

Farklı Su Stresi Uygulamalarının Karayemiş'in Morfolojik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi

Tahsin TONKAZ^{1*}, Ali İSLAM², Nursel KARA², Orhan KARAKAYA²

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Ordu, Türkiye

²Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu, Türkiye

(Geliş Tarihi/Recived Date: 01.11.2018; Kabul Tarihi/Accepted Date: 08.12.2018)

Öz

Bu çalışma ile Ordu yöresinde, farklı Karayemiş tiplerinin destek sulamalarına tepkilerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Araştırmada 4 farklı sulama konusu buharlaşma kabından ölçülen toplam buharlaşmanın %0, %50, %75 ve %100'ünün uygulanması şeklinde oluşturulmuştur. Deneme 2015 yılı yetiştirme sezonunda tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak Ordu ilinde 1 Nisan- 30 Eylül tarihleri arasında yürütülmüştür. Bitki boyu ve sürgün gelişimi ve gövde çapı sulama konularından önemli derecede etkilenmiştir. Bu etkileşim pozitif yönde olup en yüksek gövde çapı tam sulama konusundan elde edilmiştir. Beklendiği gibi en düşük gövde çapı sulama yapılmayan kontrol konusundan elde edilmiştir. Karadeniz bölgesi gibi yağışın yeterli gibi görüldüğü bölgeler de bile, bölgeye tam uyumlu karayemiş bitkisinin su stresinden önemli derecede etkilendiği görülmektedir. Bu sonuç, bölgede yağış rejiminin düzensizliğini ya da yağışların gerçekten karayemiş bitkisi için yetersiz olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Karayemiş, sulama, Karadeniz, bitki gelişimi

Determination of Effects of Different Water Stress Levels on Morphological Traits of Cherry Laurel Plant

Abstract

This study was conducted in Ordu province in order to determine responses of supplementary irrigation of different Cherry laurel types in time span of April 1-September 30, 2015 with three replications. Irrigation levels consisting of 4 different applications as %0, % 50, %75 and %100 of evaporation measured standard class A pan for irrigation intervals. Results showed that irrigation levels significantly affected plant height, shoot growth and trunk diameter. All interactions were positive, and the highest trunk diameter were obtained from full irrigation. As expected, the lowest trunk diameter was measured from non-irrigated level. Findings of this work showed that Cherry laurel was suffers from water stress even Black Sea region where rainfall is very common. This result implies that irrigation needs arises from insufficiency rainfall amount for Cherry laurel growth in basin areas or irregularity of rainfall regimes in the area.

Key Words: Cherry laurel, irrigation, Black Sea, lant growth

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: ttonkaz@odu.edu.tr

1. Giriş

Karayemiş bitkiler alemi içerisinde *Laurocerasus officinalis* olarak bilinmektedir. Bu meyve türü ülkemizde “taflan” adıyla da tanınmaktadır. Bitkinin tabii yayılma alanı Karadeniz'in doğu bölgeleri, Kafkaslar, Toroslar, Kuzey ve Doğu Marmara'dır. Genel olarak ılıman iklim bölgelerinin meyvesidir. Bu bakımdan en iyi karayemişler Karadeniz bölgesinin sahil kuşağında yetiştirilmektedir.

Anavatanı Türkiye, Güney Kafkaslar ve Balkanlar olan Karayemiş'in, sulama suyuna tepkileri konusunda yapılmış ulusal yada uluslar arası akademik bir çalışma belirlenmemiştir. Literatürdeki kısıtlı sayıdaki çalışmalar daha çok Karayemiş'in pomolojik ve antioksidant özellikleri üzerinedir. Ancak, karayemişe en yakın tür olan Kiraz fidanlarının yada genç kiraz ağaçlarının sulama suyuna tepkileri kısaca özetlenmiştir. Bostan ve İslam (2002) tarafından yapılan çalışmada, birbirinden farklı özelliklere sahip 17 farklı tip karayemiş olduğunu belirlemişlerdir. Belirlenen tiplerdeki salkım ağırlığının 19.79-103.28 g, salkımdaki ortalama meyve sayısının 7.80-22.85 adet, meyve dane ağırlıklarının ise 0.06-6.79 g, suda çözünür kuru madde miktarının % 13.50-26.67 ve sitrik asit cinsinden toplam asitliğin %0.127-0.291 olduğu ortaya konulmuştur. Öte yandan, tiplerde tam çiçeklenmenin 20 Şubat'ta başlayıp 25 Nisan'a kadar devam ettiği, hasadın ise 5 Temmuz-15 Ekim tarihleri arasında yapıldığını belirtmişlerdir. Bu tipler yörede sofralık, reçelik, turşuluk ve kurutmalık olarak değerlendirildiği ifade edilmiştir. Pathirana ve ark., 2006 yılında yaptıkları çalışmada karayemiş pekmezinin antioksidant değerlerini serbest radikaller yardımıyla analiz etmişlerdir. Elde edilen bulgular, karayemişin taze olarak ya da pekmez olarak tüketilmesinin oksidatif stresin yol açtığı hastalıkların iyileştirilmesinde içerdiği fenolikler nedeniyle faydalı olacağını ortaya koymuşlardır. İslam, (2002) tarafından yapılan çalışmada, Trabzon ilindeki karayemişlerin pomolojik özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre ortalama olarak salkım ağırlığı 67.9 g, salkımdaki dane sayısı 18.9 adet, dane ağırlığı 4.5 g, çözünebilir katı madde oranı %15.4 ve pH değeri 4.8 olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgulara göre bölge karayemişlerinin taze olarak tüketilebilir olduğu ve ümitvar çeşitler olarak kaydedildiği belirtilmiştir. Maçit (2008) tarafından yapılan çalışmada ise, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsüne 1999 yılında dikilen 17 karayemiş tipinden üstün özellikli olanlar seçilmiştir. Seçim kriteri olarak, verim, ağaç başına verim, meyve ağırlığı, meyve eti/çekirdek oranı, tat, suda çözünebilir kuru madde oranı, burukluk vb kriterler ele alınmıştır. İki yıllık çalışma sonucunda 4 tip ümitvar olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, ortalama verim 45-150g/cm², ağaç başına verim 4,20-15,2 kg, meyve ağırlığı 3,48-4,81 g, meyve eti çekirdek oranı 5,23-7,78, suda çözünebilir kuru madde oranları %14-16.95 arasında bulunmuştur. Şülüsoğlu (2011) yaptığı çalışmada, 40 adet fenotipi 3 yıllık bir çalışmada değerlendirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre fenotiplerin meyve ağırlıkları 0.82-5.22 g, meyve sertliğinin 203-523 g/mm, çözünebilir katı madde içeriğinin %12.46-24.4, titre edilebilir asitliğin %0.12-0.62 ve meyve eti/çekirdek oranının %2.39-20.72 olduğu ortaya konmuştur. Bu bulgulara göre 10 adet fenotip ümitvar olarak seçilmiştir. Ümitvar olarak seçilen fenotiplerde, salkımdaki çiçek sayısı 31.38-44.63, ve salkımdaki dane sayısının 5.49-16.84 meyve sayısı olarak tespit edildiği ifade edilmiştir. Seçilen üstün özellikli fenotiplerin ileride ıslah çalışmalarının yapılarak yaygınlaştırılması tavsiye edilmiştir. Şülüsoğlu (2012)' de yapılan çalışmada ise, karayemiş son yıllarda özellikle dikkat çeken bir meyve olduğu vurgulanarak, meyvenin taze olarak tüketilmesinin yanında tıp ve eczacılık alanında da yaygın kullanım alanı bulunduğu ifade edilmiştir. Çalışmanın amacının ise meyvenin embriyo kültürü ile çoğaltılabilmesi için gerekli olan protokolün hazırlanması olduğu vurgulanmıştır. Çalışma sonunda gerekli protokol hazırlanmış ve bu sayede çimlenme esnasında malzeme kaybının önlendiği ve aynı sezonda

