yem içeriği, genotip, çevresel koşullar, yetiştirme pratikleri ve besleme teknikleri gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu noktada, yemle ilgili faktörler yem işleme teknikleri ve yem formülasyonu ile ilgilidir. Zang ve ark. (2009) çalışmalarında, toz yeme göre pelet yemin besleme döneminin 19-21. günleri arasında metabolik enerji değerinin 2,946'dan 3,096 kcal/kg'a, 40-42. günleri arasında ise 2,942'den 3,103 kcal/kg'a yükseldiğini tespit etmişlerdir. Diğer yandan, Favero ve ark. (2012) ise granül ve pelet yemlerin yapımında yaklaşık 10°C'lik bir sıcaklık farklılığının bulunduğunu, ancak bu durumun kuru madde, ham protein, ham yağ ve metabolik enerji değeri üzerine etkisi olmadığını belirtmiştir.

Granül ve pelet yemin sindirilebilirliğinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, pelet yemin çözünebilmesi için taşlıkta daha uzun süre kalması gerektiği tespit edilmiştir. Bu durum ön mideden hidroklorik asit salgılanmasını uyararak, buna bağlı olarak da pelet yemle beslenen etlik piliçlerde taşlıkta pH seviyesinde düşüş meydana gelmektedir (Engberg ve ark. 2002; Huang ve ark. 2006). Ancak, pelet yemden dolayı yem tüketimindeki görülen artışa bağlı olarak pH seviyesinde beklenen düşüş, sindirim sisteminin tampon etkisi aracılığıyla önlenmektedir (Svihus, 2011). Taşlıkta pH seviyesinde meydana gelen düşüş ayrıca pepsinojen salgısını stimüle ettiği için protein sindirimini artırıcı yönde etki etmektedir (Gabriel ve ark. 2003a). Bu durum besin maddelerinin sindirimini teşvik ettiğinden, taşlıkta sindirim aktivitesinin daha iyi şekilde gerçekleştiği kabul edilmekte, buna bağlı olarak bağırsak ortamında patojen bakterileri proliferasyonu oluşması için daha az miktarda besin maddesinin kaldığı ifade edilmektedir (Gabriel ve ark. 2003b).

Rasyona katılan birçok hammaddede özellikle de tahıl daneleri rasyonda kullanılmadan önce öğütülmektedir. Partikül büyüklüğünün bu şekilde küçültülmesi tahılların yüzey alanını artırmakta, böylece gastrointestinal kanalda sindirim enzimlerine daha yoğun şekilde maruz kalmasına neden olmakta ve sonuçta besin maddelerinin sindirilebilirliğinde artış sağlanmaktadır (Nir ve ark. 1990; Goodband ve ark. 2002). Amerah ve ark. (2007b) iri taneli öğütülmüş buğday esaslı rasyonun enerji kaynaklarının sindirimini kolaylaştırdığını, bu nedenle metabolik enerji değerinde artış sağlandığını ifade etmiştir. Ancak, bu şekilde danelerin iri öğütülerek yemin hazırlanması her zaman aynı yararlı etkiyi göstermemekte, mesela mısır için aynı durum söz konusu olmamaktadır (Zang ve ark. 2009). Diğer yandan, Shivas ve ark. (2004) ise iri öğütülmüş buğday daneleri için de böyle bir olumlu etkinin sağlanmadığını ifade etmiştir. Bunun aksine, ince öğütülmüş buğdayın nişastanın sindirilebilirliğini ve metabolik enerjisini artırdığını bildiren çalışmalar da mevcuttur (Peron ve ark. 2005).

Yem partikül büyüklüğünün, yemin sindirim kanalından geçiş hızını ve besin maddelerinin bağırsaktan emilimini etkilediği bilinmektedir (Mai, 2007). Nir ve ark. (1994b) ince öğütülen tahıl danelerinin (536-574 µm) sindirim kanalından daha hızlı geçtiğini, bu nedenle bağırsaktan salgılanan enzim ve safra tuzlarının aktivasyonunun olumsuz yönde etkilendiğini bildirmiştir.