gerekli olabilecek yeni ihtiyacının daha kısa sürede karşılanabildiği belirtilmiştir. İslam ve Vardal (2009) Rize'nin Pazar ilçesinde yürüttükleri çalışmada, yerel çeşitleri ve en kaliteli karayemiş tipini belirlemeyi amaç edinmişlerdir. Bölgedeki karayemişlerin renk olarak sarımtırak pembeden siyaha kadar değişim gösterdiklerini ifade etmişlerdir. Meyve ağırlığının 2.63-5.65 g arasında değiştiğini, toplam çözünebilir kuru madde miktarının %15.7-23.1 ve salkımdaki meyve sayısının da 7-16 arasında değişim gösterdiğini saptamışlardır. Bölgede yetiştirilen karayemişlerin taze, reçel yada turşu olarak tüketildiğini belirtmişlerdir. Livellara ve ark., (2011) yaptıkları çalışmada genç kiraz ağaçlarında farklı sulama seviyelerinin vejetatif ve generatif gelişmesine etkilerini araştırmışlardır. Sulama seviyeleri Penman-Monteith yöntemiyle hesaplanan ETo değerlerinin % 50, %100 ve % 150'sinin uygulanmasıyla oluşturulmuştur. Sulama uygulamalarının kirazda, sürgün büyüme oranı, dal kesit alanı, kanopi hacmi, yıllık toplam büyüme ve verime etkileri irdelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, meyve kalite parametrelerinin sulama düzeylerinde etkilenmediği ifade edilmiştir. Bununla birlikte, vejetatif ve generatif gelişme ile kök su potansiyeli beraber değerlendirildiğinde, ETo'nun %50'si ile %100'ü arası bir nokta sulama için değer olarak değerlendirilebileceği belirtilmiştir. Dehghanisanij ve ark., (2007) yaptıkları çalışmada, ETc'nin üç farklı oranı olan %50, %75 ve %100 sulama konularını oluşturmuştur. Sulama uygulaması damla sulama ile yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre su stresi arttıkça su kullanım randımanı da artmış, fakat verim önemli düşüşler yaşanmıştır. Sulama konuları ile genç sürgün uzunlukları ve kanopi hacmi arasından önemli korelasyon görülmüştür. Sulama suyunun %75 olarak uygulandığı konuda en iyi sonuçlar alınmıştır. Bu amaçla yaprak stoma iletkenliği, gün ortası yaprak su içeriği, günlük özsu akışı ve günlük maksimum gövde büzülme değeri ölçülmüştür. Elde edilen bulgulara göre, gövde büzülme değeri sulama suyunun uygulanması için bir erken uyarı sistemi gibi yardımcı olabileceği anlaşılmıştır.

Bu çalışma ile damla sulama ile yapılacak uygulamalarda, 4 farklı sulama konusunun bitkinin morfolojik karakteristiklerine olan etkilerinin araştırılması ve yorumlanarak bilimsel literatüre kazandırılması amaçlanmıştır

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Karadeniz bölgesinde yaygın olarak yetişen 4 farklı Karayemiş tipi kullanılmıştır. Steril ortamlarda çelikle çoğaltılan 2 yaşındaki fidanlar 02 Ocak 2013 tarihinde Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama alanına deneme desenine uygun olarak dikilmiştir. Dikim sonrası fidanlara can suyu verilmiştir.

Ordu yöresi tipik Karadeniz iklimi olan, her mevsim yağışlıdır. Doğu Karadeniz Bölümünde en fazla yağış sonbaharda, en az yağış ilkbaharda düşer. Yıllık yağış miktarı 2000-2500 mm'dir. Batı Karadeniz Bölümünde en fazla yağış sonbaharda, en az yağış ilkbaharda düşer. Yıllık yağış miktarı 1000-1500 mm'dir. Orta Karadeniz Bölümünde ise en fazla yağış kışın, en az yağış yazın düşer. Yıllık yağış miktarı 1000-1200 mm'dir. Denemenin yürütüleceği bölgeye ilişkin uzun yıllık iklim değerleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Ordu ili uzun yıllık iklim değerleri

ORDU	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1970 - 2011)											
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.8	6.7	8.0	11.4	15.6	20.3	23.1	23.2	19.9	15.9	11.6	8.6
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.8	10.9	12.0	15.1	19.1	24.0	26.8	27.4	24.4	20.3	16.1	12.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.8	3.7	5.0	8.3	12.3	16.4	19.5	19.8	16.6	12.9	8.4	5.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.4	3.0	3.2	4.1	5.4	7.1	6.2	6.1	5.2	4.1	3.3	2.3
Ortalama Yağışlı Gün	14.5	13.9	15.4	15.1	13.1	11.3	10.0	9.6	12.0	14.5	13.6	14.6
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması	93.4	81.0	76.4	74.3	55.6	76.7	62.2	67.7	83.1	137.7	128.3	106.3
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1970 - 2011)												
EnYüksek	25.8	28.3	31.4	36.5	35.6	37.3	37.1	36.3	36.4	34.2	30.8	28.3
En Düşük Sıcaklık	-6.6	-6.7	-4.7	-1.4	3.4	9.6	13.3	13.0	8.2	2.5	-1.5	-3.2

2.1. Yöntem

Deneme 2015 yılı yetiştirme sezonunda tesadüf blokları deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak Ordu ilinde 1 Nisan- 30 Eylül tarihleri arasında yürütülmüştür.

Deneme konularını, sulama düzeyleri (4 konu) oluşturmaktadır. Sulama suyu miktarının belirlenmesinde, sulama aralığı olarak seçilen 7 günlük süre zarfında standart buharlaşma kapından elde edilen birikimli değerlerin dört farklı katsayı ile düzeltilmesinden elde edilecek sulama suyu miktarı toprağa uygulanmıştır.

Deneme, dört farklı pan katsayısı (kp1: 1., kp2: 0,75 ve kp3: 0.50 ve kp4: 0) dikkate alınarak oluşturulmuştur. Kanber (1984) tarafından esasları verilen açık su yüzeyi buharlaşma kriterlerine göre belirlenen aralığına göre günlük yığılımlı buharlaşma (cumulative pan evaporation; CPE) değerleri, 4 farklı pan katsayısı ve alan (A) ile çarpılarak Eşitlik 1' göre sulama suyu miktarları hesaplanmıştır. Elde edilen hacimsel su miktarları su sayaçlarında denetlenerek sulama suyu olarak konulara uygulanmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarının hesaplanmasında örtü yüzdesi ve ıslatma alanı dikkate alınmıştır.

$$I = CPE \times A \times kp$$

(1)

Etkili kök derinliği 90 cm alınmış ve damla sulama yöntemi uygulanmıştır. Topraktaki nem değişimleri gravimetrik yöntemle 0-30, 30-60, 60-90 cm derinliklerde izlenmiş, derine sızmanın belirlenmesi amacıyla toprak nemi 120 cm'e kadar ölçülerek mevsimlik evapotranspirasyon hesaplanmıştır (James, 1988).

$$ET = P + I - R_f - D_p \pm \Delta S \quad (2)$$

Eşitlik 2' de; ET:; P: yağış, I: sulama suyu, R_f: yüzey akış, D_p: derine sızma ve $\pm \Delta S$: kök bölgesinde toprak nem değişimi mm olarak ifade edilmiştir.

Bu durumda deneme konularını, tam sulamayı temsil eden (%100, I100) ve sırasıyla tam sulamanın %75ini, %50'sini ve %0'ını temsil eden I100, I75, I50 ve IK (kontrol) konuları oluşturulmuştur. Sulama yöntemi olarak "damla sulama yöntemi" tercih edilmiştir. Bu yöntem su tasarrufu sağlaması ve arazi topografyasının dalgalı olması nedeniyle tercih edilmiştir. Her bir karayemiş fidanı için salkım tip (halka) şeklinde damla sulama sistemi uygulanmıştır. Damlatıcı aralıkları toprak özellikleri ve ıslatılan alan yüzdesine göre belirlenmiştir. Damlatıcı debileri ise 1 atm basınç altında 2 l/h'dir. Uygulanacak su derinliği ise etkili kök derinliği olan 90 cm dikkate alınmıştır. Tarla kapasitesi ve toprağın diğer fiziksel ve kimyasal özellikleri deneme öncesi 0-30, 30-60, 60-90 cm derinlikleri için laboratuvar da saptanmıştır (Çizelge 2). Sulama suyu kalitesi ise yine laboratuvar koşullarında deneme öncesi yapılan analizlerle belirlenmiştir (Çizelge 3). Sulama uygulamalarına 1 Nisan tarihinden itibaren başlanmıştır. Bu tarihten itibaren günlük yağış ve buharlaşma değerleri takip edilmiş ve kümülatif buharlaşma miktarı kümülatif yağış değerini aştığında sulama yapılmıştır. Bu eşik tarihten itibaren sulama aralıkları dikkate alınarak farklı sulama düzeylerine göre sulamalar gerçekleştirilmiştir. Toprak nemi, her sulama uygulaması öncesi ve sonrası gravimetrik yöntemle alınan toprak örnekleriyle kontrol edilmiştir. Sulamalar 31 Eylül tarihinde sonlandırılmıştır.

Çizelge 2. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Derinlik (cm)	Bünye Sınıfı	Hacim ağırlığı (g/cm ³)	Tarla kapasitesi (Hacim % si)	Solma noktası (Hacim % si)	Faydalı Su Kapasitesi (mm/30cm)	pH	EC dS/m	% Tuz	% CaCO ₃
0-30	SL	1.41	19.04	12.37	20.01	7.5	0.43	0.011	4.12
30-60	SL	1.37	18.06	11.97	18.25	7.5	0.43	0.012	3.88
60-90	SL	1.51	20.51	13.91	19.80	7.4	0.47	0.015	3.55

Çizelge 3. Araştırmada kullanılan sulama suyunun analiz sonuçları

Sulama suyu sınıfı	EC dS/cm	pH	Kasyonlar				Anyonlar		
			Na+	K+	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	HCO ₃ ⁻	CL ⁻	SO ₄ ⁻
C2S1	0.744	7.03	0.57	0.07	6.91	1.68	7.52	0.61	0.50

3. Bulgular ve Tartışma

Farklı karayemiş tiplerinin 4 farklı seviyeli sulama sonucunda aşağıdaki önemli bulgular elde edilmiştir.