Yem partikül büyüklüğündeki değişimin ayrıca bağırsak bakteri popülasyonu üzerine de etkisi bulunmaktadır. Huang ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmanın sonucunda *Salmonella spp.* kaynaklı ölümlerin iri partiküllü granül yemle beslenen etlik piliçlerde ince partiküllü granül yemle beslenen etlik piliçlere göre daha yüksek olduğu; ancak pelet yemle beslenen grupta ise ölüm oranının partikül büyüklüğünden etkilenmediği belirtilmiştir. Ayrıca, bu araştırmacılar pelet yemle beslenen gruptaki etlik piliçlerin bağırsak ortamında *Lactobacilli* ve *Clostridium perfringens* popülasyonunun bağırsakta tam olarak sindirilmeyen besin madde kaynağının düşük olmasından dolayı daha az olduğunu tespit etmişlerdir.

Büyüme Performansı

Etlik piliçlerde büyüme performansına etki eden faktörlerin arasında yem formu ve partikül büyüklüğü de yer almaktadır. Başlangıç ve büyütme dönemlerinde toz ve pelet yemle gruplar karşılaştırılmış ve pelet yemle beslemenin etkilerinin karşılaştırıldığı bir araştırmanın sonucunda pelet yem tüketen gruptaki etlik piliçlerde yem tüketiminin toz yem uygulamasına kıyasla %7-10 ve günlük canlı ağırlık kazancının da dönemlere göre sırasıyla 7 g ve 12 g daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Zang ve ark. 2009). Bu durum pelet yemin daha lezzetli, birim yemde besin madde yoğunluğunun daha yüksek, yem saçımı ve yem içeriğindeki değişimin daha az olması ile açıklanmıştır (Jensen, 2000).

Pelet yemin etlik piliçlerde büyüme performansı üzerine etkilerinin incelendiği bir diğer çalışmada, granül ve pelet yemin incelenen tüm yaşlarda (14, 21, 35 ve 44 günlerde) hem erkek hem dişi piliçlerde canlı ağırlığı artırıcı yönde etkilediği tespit edilmiştir (Chewning ve ark. 2012). Benzer şekilde, Nir ve ark. (1995), 35. günde pelet yemle beslenen erkek ve dişi piliçlerin granül yemle beslenenlere göre daha yüksek canlı ağırlığa sahip olduklarını saptamışlardır. Diğer yandan, yapılan diğer çalışmalarda pelet yemle beslemenin yem tüketimini artırıcı ve yemden yararlanma oranını iyileştirici yönde etki ettiği bildirilmiştir (Amerah ve ark. 2007b, 2008; Corzo ve ark. 2011; Chewning ve ark.

2012). Yapılan araştırmalar göstermektedir ki iyi kalitede pelet yemle besleme yetiştirme döneminde yem tüketimini teşvik etmekte ve canlı ağırlık kazancını artırmakta, dolayısıyla performans üzerine olumlu etkide bulunmaktadır (McKinney ve Teeter, 2004; Lemme ve ark. 2006).

Etlık piliçlerde performansın geliştirilmesi ve üretim maliyetlerinin azaltılması için yem formuyla beraber partikül büyüklüğü de dikkate alınmalıdır. Ancak partikül büyüklüğünün etkisinin yem formuna göre değişiklik gösterdiği de göz önünde bulundurulmalıdır. Nitekim, pelet yemlerde partikül büyüklüğünün büyüme performansı üzerine etkisinin olmadığı tespit edilmiş olup bu bulgular partikül büyüklüğünün pelet yem formuna göre toz yemde daha önemli olduğunu ortaya koymaktadır (Amerah ve ark. 2007a).