3.1. Bitki Su Tüketimi

Araştırma süresi boyunca I100 konusuna 400,5 mm, I75 konusuna 300,8 mm, I50 konusuna 200,3 mm sulama suyu uygulanmıştır. Kontrol konusunda ise sulama suyu uygulanmamıştır. Bitki su tüketimleri irdelendiğinde, en yüksek bitki su tüketimi 735,1 mm ile S22 tipinden I100 konusundan elde edilmiştir. En düşük bitki su tüketimi ise, 309,5 mm ile T187 tipinden kontrol konusunda saptanmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. Konulara göre Karayemiş su tüketimi, mm

Konu	Sulama suyu,		Bitki su tüketimi, mm			
	mm	Yağış, mm	S39	S22	S23	T187
I100	400,5	315,3	726,0	735,1	734,8	730,9
I75	300,8	315,3	628,7	621,3	624,1	622,2
I50	200,3	315,3	531,0	534,9	532,4	531,4
İK	0	315,3	333,2	330,2	328,7	309,5

3.1. Bitki Boyu (cm)

Deneme sonunda sulama düzeyleri ile bitki boyu parametresi önemli değişimler göstermiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre bitki boyunun sulamalardan önemli ($P<0,05$) derecede etkilendiği görülmektedir. Toprağın su tutma kapasitesine de bağlı olarak en düşük bitki boyu kontrol konusundan, en yüksek bitki boyu da tam sulama konusundan elde edilmiştir. Karadeniz bölgesi gibi yağışın yeterli gibi görüldüğü bölgeler de bile bölgeye tam uyumlu karayemiş bitkisi su stresinden önemli derecede etkilendiği görülmektedir. Bu sonuç, bölgede yağış rejiminin düzensizliğinden kaynaklandığı ya da yağışların gerçekten karayemiş bitkisi için yetersiz gelmesinden kaynaklanmış olabileceğini göstermiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Konulara göre karayemiş boyları, cm

Tip no	Sulama konuları			
	İK	I50	I75	I100
S39	90,3 b	182,7 a	196,5 a	200,7 a
S22	97,0 b	191,5 a	172,7 ab	215,7 a
S23	123,5 a	146,7 a	155,0 a	207,5 a
T187	93,0 c	144,5 b	174,7 ab	207,9 a

3.1. Yaprak su potansiyeli (MBar)

Sulama düzeyleri ile yaprak su potansiyeli (YSP) arasında düzenli bir ilişki saptanmıştır. Su stresi altındaki bitkilerde yaprak su potansiyeli düşük iken tam sulama konularında yaprak su potansiyelinin yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Konulara göre karayemiş YSP değerleri, MPa

Tip no	Sulama konuları			
	İK	I50	I75	I100
S39	-1,9 c	-1,6 b	-1,5 ab	-1,4 a
S22	-1,9 c	-1,8 bc	-1,6 b	-1,3 a
S23	-2,0 b	-1,6 a	-1,4 a	-1,4 a
T187	-1,9 c	-1,7 bc	-1,5 ab	-1,3 a

3.4. Sürgün gelişimi (cm)

Bitkiyi temsil edecek şekilde 5 adet sürgün uzunluğu ölçülmüştür. Karayemişlerde bitki boyu sulamalardan pozitif yönde etkilendiği gibi sürgün gelişimleri de istatistiksel anlamda önemli derecede etkilendiği görülmüştür. En yüksek sürgün gelişimi tam sulama da olurken en düşük sürgün gelişimi kontrol konusunda gözlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Konulara göre karayemiş sürgün gelişim değerleri, cm

Tip No	Sulama konuları			
	İK	I50	I75	I100
S39	23,7 a	32,8 a	31,6 a	34,5 a
S22	23,0 b	32,4 ab	24,3 ab	33,3 a
S23	25,3 a	26,8 a	29,0 a	31,8 a
T187	21,3 b	31,2 ab	24,6 ab	33,2 a

3.5. Gövde çapı (mm)

Bitki boyu ve sürgün gelişimine benzer şekilde gövde çapı da sulama düzeylerinden önemli derecede etkilenmiştir. Bu etkileşim pozitif yönde olup en yüksek gövde çapı tam sulama konusundan elde edilmiştir. Beklendiği gibi en düşük gövde çapı kontrol konusundan elde edilmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Konulara göre Karayemiş gövde çapı değerleri, cm

Tip no	Sulama konuları			
	İK	I50	I75	I100
S39	24 a	34 a	33 a	35 a
S22	24 b	37a	27 ab	36ab
S23	27 a	28 a	30 a	34 a
T187	22 b	33 ab	31 ab	35 a

4. Sonuçlar

Deneme sonucunda elde edilen değerler ve sonuçlarda hedeflene amaçlara ulaşıldığını göstermektedir. Bu deneme ile elde edilen sonuçlar ile literatürdeki karayemiş sulaması ile ilgili bilgi eksikliği giderilmiştir. İlerleyen yıllarda verim alınmaya başlanması ile karayemiş dane içeriğindeki kimyasal ve fiziksel değişimler incelenerek karayemiş yetiştiriciliğine önemli katkılar sağlanmış olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmaya (Proje No: AR-1320) desteklerinden dolayı Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri destekleme (BAP) birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. Bostan S Z, ve İslam A (2002). Trabzon'da Yetiştirilen Mahalli Karayemiş (*Prunus Laurocerasus*L.) Tiplerinin Pomolojik ve Fenolojik Özellikleri. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1): 27-31.
2. Dehghanisani H, Naseri A, Anyoji H, ve Anthony E E (2007). Effects of Deficit Irrigation and Fertilizer Use on Vegetative Growth of Drip Irrigated Cherry Trees, Journal of Plant Nutrition, 30(3): 411-425.
3. İslam A (2002). 'Kiraz' Cherry Laurel. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 30(4):301-302.
4. İslam A, ve Vardal E (2009). Pomological characteristics of cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) grown in Rize. First International Symposium on Pomegranate and Mediterranean Fruit, October 16-19, Adana Acta Hort. (ISHS), 818: 133-136.
5. James L G (1988). Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley and Sons. Inc, Newyork, 543 s.
6. Kanber R (1984). Çukurova Koşullarında Açık Su Yüzeyi Buharlaştırmadan Yararlanarak Birinci ve İkinci Ürün Yerfıstığının Sulanması. Bölge Topraksu Arşt. Enst. Yay. 114 (64), Tarsus, 93 s.
7. Livellara N, Saavedra F, ve Salgado E, (2011). Plant based indicators for irrigation scheduling in young cherry trees. Agricultural Water Management, 98: 684–690.

8. Maçit İ (2008). Karadeniz bölgesi karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.) seleksiyonu II. Aşama. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
9. Pathirana-Liyana C M, Shahidi F, ve Alasalvar C (2006). Antioxidant activity of cherry laurel fruit (*Laurocerasus officinalis* Roem.) and its concentrated juice. *Food Chemistry*, 99:121–128.
10. Şülüşoğlu M (2011). The cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.) tree selection. *African Journal of Agricultural Research*, 6(15):3574-3582.
11. Şülüşoğlu M (2012). Development of embryo culture protocol for cherry laurel (*Prunus laurocerasus* L.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(3-4):347 - 352.

Yerel Mısır (*Zea mays* L.) Genotiplerinin Çinko Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi

Özlem ETE AYDEMİR^{1*} , Faruk ÖZKUTLU¹ 

¹Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü
Ordu-Türkiye

(Geliş Tarihi/Received Date: 16.10.2018; Kabul Tarihi/Accepted Date: 10.11.2018)

Öz

Çinko (Zn)'lu gübrelerin etkin kullanımını artırmada ve yerel mısır genotiplerinin Zn'a etkin çeşitlerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu amaçla, sera koşullarında 7 farklı yerel mısır genotipine iki farklı Zn dozu (0 ve 8.0 mg Zn kg⁻¹) uygulanmıştır. Mısır genotiplerinin kuru ağırlıkları, Zn kullanım etkinlikleri ve yeşil aksam Zn konsantrasyonu belirlenmiştir. Araştırmada artan dozlarda Zn uygulaması içerisinde düşük Zn (0 mg Zn kg⁻¹) ve yüksek Zn (8.0 mg Zn kg⁻¹) dozlarının istatistiksel olarak (P<0.01) önemli olduğu saptanmıştır. Düşük ve yüksek Zn'lu koşullarda yetiştirilen 7 yerel mısır genotiplerlerinin Zn etkinlik oranı içerisinde geniş varyasyonların olduğu bulunmuştur. Kuru madde ve etkinlik indeksi esas alınarak; Gökçöy ve Gülyalı ilçelerinden toplanan 4 ve 7 numaralı genotipler etkin duyarsız diğerleri ise etkin olmayan duyarlı olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada incelenen parametreler içerisinde, gövde çinko konsantrasyonları üzerine genotip, Zn dozları ve genotip x doz etkisi önemli bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Besin Elementi Etkinliği, Zn' lu Gübreleme, Zn Alınımı

Determination of Zinc Use Efficiency for Local Corn (*Zea mays* L.) Genotypes

Abstract

It is very important to increase the effective use of Zinc (Zn) fertilizers and to determine the Zn effective varieties of local corn genotypes. For this purpose, two levels of zinc (0, and 8.0 mg Zn kg⁻¹) were applied to 7 different local corn genotypes in greenhouse conditions. Dry weights of maize genotypes, Zn usage activities and green component Zn concentration were determined.

Low Zn (0 mg Zn kg⁻¹) and high Zn (8.0 mg Zn kg⁻¹) dose were found to be significant in the treatment of increasing doses of Zn (P <0.01). There were large variations in the Zn activity rate of 7 local maize genotypes grown in low and high zinc conditions. Based on dry matter production and efficiency index; Genotypes 4 and 7 collected from Gökçöy and Gülyalı districts were classified as ineffective susceptible while others were not insensitive. In the parameters examined, genotype, Zn doses and genotype x dose effect on body zinc concentrations were found to be significant.

Key Words: Nutrient Use Efficiency, Zn Fertilization, Zn Uptake

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: ozlemete87@gmail.com

1. Giriş

Dünya genelinde görülen mikroelement noksanlıklarından birisi de Zn noksanlığıdır. Bitkilerin Zn noksanlığına karşı duyarlılıkları farklı olmakla beraber sıcak iklimlerde yetişen C4 (mısır ve şeker kamışı) bitkilerinin ılıman bölgelerde yetişen C3 (buğday, çeltik ve soya fasülyesi) bitkilerine göre Zn noksanlığına karşı daha duyarlı olduğu açıklanmıştır (Marschner 1995; Alloway 2008). Kimyasal gübreleme bitkisel üretimde verim artışının sağlanmasında önemli yer tutmaktadır. Kimyasal gübre kullanımında mikro element içerikli gübrelerin kullanımı da son derece önemli olup özellikle Zn'nun kullanılması bitkiler için oldukça önemlidir. Çinko bitkide 300'den fazla enzim aktivitesine doğrudan ve dolaylı katılmakla beraber protein sentezine doğrudan katılmaktadır (Marschner 1995). Çinko eksikliğinde mısır bitkisinde özellikle klorotik bantlar, kırmızı ve renksiz lekeler oluşmaktadır (Marschner ve Çakmak, 1989). Bitkisel üretimde verimliliğin sürdürülebilir olması için Zn uygulanması oldukça önemlidir. Çinko'lu gübrelerin kullanım etkinliğinin artırılmasının bir başka yolu da çinko etkin çeşitlerin ve genotiplerin kullanılmasıdır. Etkin genotiplerin kullanılmasıyla beraber aşırı gübre tüketimi önlenmekle birlikte, gübrelemeden dolayı oluşacak kirlilikte engellenmiş olmaktadır. Çinko noksanlığının görüldüğü yerlerde Zn noksan koşullarında iyi yetişebilen uygun genotiplerin seçilmesi bitkisel verimliliğin korunması açısından oldukça önemlidir. Tarım topraklarındaki mikro element eksikliklerinin bitkisel üretimdeki verim ve kalite üzerine olumsuz etkileri yapılan çok sayıdaki araştırmalarda ortaya konmuştur. Topraklarda çinko (Zn) eksikliği hem ülkemiz hem de dünya tarım toprakları açısından oldukça önemli bir sorundur. Dünyada tarım yapılan alanların % 30'unda (Sillanpaa 1982), Türkiye'de ise tarım topraklarının % 50'sine yakın bir bölümünde (Eyüpoğlu ve ark 1995), Zn noksanlığı olduğu bildirilmiştir. Besin noksanlıklarının olduğu alanlarda uygun genotiplerin seçimi ve kullanılmasıyla gübreleme gibi önemli girdiden tasarruf sağlanacağı gibi gübrelemeyle toprak ve içme sularında meydana gelecek olumsuzlukların da azaltılmasına katkı sağlamış olacaktır. Topraklarda Zn noksanlığı genellikle kireçli topraklarda daha yaygın olmasına rağmen iyi ayrışmış asit topraklarda da şiddetli Zn noksanlığı görülmektedir (Alloway 2004). Düşük Zn'ya sahip ve bitkilerce alınabilirliği düşük olan kumlu ve fazla yıkanmış asit topraklarda Zn noksanlığı belirgin olup bitkisel üretimi sınırlamaktadır. Çinko genellikle bitkilerce düşük miktarlarda ihtiyaç duyulur. Fakat bu düşük miktarların karşılanmadığı durumlarda önemli verim kayıplarıyla karşı karşıya kalılabilmektedir. Çakmak ve ark (1995) bildirdiğine göre, sağlıklı bir bitkinin 1 kg kuru maddesinde en az 20 mg Zn olması gerekmektedir. Söz konusu miktarın çok düşük olduğu durumlarda bitkinin büyümesinde gerilemeler ve bunun sonucunda da verimde düşüşlerin olacağı bildirilmektedir. Geçmişte topraklarda görülen besin noksanlıklarını gübreleme ile iyileştirilerek üretim yapıldı. Ancak, son yıllarda çevre bilincinin artması ve gübrelerin topraktaki diğer besin elementlerini etkilemesi gibi nedenlerden dolayı sorunlu toprak koşullarının olduğu alanlarda o sorunun çözümüne yönelik uygun bitki genotiplerinin seçiminin daha akılcı bir yaklaşım olabilmektedir. Çinko noksanlığının yaygın olduğu alanlarda Zn noksanlık koşullarında iyi yetişebilen uygun genotiplerin seçimiyle bitkisel verimin korunması da sağlanacaktır. Bitki türleri arasında ve aynı türlerin genotipleri arasında Zn kullanım açısından farklılıkların olduğu açıklanmıştır (Marschner 1995). Bu nedenle, yerel populasyonların dikkate alınması zorunludur. Doğu Karadeniz mısır tarımında da uzun yıllardır mısır üretiminden elde edilen tohumlar kullanıldıklarından bölgeye adapte olan genotiplerdir. Bu genotiplerin toplanıp bunlardan yüksek verim verenlerin belirlenmesi ve ıslah programlarına dahil edilmesi önemlidir. Toprakta besin elementinin noksanlığı durumunda, aynı genotiplerin varyansları arasında herhangi bir genotipin diğerlerine göre daha iyi gelişme yeteneği besin maddesi kullanım

etkinliği olarak açıklanmıştır (Graham ve ark 1992). Çinko etkin genotipler Zn eksikliği bulunan topraktan daha fazla Zn kaldıracı, daha fazla yeşil aksam üretebilen ve tane üretebilen genotipler olarak tanımlanmaktadır. Bu araştırmada Zn uygulamalarıyla yerel 7 mısır genotipinin Zn kullanım etkinlikleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Araştırma, sera koşullarında 7 farklı yerel mısır genotipine iki farklı Zn dozu (0 ve 8 mg kg⁻¹) uygulanarak tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak 2014 yılı sonbahar döneminde Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Uygulama Çiftliğinde Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan toprakta Zn eksikliğinin olması dikkate alınmıştır. Bu amaca yönelik olarak çiftçi tarlalarından toprak örnekleme yapılmış ve uygun olan toprak seçilmiştir. Araştırmada kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2. 1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Tekstür	pH	EC	O.M	Kireç	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
		dS m ⁻¹	-----%	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
			-					---		
Tımlı	5.11	0.11	2.07	0.96	20	116	9.71	0.13	0.35	8.68

Araştırmada kullanılan toprağın analizlerinde standart yöntemler kullanılmıştır. Toprakların bünyesi Bouyocous (1951), toprak pH’sı (Jackson 1958), EC (U.S. Salinity Laboratory Staff 1954), organik madde Walkey ve Black (Jackson 1964), toprağın kireç’i Scheibler Kalsimetresi (Çağlar, 1949), alınabilir fosfor (Olsen, S. R., F.S. Watanable 1957), alınabilir potasyum Pratt (1965), alınabilir Fe, Cu, Zn ve Mn DTPA’da ekstrakte edilerek Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirilen yöntemlerle belirlenmiştir.

Araştırmada kullanılan bitki materyalleri bölgede uzun yıllar yetiştirilen ve bölgeye iyi adaptasyon sağlamış 7 farklı yerel mısır genotipiyle yürütülmüştür. Bu genotipler Ordu ilinin Aybastı, Çamaş, Çatalpınar, Gököy, Gülyalı, Perşembe, Ulubey ilçelerinden toplanmıştır (Çizelge 2.2).