İki farklı partikül büyüklüğü (300 ve 600 m) ve yem formunun (granül ve pelet) performans üzerine etkileri araştırıldığı çalışmanın sonunda, 14-44. günler arasında granül formda ve 300 m partikül büyüklüğüne sahip yemi tüketen etlik piliçlerde yem tüketiminin en düşük düzeyde gerekleşiği tespit edilmiştir (Chewning ve ark. 2012). Granül yemin partikül büyüklüğünün artışıyla yemden yararlanma oranında iyileşme meydana gelirken, pelet yemin partikül büyüklüğündeki değişimin yemden yararlanma üzerine etkisi olmamıştır.

Sonuç

Yem formu ve partikül büyüklüğünün sindirim kanalı gelişimi, besin maddelerinin sindirilebilirliği ve büyüme performansına etkilerinin bilinmesi ve bu bilgilerin pratiğe aktarılması beslemeden kaynaklanan ekonomik kayıpları önleyecektir. İnce ğtme işleminin sindirim etkinliğini artırmasına karşın, üretimde enerji kullanımının artması, hazırlama süresinin uzaması, ısınma ve aşınma problemleri gibi olumsuzluklara neden olmaktadır. Diğer yandan, pelet yem ile dehomojenizasyon önlenmekte, yem yoğunluğu artmakta, yem israfı önlenmekte, taşıma ve depolamada kolaylık sağlanmaktadır. Ancak, bu olumlu etkilerinin yanı sıra, pelet yem kullanımıyla hedeflenen hızlı canlı ağırlık artışının, ilerleyen yaş dönemlerinde etlik piliçlerde ascites ve ani ölüm sendromuna bağlı ölümleri artırıcı yönde etki ettiği unutulmamalıdır. Bu nedenle, pelet ve granül yemlerin sağladığı avantajlar ve dezavantajlar performans ve ekonomik açıdan ele alınarak daha ayrıntılı biçimde değerlendirilmelidir.

Kaynaklar

- Amerah A.M., V. Ravindran, R.G. Lentle and D.G. Thomas. 2007a. Influence of feed particle size and feed form on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters. *Poult. Sci.*, 86: 2615–2623.
- Amerah A.M., V. Ravindran, R.G. Lentle and D.G. Thomas. 2007b. Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. *World's Poult. Sci. J.*, 63: 439–451.
- Amerah A.M., V. Ravindran, R.G. Lentle and D.G. Thomas. 2008. Influence of feed particle size on the performance, energy utilization, digestive tract development, and digesta parameters of broiler starters fed wheat- and cornbased diets. *Poult. Sci.*, 87: 2320–2328.
- Basmacıoğlu, H. 2004. Karma yem üretiminde pelet kalitesine etki eden etkenler. *Hayvansal retim.* 45(1): 23-30.