Çizelge 2. 2. Mısır genotiplerinin alındığı lokasyonlar

GENOTİPLER	ALINDIĞI İL	ALINDIĞI İLÇE	MAHALLE-KÖY
1	ORDU	Çamaş	Örmeli
2	ORDU	Çatalpınar	Merkez
3	ORDU	Ulubey	Doğlu
4	ORDU	Gököy	Güzelyurt
5	ORDU	Aybastı	Merkez
6	ORDU	Perşembe	Okçulu
7	ORDU	Gülyalı	Hoşköy

2.1. Saksı Denemesinin Tanıtımı

Sera koşullarında düşük Zn (0 mg Zn kg^{-1}) ve yüksek Zn (8 mg Zn kg^{-1}) dozlarının uygulanmasıyla 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Plastik 8 nolu her saksıya 4 mm'lik elekten elenmiş hava kurusu 3 kg toprak ilave edilmiştir. Ekimden önce temel gübreleme için $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ formunda 300 mg N kg^{-1} , KH_2PO_4 formunda 150 mg P kg^{-1} ($=187.5 \text{ mg K kg}^{-1}$) çözelti şeklinde uygulanmıştır. Daha sonra Zn 0 ve Zn 8.0 mg kg^{-1} olacak şekilde $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ formunda Zn uygulaması yapılmıştır. Her saksıya 10 adet tohum ekilmiş ve çimlenme sonrası 4 bitkiye seyreltilmiştir. Bitkiler yaklaşık 9 haftalık (61 gün) yetiştirme periyoduyla çiçeklenme öncesinde toprak seviyesinden 1 cm yukarıdan olacak şekilde hasat edilmiştir.

2.2. Yeşil Aksam Bitki Analizi

Hasat edilen bitkiler saf su ile yıkanıp 48 saat süresince $65 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de kurutulmuş ve kuru ağırlıkları belirlendikten sonra agat değirmende öğütülmüştür. Öğütülen bitki örneklerinden 200 mg tartılarak mikro dalga tüplerine aktarılmıştır. Mikrodalga tüplerinin üzerine 2 ml saf su, 2 ml H_2O_2 (% 30'luk) ve 4 ml HNO_3 (% 65'lik) içeren bir karışımı içinde yakılmıştır (Cem Mars, microwave Acceleration Reaction System). Yakılan örnekler oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra saf su ile 20 ml'ye tamamlanarak mavi bant filtre kağıdında süzümüştür. Yeşil aksamdaki Zn konsantrasyonu ICP-OES (Varian ICP-OES Vista Pro) ile belirlenmiştir.

2.3. Bitkilerde Çinko (Zn) Etkinliğinin Hesaplanması

Saksı denemelerindeki mısır genotiplerinin Zn etkinliğini belirlemede "Zn-efficiency" indeksi kullanılmıştır (Graham 1984). Mısır genotiplerinin Zn etkinliğinde *Zn efficiency* (etkinliği) = $(100) \times \text{Verim} (-\text{Zn}) / \text{Verim} (+\text{Zn})$ eşitliği kullanılmıştır. Etkin genotiplerin hesaplamasında Zn etkinlik oranı $85 \geq$ ise genotipler etkin olarak, $85 \leq$ olduğunda da etkin olmayan genotip olarak kabul edilmiştir (Wang Q.R, 2005). Zn etkinlik değeri 100'e yaklaştıkça mısır genotiplerinin Zn noksanlığına karşı dayanıklı oldukları, 0' a yaklaştıkça mısır genotiplerinin Zn noksanlığına duyarlılığının fazla olduğunu ifade etmektedir.

3. Tartışma ve Bulgular

3.1. Düşük ve Yüksek Çinko (Zn) 'lu Koşullarda Gövde Kuru Madde Miktarı

Çinko uygulanmayan kontrol (0 mg Zn kg^{-1}) dozunda 7 yerel mısır genotipinin ürettikleri kuru madde verimi birbirinden farklı olmuştur. En düşük kuru madde veriminin $6.77 \text{ g bitki}^{-1}$ ile 6 nolu genotipte iken en yüksek kuru madde verimi $8.77 \text{ g bitki}^{-1}$ olarak 4 nolu genotipte olduğu bulunmuştur. Yüksek Zn $8.0 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ uygulamasında en yüksek kuru madde verimi $10.10 \text{ g bitki}^{-1}$ ile 6 numaralı genotipte saptanmıştır (Çizelge 3.1). Diğer yerel mısır genotiplerinin de bu değerler arasında dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda mısırın Zn eksikliğinden çok fazla etkilendiği ve Zn eksikliğine karşı dayanıksız olduğu görülmüştür. Benzer şekilde Brown (2008) tarafından yapılan çalışmada mısır çeşitlerinin çok çeşitli varyetelerde olduğu ve Zn eksikliğine duyarlı olduklarını ve buna bağlı olarak mısır çeşitlerinin verimlerinin etkilendiği açıklanmıştır. Yerel mısır genotipleri üzerinde yürütülen bu çalışmada genotipler arasında önemli farklılıklar oluşması bitkilerin Zn kullanım etkinliğindeki farklılıklardan dolayı meydana gelmiştir.

Bitki türleri hatta aynı türün çeşitleri arasında Zn kullanımı açısından farklılıklar olduğu bildirilmektedir (Marschner 1993).

Çizelge 3. 1. Sera Koşullarında düşük ($Zn_0= 0 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ toprak) ve yüksek ($Zn_8= 8 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ toprak) Zn uygulamaları altında 61 gün süreyle yetiştirilen 7 farklı mısır genotipinin gövde kuru madde verimi (g bitki^{-1})

Zn Dozları (mg Zn kg^{-1})	Zn 0	Zn 8
Genotipler	g bitki^{-1}	g bitki^{-1}
1	6.93	9.18
2	7.28	8.78
3	6.87	9.73
4	8.77	9.08
5	7.35	9.20
6	6.77	10.10
7	7.82	8.63

Artan dozda Zn uygulamasının kuru madde verimine verdiği tepkinin başka araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir (Singh ve ark 2005; Hajibolat ve Salehi 2006; Xu ve ark 2013; Öner 2015). Çinko noksanlığının şiddetli olduğu alanlarda fosforlu gübrelmeyle noksanlık daha da şiddetlenmektedir. Örneğin, İbrikci ve ark (2009) tarafından yapılan bir araştırmada yüksek pH'ya ve düşük Zn içeriğine sahip olan bir toprakta artan dozda P'lu gübre uygulamasıyla mısır bitkilerinde Zn noksanlığının şiddetlenmesine bağlı olarak kuru madde veriminde düşüş olduğu belirtilmiştir. Çinko noksanlığına karşı duyarlılık bitkiden bitkiye farklılık göstermektedir. Özellikle tahıl ürünlerinin veya aynı türün çeşitleri arasında Zn eksikliğine karşı gösterdikleri tepkilerin birbirinden oldukça farklı olabileceği açıklanmıştır. Zn noksanlığına karşı yapılan gübrelemelere çeşitli bitkilerin vermiş oldukları tepkilerin birbirinden farklılık gösterdiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Örneğin, mısır'da (Gondek 2009 ; Chaab ve ark 2011; Rastija ve ark 2011; Puga ve ark 2013; Yerokun ve Chirwa 2014; Xu ve ark 2014; Manzeke ve ark 2014) ve buğdayda (Grewal ve ark 1996 ; Erenoglu ve ark 1999; Öztürk ve ark 2006; Mai ve ark 2011; Wang ve ark, 2012) artan Zn uygulamalarıyla birlikte kuru madde veriminde artışların olduğunu saptamışlardır.

3.2. Yerel Mısır Genotiplerinin Çinko Kullanım Etkinliği

Düşük Zn (0 mg Zn kg^{-1}) ve yüksek Zn ($8.0 \text{ mg Zn kg}^{-1}$) doz uygulamalarında yetiştirilen 7 farklı yerel mısır genotiplerinin kuru madde verimleri ile Zn etkinlikleri arasındaki ilişki Çizelge 3.2' de sunulmuştur. En düşük Zn etkinlik oranı %67 iken en yüksek Zn kullanım etkinliği %97 olup 4 nolu genotipte bulunmuştur. 7 yerel mısır genotipleri arasında 2 genotipin Zn'a karşı verdiği tepki yönünden etkin olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.2). Yerel mısır genotipleri arasında 4 ve 7 nolu genotipin Zn etkinlik oranları sırasıyla %97 ve %91 olarak bulunmuştur. Geriye kalan 4 genotipin ise Zn etkinlik oranları 85'in altında olduğundan etkin olmayan genotipler olduğu saptanmıştır. Denemede kullanılan genotiplerin kuru madde verimi düşük Zn uygulamasında beklendiği gibi azalmıştır. Ancak, etkin genotiplerin düşük Zn'lu koşullarda diğer genotiplere göre daha fazla kuru madde ürettiği saptanmıştır.

Çizelge 3. 2. Sera Koşullarında düşük ($Zn_0= 0 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ toprak) ve yüksek ($Zn_8= 8 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ toprak) Zn uygulamaları altında 61 gün süreyle yetiştirilen 7 farklı mısır genotipinin kuru madde verimleri ile çinko etkinlikleri arasındaki ilişki (%)

Zn Dozları (mg Zn kg^{-1})	Zn 0	Zn 8	Zn Etkinlik Oranı %
Genotipler			
1	6,93	9,18	75
2	7,28	8,78	83
3	8,87	9,73	71
4	8,77	9,08	97
5	7,35	9,20	80
6	6,77	10,10	67
7	7,82	8,63	91

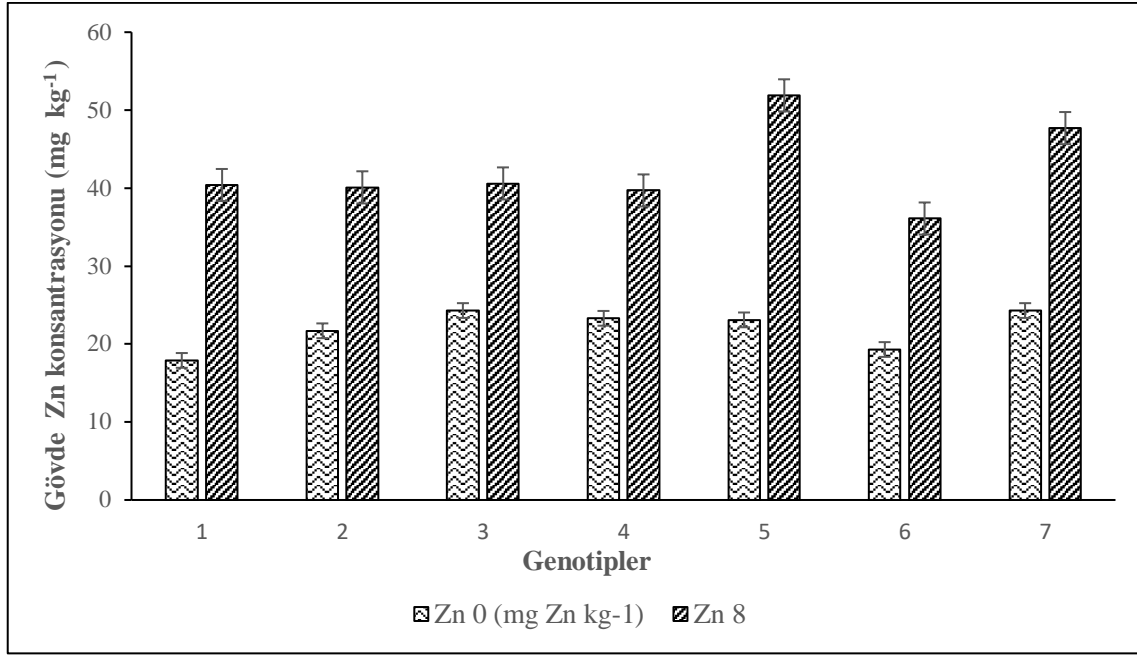


Şekil 3.1. Sera Koşullarında düşük ($Zn_0= 0 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ toprak) ve yüksek ($Zn_8= 8 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ toprak) Zn uygulamaları altında 61 gün süreyle yetiştirilen 4 nolu genotipin etkinlik görünümü.

Genotipler arasında düşük Zn (0 mg Zn kg^{-1}) ve yüksek Zn ($8.0 \text{ mg Zn kg}^{-1}$) uygulamalarında 4 nolu genotip bitki büyümeleri bakımından Zn'ca etkin olarak bulunmuştur (Şekil 3.1).

3.3. Düşük ve Yüksek Çinko (Zn) 'li Koşullarda Gövde Zn Konsantrasyonu

Çinko uygulamalarına bağlı olarak tüm genotiplerin Zn konsantrasyonlarında önemli oranda artışlar olmuştur ($P < 0.001$) (Şekil 3.2). Mısır genotipleri arasında düşük dozda yeşil aksam Zn konsantrasyonu 1 nolu genotipte 0 mg Zn kg^{-1} uygulamasında en düşük 17.9 mg kg^{-1} iken en yüksek çinko konsantrasyonu 51.9 mg kg^{-1} olarak 8 mg Zn kg^{-1} uygulamasında 5 nolu genotipte bulunmuştur. Genotipler arasında 6 numaralı genotipin ortalama Zn konsantrasyonu 27.7 ile en düşük olarak bulunurken, 37.5 mg kg^{-1} çinko konsantrasyonuna sahip 5 numaralı genotip en yüksek ortalama değere sahiptir.



Şekil 3. 2. Sera Koşullarında düşük ($Zn_0 = 0 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ toprak) ve yüksek ($Zn_8 = 8 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ toprak) Zn uygulamaları altında 61 gün süreyle yetiştirilen 7 farklı mısır genotipinin gövde çinko konsantrasyonu.

Zn uygulamasına karşı genotiplerin vermiş oldukları tepkiler içerisinde geniş bir varyasyonun olması verim üzerine doğrudan etkili olmaktadır. Çinko eksikliği durumunda bitkilerin hem fizyolojik olarak etkilendiği hem de büyüme geriliği gösterdiği yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Welch ve ark 1982; Brown ve ark 1993; Marschner 1995; Torun 1997; Ekiz ve ark 1998; Çakmak 2000; Alloway 2008). Literatürde mısır bitkisine artan dozlarda Zn uygulamasıyla yeşil aksamında Zn konsantrasyonunun arttığı ve bunun sonucunda da verim artışlarının olduğu bildirilmektedir (Singh ve ark 2005; Hajibolat ve Salehi 2006; Xu ve ark 2013; Mari ve ark 2015).

4. Sonuç ve Öneriler

Çinko eksikliğinde mısır genotiplerinin gövde gelişimleri olumsuz etkilenmektedir. Çinko noksanlığında mısır genotipleri arasında noksanlık belirtilerinin ortaya çıkış zamanı ve şiddeti birbirlerinden farklı olmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre, özellikle yetersiz çinko koşullarında yetiştirilen mısır genotiplerine çinko uygulanması ile birlikte bitkilerin gövde kuru madde verimlerinde ve Zn konsantrasyonlarında önemli oranda artış

olduğu bulunmuştur. Yedi yerel mısır genotipinde; kuru madde miktarı esas alınarak yapılan Zn kullanım etkinliklerine göre 4 ve 7 nolu genotipler etkin olarak bulunmasına karşılık diğer genotipler ise etkin olmayan genotip olarak sınıflandırılmıştır.

Çinko kullanımını açısından elde edilen etkin genotiplerin kaybolmadan toplanıp tanımlanması ve bunların bitki ıslah programlarında aktif olarak kullanılmaları büyük önem taşımaktadır. Etkin genotiplerin belirlenmesiyle Zn eksikliği koşullarında mısırdaki verim ve kaliteyi düşürmeksizin Zn'lu gübrelerin kullanımının azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak ülkemiz topraklarının yaklaşık olarak yarısına yakınında Zn eksikliğinin görülmesi nedeniyle Zn'ca etkin bitki çeşitlerine tarımsal üretimde yer verilmesi hem ekonomik açıdan hem de daha az işgücü kullanılması bakımından son derece önemlidir.

Teşekkür

Bu araştırma Ordu Üniversitesi Bilimsel Projeleri Destekleme (BAP) Birimi tarafından TF- 1463 nolu projeye desteklenmiştir.

Kaynaklar

1. Alloway, B.J., 2004. Zinc in soils and crop nutrition. International Zinc Association Communications. IZA Publications, Brussels.
2. Alloway, B. J., 2008. Zinc in soils and crop nutrition. IZA Publications, International Zinc Assoc.: Brussels.
3. Bouyoucos, G. L., 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*. (43):434-438.
4. Brown, P.H., Çakmak, I. and Zhang, Q., 1993. Form and function of zinc in plants. Chap 7 in Robson, A.D. (ed) *Zinc in Soils and Plants*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp 90-106.
5. Brown, P.H. 2008, micronutrient use in agriculture in the united states of america: current practices, trends and constraints. Chap. 11, In Alloway, B.J. (ed.) *Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production*, Springer, Dordrecht, pp 267-286.
6. Chaab, A., Savaghebi, G.R., Motesharezadeh, B., 2011. Differences in the zinc efficiency among and within maize cultivars in a calcareous soil. *Asian Journal of Agricultural Sciences* 3(1): 26-31.
7. Çağlar, K.Ö., 1949. Toprak Su Koruma Mühendisliği. Çukurova Univ. Zir. Fak. Yayın No: 108, Ada.
8. Çakmak I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytologist*. 146, 185-205.
9. Çakmak, I., Atlı, M., Kaya, R., Evliya, H., Ve Marschner, H., 1995. Association of high light and zinc deficiency in cold induced leaf chlorosis in grapefruit and mandarin trees. *J. Plant Physiol.*, 146: 355-360.
10. Ekiz, H., Bağcı, S.A., Kırıl, S., Eker, S., Gultekin, I., Alkan, A. and Çakmak, I. 1998. effects of zinc fertilization of various cereals grown in zinc-deficient calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition*, 21, 2245-2256.