- Behnke, K.C. 2001. Factors influencing pellet quality. *Feed Technol.*, 5: 19–22.
- Cera, K.R., D.C. Mahan and R.F. Cross. 1988. Effect of age, weaning and postweaning diet on small intestinal growth and jejunal morphology in young swine. *J. Anim. Sci.*, 66: 574-584.
- Chewning C.G., Stark, C.R. and J. Brake. 2012. Effects of particle size and feed form on broiler performance. *J. Appl. Poult. Res.*, 21: 830–837.
- Corzo A., Mejia L. and R.E. Loar II. 2011. Effect of pellet quality on various broiler production parameters. *J. Appl. Poult. Res.*, 20: 68–74.
- Douglas J.H., Sullivan T.W., Bond P.L., Struwe F.J., Baier J.G. and L.G. Robeson. 1990. Influence of grinding, rolling, and pelleting on the nutritional-value of grain sorghums and yellow corn for broilers. *Poult. Sci.*, 69: 2150-2156.
- Engberg R.M., Hedemann M.S. and B.B. Jensen. 2002. The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, 43: 569–579.
- Favero A., Maiorka A., Vitoria Fischer da Silva A., Paula Valle F.L., Santos S.A. and K. Muramatsu. 2012. Influence of feed form and corn particle size on nutrient digestibility and energy utilization by young turkeys. *Rev. Br. Zoot.*, 41(1): 86-90.
- Gabriel I., Mallet S. and M. Leconte. 2003a. Differences in the digestive tract characteristics of broiler chickens fed on complete pelleted diet or on whole wheat added to pelleted protein concentrate. *Br. Poult. Sci.*, 44: 283-290.
- Gabriel I., Mallet S., Leconte M., Fort G. and M. Naciri. 2003b. Effects of whole wheat feeding on the development of coccidial infection in broiler chickens. *Poult. Sci.*, 82: 1668-1676.
- Goodband R.D., Tokach M.D. and J.L. Nelssen. 2002. The effects of diet particle size on animal performance. MF-2050 Feed Manufacturing. Dept. Grain Sci. Ind., Kansas State Univ., Manhattan.
- Huang D.S., Li D.F., Xing J.J., Ma Y.X., Li Z.J. and S.Q. Lv. 2006. Effects of feed particle size and feed form on survival of *Salmonella typhimurium* in the alimentary tract and cecal *S. typhimurium* reduction in growing broilers. *Poult. Sci.*, 85: 831-836.
- Jensen L. S. 2000. Influence of pelleting on the nutritional needs of poultry. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 13: 35-46.
- Kilburn J. and H.M. Edwards-JR. 2001. The response of broilers to the feeding of mash or pelleted diets containing maize of varying particle sizes. *Br. Poult. Sci.*, 42: 484-492.
- Koch K. 1996. Hammermills and roller mills. MF-2048 Feed Manufacturing. Dept. Grain Sci. Ind., Kansas State Univ., Manhattan.
- Lemme A., Wijten P.J.A., Van Michen J., Petri A. and D.J. Langhout. 2006. Responses of male growing broilers to increasing levels of balanced protein offered as coarse mash or pellets of varying quality. *Poult. Sci.*, 85: 721–730.
- Mai A.K. 2007. Wet and coarse diets in broiler nutrition: Development of the GI tract and performance. 141f. Thesis (PhD in Animal Sciences) - Institute of Animal Sciences/Wageningen University and Research Centre, Wageningen, Netherlands.
- McKinney L.J. and R.G. Teeter. 2004. Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: I. Pellet quality and II. Prediction of consequential formulation dead zones. *Poult. Sci.*, 83: 1165-1174.
- Nir I., Melcoid J.P. and M. Picard. 1990. Effect of particle size of sorghum grains on feed intake and performance of young broilers. *Poult. Sci.*, 69: 2177–2184.

- Nir I., Shefet G., and Y. Aroni. 1994a. Effect of particle size on performance. 1. Corn. *Poult. Sci.*, 73: 45-49.
- Nir I., Hillel R. and G. Shefet. 1994b. Effect of grain particle size on performance. 2. Grain texture interaction. *Poult. Sci.*, 73: 781-791.
- Nir I., Hillel R. and I. Ptchi. 1995. Effect of particle size on performance. 3. Grinding pelleting interactions. *Poult. Sci.*, 74: 771-783.
- Parsons A.S., Buchanan N.P. and K.P. Blemings. 2006. Effect of corn particle size and pellet texture on broiler performance in the growing phase. *J. Appl. Poult. Res.*, 15: 245-255.
- Peron A., Bastianelli D., Oury F.X., Gomez J. and B. Carre. 2005. Effects of food deprivation and particle size of ground wheat on digestibility of food components in broilers fed on a pelleted diet. *Br. Poult. Sci.*, 46: 223-230.
- Santos F.B.O., Sheldon B.W., Santos J.R. and P.R. Ferket. 2008. Influence of housing system, grain type, and particle size on *Salmonella* colonization and shedding of broilers fed triticale or corn-soybean meal diets. *Poult. Sci.*, 87: 405-420.
- Svihus B., Klovstad K.H., Perez V., Zimonja O., Sahlstrom S. and R.B. Schuller. 2004. Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 117: 281-293.
- Svihus B. 2011. The gizzard: function, influence of diet structure and effects on nutrient availability. *World Poult. Sci. J.*, 67: 207-224.
- Zang J.J., Piao X.S., Huang D.S., Wang J.J., Ma X. and Y.X. Ma. 2009. Effects of feed particle size and feed form on growth performance, nutrient metabolizability and intestinal morphology in broiler chickens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 22: 107-112.
- Zelenka J. 2003. Effect of pelleting on digestibility and metabolisable energy values of poultry diet. *Czech. J. Anim. Sci.*, 48: 239-242.