11. Erenoğlu, B., Çakmak, İ., Romheld, V., Derici, R., and Rengel, Z., 1999. Uptake of zinc by rye, bread wheat and durum wheat cultivars differing in zinc efficiency. *Plant and Soil*, 209: 245-252.
12. Eyüpoğlu, F., Kurucu, N., and Talaz, S., 1995. Türkiye topraklarının bitkiye yararlı mikroelementler bakımından genel durumu. *Toprak Gübre Araştırma Ens.* 620/ A-002 Projesi Toplu Sonuç Raporu.
13. Gondek, K., 2009. Zinc content in maize (*Zea Mays L.*) and soils fertilized with sewage sludge and sewage sludge mixed with peat. *Polish J. Of Environ.* Vol. 18, No:3, 359-368.
14. Graham, R. D., Ascher, J. S., And Hynes, S. C., 1992. Selecting zinc efficiency cereal genotypes for soils of low zinc status. *Plant and Soil*. 146: 241-250.
15. Graham, R. D., 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. *Adv. Plant Nutr.* 1, 57—102.
16. Grewal, H.S., Graham, R.D., and Rengel Z., 1996. Genotypic variation in zinc efficiency and resistance to crown rot disease (*Fusarium Graminaearum* Schw. Group 1) in wheat. *Plant and Soil*, 186: 219-226.
17. Hajiboland, R. and S.Y. Salehi, 2006. Characterization of Zn efficiency in Iranian rice genotypes I. Uptake efficiency. *Plant Physiol.*, 32: 191-206.
18. İbrikci, H., Ülger A. C., Kormaz, K., Okdem, A., Büyük, G., Amar, B., Konuskan, O., Karnez, E., Özgentürk, G., Oğuz, H. and Ryan, J., 2009. Genotypic responses of corn to phosphorus fertilizer rates in calcareous soils. *Communications in Soil Science & Plant Analysis.* (40):1418–1435.
19. Jackson M.L., (1958). *Soil Chemical Analysis*, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, Usa, Pp.1-498.
20. Lindsay, W.L. and Norvell, W.L. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, copper. *Soil. Sci. Soc. Am.*, 42:421-428.
21. Mai, W.X., Tian, X.H., Gale, W.J., Yang, X.W., LU, X.C., 2011. Tolerance to Zn deficiency and P-Zn interaction in wheat seedlings cultured in chelator-buffered solutions. *Journal of Arid Land* 3(3): 206-213.
22. Manzeke, G. M., Mtambanengwe, F., Nezomba, H., Mapfumo, P., 2014. Zinc fertilization influence on maize productivity and grain nutritional quality under integrated soil fertility management in Zimbabwe. *Field Crops Research* (166): 128-136.
23. Mari, G. F., Prado, R. M., Caione, G., Campos, C. N. S., 2015. Residual effect of zinc application doses and methods on nutrition and productivity of corn. *American Journal of Plant Sciences* (6): 298-305.
24. Marschner, H., ve Çakmak, İ., 1989. High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zinc-, potassium- and magnesium deficient bean (*Phaseolus Vulgaris*) plants. *Journal of Plant Physiology*.
25. Marschner, H., 1993. Zinc uptake from soils. Chap 5 in Robson, A.D. (ed.) *Zinc in soil and plants*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 48-78.
26. Marschner, H., 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. Second Edition. Academic Press, NewYork, USA.
27. Olsen, S. R., Watanable, F. S., 1957. A Method to determine a phosphorus adsorption maximum for soils as measured by the langmuir isotherm. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* (21): 144-149.

28. Öner, F., Yılmaz, N., Sezer, İ., Atıcı, F.Ö., 2015. Bazı Atdışı Mısır (*Zea mays indendata L.*) Çeşitlerinin Verim ve Verim Komponentlerinin Belirlenmesi. Harman Time Dergisi. Ekim 2015 Yıl: 3, Sayı:32. ISSN: 2147-6004.
29. Öztürk, L., Yazıcı, M.A., Yucel, C., Torun, A., Cekic, C., Bagci, A., Ozkan, H., Braun, H., Sayers, Z., Cakmak, I., 2006. Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat. *physiol. Plant.* 128, 144–152.
30. Prat, P.F., 1965. Potassium pp: 1022-1030, Sodium pp: 1031-1034. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Mikrobiological Properties.* Ed. C.A. Black. Amer. Soc. Of agron. Inc. Pub. Agron. Series No:9.
31. Puga, A. P., Prado, R.M., Fonseca, I.M., Vale, D.W., Avalhaes, C.C., 2013. Ways of applying zinc to maize plants growing in oxisol: Effects on the Soil, on Plant Nutrition and on Yield. *Idesia (Chile)* (31).
32. Rastija, M., Kovacevic, V., Simic, D., Rastija, D., 2011. Zinc as a plant nutritional problem in the Eastern Croatia Soil. *Plant and Food Interactions.*
33. Sillanpaa, M., 1982. Micronutrient and the nutrient status of soils. *A Global Study FAO Soils Bulletin, No:48.,* FAO, Rome, Italy.
34. Sing, B., Natesan, S.K.A., Sing, B.K., USHA, K., 2005. Improving zinc efficiency of cereals under zinc deficiency. *Current Science, Vol.88 No:1.*
35. Torun, M.B., 1997. Değişik tahıl türlerinin ve buğday çeşitlerinin çinko eksikliğine karşı duyarlılığının araştırılması, Doktora tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
36. U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils,* USDA No: 6.
37. Wang, Q.R., 2005. Screening chinese wheat germplasm for phosphorous efficiency in calcareous soils. *Journal of Plant Nutrition,* 28: 489-505.
38. Wang, J., Mao, H., Zhao, H., Huang, D., Wang, Z., 2012. Different increases in maize and wheat grain zinc concentrations caused by soil and foliar applications of zinc in loess plateau, China. *Field Crops Research* (135): 89-96.
39. Welch, R.M, Webb M.J. and Loneragan, J.F., 1982. Zinc in membrane function and its role in phosphorus toxicity [Crops]. In *Plant Nutrition 1982: Proceedings of the Ninth International Plant Nutrition Colloquium, Warwick University, England, August 22-27, 1982.* Ed. A Scaife. pp 710-715.
40. Xu, X.P., He, P., Pampolino, M.F., Chuan, L.M., Johnshon, A.M., Qiu, S.J., Zhao, S.C., Zhou, W., 2013. Nutrient requirements for maize in china based on QUEFTS analysis. *Field Crops Res.* 150, 115–125.
41. Xu, X.P., Xu, X.P., He, P., Pampolino, M.F., Johnshon, A.M., Qiu, S.J., Zhao, S.C., Chuan, L.M., Zhou, W., 2014. Fertilizer recommendation for maize in china based on yield response and agronomic efficiency. *Field Crops Research* 157 (2014), 27–34.
42. Yerokun, O. A., and Chirwa, M., 2014. Soil and foliar application of zinc to maize and wheat grown on a zambian alfisol. *African Journal of Agricultural Research* (11): 963-970.

Mevcut Bir Okul Binasının Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e Göre Yapısal Düzensizliklerinin İncelenmesi

Özlem ÇAVDAR^{1*} , Abdulsamet YOLCU¹ 

¹Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü,
Gümüşhane

(Geliş Tarihi/Recived Date: 31.10.2018; Kabul Tarihi/Accepted Date: 01.12.2018)

Öz

Birçok ülkenin yapı mühendisliği ile ilgili yönetmeliklerinde yer alan deprem davranışı ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkeleri son yayınlanan Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018' de önemli bir yer teşkil etmektedir. Deprem yer hareketi, yapısal modelleme ve yapısal eleman davranışlarındaki belirsizlikler yanında analiz ve tasarım yöntemlerindeki yaklaşımlar nedeni ile binanın deprem davranışının öngörülebilir olmasını sağlamak üzere taşıyıcı sistemin olabildiğince sade ve basit olması, deprem etkisi altında tasarımın temel kuralıdır. Bu çalışmanın amacı, planda ve düşeyde düzensizlik durumları içeren mevcut bir okul binasının Türk Bina Deprem yönetmeliği 2018'e göre düzensizlikler açısından değerlendirmektir. Bu amaca yönelik olarak Gümüşhane Aysin Rafet Ataç İlköğretim Okulunun spektrum analizi gerçekleştirilerek planda ve düşeyde düzensizlik durumları için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Betonarme perdeli yapı, Spektrum analizi, Planda düzensizlikler, Düşeyde düzensizlikler

Investigation of Structural Irregularities of an Existing School Building According to Turkish Building Earthquake Code-2018

Abstract

The earthquake behavior and earthquake resistant structure design principles in many countries structural engineering regulations have an important place in the last published Turkey Building Earthquake Regulation 2018. The basic rule of design under earthquake is that being as basic and simple as bearing system to provide predictability of building earthquake behavior because of besides uncertainties as well as earthquake motion, structural modelling and structural element behavior, approximations in the structural analysis and design methods. The aim of this study is to evaluate an existing school building with vertical and plan term of irregularities according to Turkish Building Earthquake Regulations 2018. For this purpose, spectral analysis of Gümüşhane Aysin Rafet Ataç Elementary School was performed and evaluated separately for vertical and plan.