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ
YAYIN İLKELERİ



Görükle Kampüsü 16059 BURSA / TÜRKİYE

Tel: 0224 294 14 07

e-mail: zfdergisi@uludag.edu.tr

Faks: 0224 294 14 02

<http://ziraat.uludag.edu.tr>

1. Metin A4 (210 x 297 mm) formunda beyaz kağıda, Microsoft Word formatında, üstten **5.5 cm**, alt, sağ ve soldan **4 cm** boşluk bırakılarak yazılmalı ve metin **iki yandan** hizalanmış (**justified**) olmalıdır.
2. **Başlık:** Times New Roman yazı karakterinde **14 punto**, koyulaştırılmış (bold) olarak ve başlıktaki her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde 1,5 satır aralığı ile yazılmalı ve sayfaya ortalanmalıdır. Başlığın bittiği en son karakterine yayın bir tezdən ya da bir projeden yapılmış ise üssel harf sel atıf verilmelidir.
3. **Yazar Adları:** Yazarların açık adları unvan belirtilmeden ad ve soyadların ilk harf büyük olacak şekilde koyulaştırılmış, başlıktan bir satır boşluk bırakılarak ve sayfaya ortalanarak Times New Roman yazı karakterinde **11 punto** yazılmalıdır. Soyadların bittiği en son karakter üzerine üssel olarak rakam ile yazar adresine atıfta bulunulmalıdır.
4. Yazarlara ilişkin verilen rakamsal atıflara ait adresler Times New Roman yazı karakterinde **9 punto** olarak yazar adlarının altında bir satır boşluk verilerek belirtilmelidir.
5. **Özet:** Yazar atıflarının ardından iki satır boşluk bırakılarak **Times New Roman yazı** karakterinde **10 punto** olarak yazılmalıdır. Paragrafın bitiminde bir satır boşluk bırakılarak **Times New Roman yazı** karakterinde **9 punto** olmak üzere **anahtar kelimeler** yazılmalıdır.
6. **İngilizce Başlık:** Anahtar kelimeleri takiben iki satır boşluk kalacak şekilde **Times New Roman yazı** karakterinde **12 punto** koyulaştırılmış olarak sayfayı ortalayacak şekilde makalenin İngilizce başlığı konulmalıdır.
7. **Abstract:** İngilizce başlığın ardından bir satır boşluğu bırakılarak **Times New Roman yazı** karakterinde **10 punto** olarak yazılmalıdır. Paragrafın bitiminde bir satır boşluk bırakılarak **Times New Roman yazı** karakterinde **9 punto** olmak üzere **Key Words** konulmalıdır.
8. **Giriş:** Giriş bölümü ve metinler **Key Words'** lardan bir satır boşluk bırakılarak yazılmalıdır.
9. Giriş bölümünden itibaren tüm bölüm başlıkları sadece ilk harfleri büyük olacak şekilde küçük harflerle koyulaştırılmış **Times New Roman 10** punto yazı karakterinde ve bölüm başlıkları üstten birer boşluk kalacak şekilde yerleştirilecektir. Ana başlıklar sola yaslı ve koyulaştırılmış, metinler ise **0.6 cm** paragraf girintisi yapılarak yazılmalıdır.
10. Şekil ve fotoğraflar sayfa kenar boşlukları göz önünde bulundurulacak şekilde ayarlanmalıdır.
11. Şekillerin açıklaması, şekillerin altında **Times New Roman 10 punto** ile yazılmalıdır.
12. Şekil ve resimlerin numaralandırması ise **Şekil 1**, **Şekil 2**. vb şeklinde **Times New Roman 10 punto** ile koyulaştırılarak verilmelidir. Şekil açıklamalarının ardından bir boşluk bırakılarak paragraflar arasında bir boşluk kalacak şekilde ana metin (**Times New Roman 10**) yazılmalıdır.
13. Metin içerisinde yer alan çizelgeler **Çizelge 1**, **Çizelge 2**. şeklinde **Times New Roman 10** karakterinde koyulaştırılarak çizelgenin üzerine yazılmalı açıklamaları ise koyulaştırılmamış şekilde olmalı ve çizelge üst sınırı ile açıklama yazısı arasında boşluk bırakılmamalıdır.
14. Yazarlar yayınlamak istedikleri makale ile ilgili olarak gerekli olan etik kurul onayını aldıkları kurumu ve onay numarasını Materyal ve Metot bölümünde belirtmelidirler. Yayın kurulu gerekli gördüğünde "Etik Kurul Onay Belgesini" ayrıca isteyebilir.
15. Kaynaklar bölümünde literatürler aşağıdaki gibi gösterilmeli ve tüm kaynaklar alfabetik sıra içerisinde verilmelidir. Bu bölümde karakter büyüklüğü olarak **Times New Roman 10** punto kullanılmalıdır. Örneğin:

Kıtap:

Yıldırım, O. 1996. Bahçe Bitkileri Sulama Tekniği. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1438, Ders Kitabı: 420, Ankara.

Ensminger, M.E., J.E. Oldfield and W.W. Heinemann. 1990. Feed and Nutrition. The Ensminger Publishing Company, 1544 pp.

Kıtabın bir bölümü:

Fıratlı, Ç. 1993. Arı Yetiştirme. s: 239–270. Editör: M. Ertuğrul. Hayvan Yetiştirme. Baran Ofset, Ankara.

Bildirici kitabı:

Kara, Z. ve N. Beyoğlu. 1995. Konya ili Beyşehir yöresinde yetiştirilen üzüm çeşitlerinin göz verimliliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. Bildiriler (II): 524–528. 3-6 Ekim 1995, Adana.

Makale:

Kamalak, A., Ö. Canbolat, Y. Gürbüz and O. Özay. 2005. Prediction of Dry Matter Intake and Dry Matter Digestibilities of Some Forages Using Gas Production Technique on Sheep. Turk. J. Vet Anim Sci. 29. 517-523.

Tez:

Scheffe, H. 1973. Symptotic Theory of Sequential Fixed- Width Confidence Intervals. Unpublished Ph.D. dissertation, Florida State University, Dept. of Statistics. (Author, A. (Year), 'Title of Thesis', degree and type of thesis, Name of University and Dep.)

Yazarı belirtilmeyen kurum yayınları:

Anonim 2005. Tarımsal Yapı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. Yayın No: 1579, Ankara. <http://www.agri.ankara.edu.tr/tarimbilimleri> (alıntının yapıldığı tarih).

<http://ziraat.uludag.edu.tr/>

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ (THE JOURNAL of AGRICULTURAL FACULTY of ULUDAG UNIVERSITY)

ISSN: 1301-3165



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ
YAYIN İLKELERİ



Görükle Kampüsü 16059 BURSA / TÜRKİYE

Tel: 0224 294 14 07

e-mail: zfdergisi@uludag.edu.tr

Faks: 0224 294 14 02

<http://ziraat.uludag.edu.tr>

Sahibi: Prof. Dr. Uğur BİLGİLİ (Dekan)

Yazı İşleri Sorumlusu: Prof. Dr. Mehmet SİNCİK

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi yılda iki kez yayınlanır ve bahçe bitkileri, bitki koruma, gıda mühendisliği, gıda bilimi ve teknolojisi, su ürünleri ve balıkçılık, süt teknolojisi, tarım ekonomisi, tarım makinaları, tarımsal yapılar ve sulama, tarla bitkileri, toprak bilimi ve bitki besleme ve zootekni gibi tüm ziraat alanları ile ilgili özgün araştırma makaleleri, derleme makaleler ve editöre mektupları kabul etmektedir. Sunulan makaleler özgün olmalı ve Türkçe ya da İngilizce yazılmalıdır. Yayınlanan makalelerin tüm hakları Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisine aittir. Sunulan makaleler başka hiçbir yerde yayınlanmamış olmalıdır. Ancak, bir kongre yada sempozyumda sadece özet kısmı yayınlanan makalelerin tam metinleri yayınlanmak üzere sunulabilir.



“JOURNAL OF AGRICULTURAL FACULTY OF ULUDAG UNIVERSITY”



INSTRUCTION TO AUTHOR(S)

Uludağ University, Görükle Campus 16059 BURSA / TÜRKİYE

Phone : 0224 294 14 07

e-mail: zfdergisi@uludag.edu.tr

Fax : 0224 294 14 02

<http://ziraat.uludag.edu.tr>

The Journal of Agricultural Faculty of Uludağ University is biannually published and the journal welcomes original research articles, review articles and letters to editor on all aspects of agriculture, plant protection, horticulture, animal science, fisheries and aquaculture, dairy technology, food science and technology, and biological sciences. Submitted manuscript must be original and written in English or Turkish language. Submitted study has not been published before. However, only abstract of the submitted manuscript may be previously presented or published in a congress or symposium. Manuscript must be typewritten in **12-point font Times New Roman** on one side of the page only, double-spaced with 3 cm margins to all sides, limited to a maximum 20 pages. Moreover, line numbers must be used for each page, individually. Table(s) and figure(s) with legend(s) should be separated from text and take places at the end of the text (**Sample Manuscript**). The file type/format of the manuscript must be in the Microsoft Word format (*.doc type). Manuscript must be send by e-mail to editor. (zfdergisi@uludag.edu.tr)

A submitted manuscript must contain the main subjects, which described below.

- ❖ Title
- ❖ Name(s) of the author(s)
- ❖ Abstract and key words
- ❖ Introduction
- ❖ Material and Methods
- ❖ Results and Discussion
- ❖ Acknowledgement(s) (If necessary)
- ❖ References

Title: The title should be written with double space-bold and centered and first letter of each word should be capital. Footnotes (indication of MSc or PhD Thesis) to title should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data).

Name(s) of the author(s): Name(s) without a title is clearly indicated. Address(es) of the author(s) should be indicated with a superscript(s) number(s) under the name(s) as centered.

Abstract: Abstract should be brief but give clear information about the research and results obtained. This should not exceed 200 words. Below the abstract (one line space) provide maximum 7 key words.

Introduction: It provides importance of the research and contains basic studied that previously done.

Material and Methods: It should be clearly written and explained used method(s) in the study.

Results and Discussion: Obtained results from the study should be indicated in this section and they are provided by table(s) and/or figure(s), if necessary. Also, the results should be compared with similar studies that formerly done. Moreover, importance of the results should be expressed. However, it should be avoided unnecessary repetitions.

Table(s) and Figure(s): Legend(s) of table(s) and figure(s) should place above table(s) and below figure(s), respectively.

Ethical commission report: Authors should indicate the name of institute approves the necessary ethical commission report and the serial number of the approval in the material and methods section. If necessary, editorial board may also request the official document of the ethical commission report.

Citations/References: Citations in the text should be indicated using “author, year” format; Smith (2007), moreover, (Smith, 2007) if it is placed at the end of the sentence. For two authors, they are indicated as Smith and Cash (2007). Where three or more authors exist for a cited reference, the citation should be formatted as “first author et al. year”; Smith et al. (2007).

References should be listed in alphabetical order according to the last name of the first author. Use “and” in listing two or more than two authors. Example: Şeker, M., Z. Yücel and E. Nurdan, 2004.

Journal:

Kamalak, A., Ö. Canbolat, Y. Gürbüz and O. Özay. 2005. Prediction of Dry Matter Intake and Dry Matter Digestibilities of Some Forages Using Gas Production Technique on Sheep. *Turk. J. Vet Anim Sci.* 29. 517-523.

Wang, T.L., C. Domoney, C.L. Hedley, R. Casey and M.A. Grusak. 2003. Can we improve the nutritional quality of legume seeds? *Plant Phys.* Vol. 131: 886–891.

Book:

Gaugler, R. and H. K. Kaya. 1990. *Entomopathogenic nematodes in biological control*, CRC Press, Boca Raton, FL, 365 pp.

Ensminger, M.E., J.E. Oldfield and W.W. Heinemann. 1990. *Feed and Nutrition*. The Ensminger Publishing Company, 1544 pp.

Book Chapter:

Poinar, G. O. 1990. Biology and taxonomy of Steinernematidae and Heterorhabditidae. (R. Gaugler and H. K. Kaya eds.), *Entomopathogenic nematodes in biological control*, CRC Press, Boca Raton, FL, p. 23-58.

Proceedings:

Susurluk, A., S. Hollmer, U.K. Mehta, R. Han, E. Tarasco, O. Triggian, A. Peters and R.-U. Ehlers. 2003. Molecular identification of entomopathogenic nematodes from Turkey, India, China, Italy, Norway, Albania and Germany by PCR-RFLP. 9th European Meeting of the IOBC/WPRS Working Group, p:101-103, 23-29 May 2003, Schloss Salzau, Germany.

Thesis:

Scheffe, H. 1973. *Symptotic Theory of Sequential Fixed- Width Confidence Intervals*. Unpublished Ph.D. dissertation, Florida State University, Dept. of Statistics.

Anonymous:

Anonymous 2005. *Tarımsal Yapı*. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. Yayın No: 1579, Ankara. <http://www.agri.ankara.edu.tr/tarimbilimleri> (add to received date)

<http://ziraat.uludag.edu.tr/>

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ (THE JOURNAL of AGRICULTURAL FACULTY of ULUDAG UNIVERSITY)

ISSN: 1301-3165



**“JOURNAL OF AGRICULTURAL
FACULTY OF ULUDAG
UNIVERSITY”**



INSTRUCTION TO AUTHOR(S)

Uludag University, Görükle Campus 16059 BURSA / TÜRKİYE

Phone : 0224 294 14 07

e-mail: zfdergisi@uludag.edu.tr

Fax : 0224 294 14 02

<http://ziraat.uludag.edu.tr>

Prof. Dr. Uğur BİLGİLİ (Dean of Agricultural Faculty of Uludağ University)

Prof. Dr. Mehmet SİNCİK (Editor in Chief)

The Journal of Agricultural Faculty of Uludag University is biannually published and the journal welcomes original research articles, review articles and letters to editor on all aspects of agriculture, plant protection, horticulture, animal science, fisheries and aquaculture, dairy technology, food engineering, food science and technology, field crops, agricultural economics, agricultural machineries, farm buildings and irrigation, soil science and biological sciences. Submitted manuscript must be original and written in English or Turkish language. All rights to article published in this Journal are reserved by Agriculture Faculty of Uludağ University. Submitted study has not been published before. However, only abstract of the submitted manuscript may be previously presented or published in a congress or symposium.