Keywords: Reinforced concrete shear wall structure, Spectral analysis, Plan irregularity, Vertical irregularity

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: ozlem_cavdar@hotmail.com

1. Giriş

Ülkemiz topraklarının yaklaşık %92'si, nüfusunun %95'i, sanayi tesislerimizin %98'i ve barajlarımızın %92'si aktif deprem kuşağında yer bulunmaktadır. Nüfusumuzun %21.5'i birinci derece ve %31.4'ü ikinci derece deprem bölgesinde yaşamaktadır. Her yıl milli gelirimizin %0.8'ini depremlerin yaptığı hasarları karşılamak için kullanmaktayız. Türkiye'de bir asırda büyüklüğü 6 ve üzerinde gerçekleşen 56 deprem meydana geldi. Bu depremlerde 81 bin 637 kişi hayatını kaybetmiştir. 1992 yılında gerçekleşen Erzincan depreminde 653 kişi hayatını kaybetmişti. 1999 yılındaki Marmara depreminde 17 bin 480 kişi son olarak 2011'de Van'da gerçekleşen 7.2 şiddetindeki depremde ise 644 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu gibi sebeplerden dolayı deprem incelemeye değer en önemli doğa olayıdır. Çünkü mevcut bilimsel araştırmalar ve sahip olduğumuz teknoloji, depremin ne zaman ve nerede olacağını önceden tahmin etmemizi sağlamadığı için ani tedbirler almak mümkün değildir. Ayrıca depremin bu belirsizliği alınacak tedbirlerin topyekün olmasını gerektirmektedir (AFAD,2018).

2018 deprem yönetmeliğinde yer alan deprem tehlike analizi kavramıyla birlikte özellikle daha önceki yönetmeliklerde üçüncü, dördüncü derece deprem bölgesinde yer alan illerde yapılara etkileyen deprem yüklerinde önemli oranda değişiklikler olmuştur Tunç & Tanfener (2016). Bu bağlamda Deprem bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007'ye (DBYBHY-2007) göre üçüncü derece deprem bölgesinde bulunan Gümüşhane merkezde yer alan okul binası Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e (TBDY-2018) göre yapısal düzensizlikler bakımından değerlendirilmiştir.

2. Deprem Yönetmeliğine Göre Yapılardaki Düzensizlik Türleri

Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de (TBDY-2018) belirtilen düzensizlik türleri aşağıdaki Çizelge de özetlenmiştir.

Çizelge 1: TBDY-2018'de tanımlı düzensizlik türleri

A) Planda düzensizlik türleri	B) Düşeyde düzensizlik türleri
A-1) Burulma düzensizliği	B-1) Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Yumuşak kat)
A-2) Döşeme süreksizliği	B-2) Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Zayıf Kat)
A-3) Planda çıkıntılar bulunması	B-3) Düşey elemanlarının süreksizliği

Düzensizlik durumları TBDY-2018'de detaylı bir şekilde tanımlanmıştır. Bu çalışmada incelenen yapıda bu düzensizliklerden mevcut olan burulma düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği bağıntıları verilmiştir.

Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmalarını durumunda;

$$(\Delta i)_{ort} = 1/2 [(\Delta i)_{max} + (\Delta i)_{min}] \quad (1)$$

$$\eta_{bi} = (\Delta i)_{max} / (\Delta i)_{ort} \quad (2)$$

$$\eta_{bi} > 1.2 \quad (3)$$

Eşitlik 1-3 'de kendi düzlemleri içerisinde döşemelerin rijit diyafram olarak çalışması halinde, burulma düzensizliği katsayısı ve burulma düzensizliği durumu verilmiştir. Bu eşitliklerde yer alan $(\Delta i)_{ort}$, binanın i'nci katındaki ortalama azaltılmış görel kat ötelemesi, $(\Delta i)_{min}$, binanın i'nci katındaki minimum azaltılmış görel kat ötelemesi, $(\Delta i)_{max}$, binanın i'nci katındaki maksimum azaltılmış görel kat ötelemesi, η_{bi} ise burulma düzensizliği katsayısıdır.

Birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, bodrum katlar dışında, herhangi bir i'nci kattaki ortalama görel kat ötelemesi oranının bir üst veya bir alt kattaki ortalama görel kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı η_{ki} 'nin 2.0'den fazla olması durumunda yumuşak kat düzensizliği oluşmaktadır.

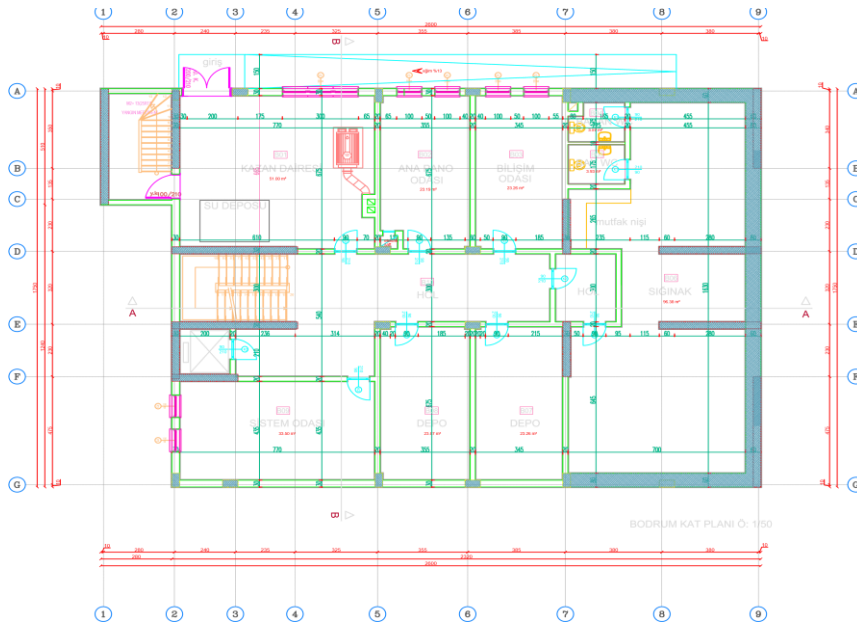
$$\eta_{ki} = (\Delta i^{(x)} / h_i)_{ort} / (\Delta i+1^{(x)} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \quad (4)$$

$$\eta_{ki} = (\Delta i^{(x)} / h_i)_{ort} / (\Delta i+1^{(x)} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \quad (5)$$

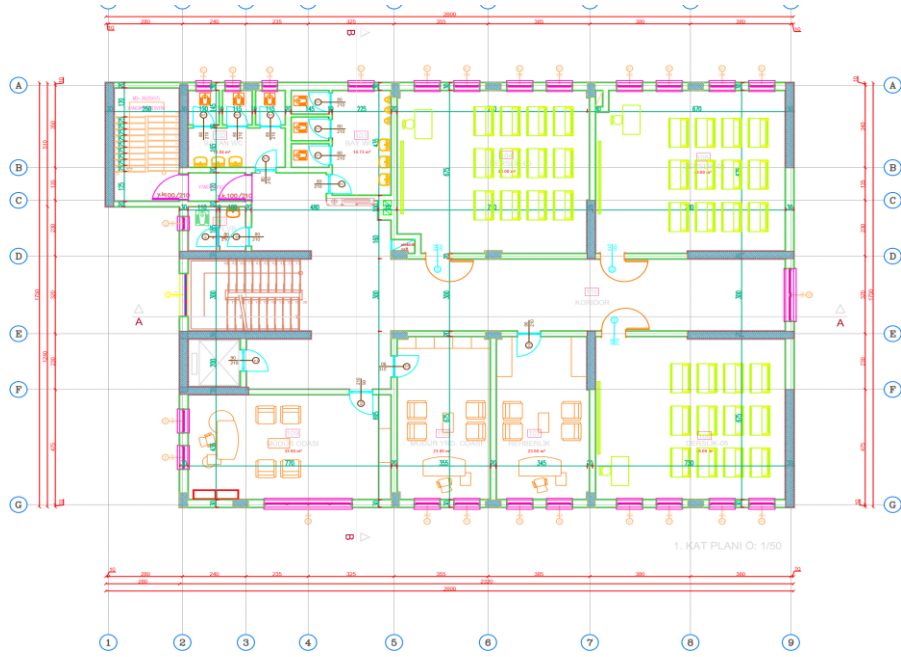
Eşitlik 4-5 'de kendi düzlemleri içerisinde döşemelerin rijit diyafram olarak çalışması halinde, yumuşak kat düzensizliği kat sayısı ve yumuşak kat düzensizliği durumu verilmiştir. Bu eşitliklerde yer alan $(\Delta i)_{ort}$, binanın i'nci katındaki ortalama azaltılmış görel kat ötelemesi, h_i görel kat yüksekliği, η_{ki} yumuşak kat düzensizliği katsayısıdır.

3. Sayısal Uygulama

İncelenen okul binasının kat planları bodrum kat ve 1,2,3,4. katlarının Autocad üzerinden mimari projeleri verilmiştir. Şekil 1-2'te incelenen yapının kat planları verilmektedir. Yapının bodrum katında bir üst katlara oranla en büyük fark A7-A8 aksları ile G7-G9 aksları arasında 60'lık perde bulunması ile B9-F9 aksları arasında da 60'lık perdelerin bulunmasıdır.

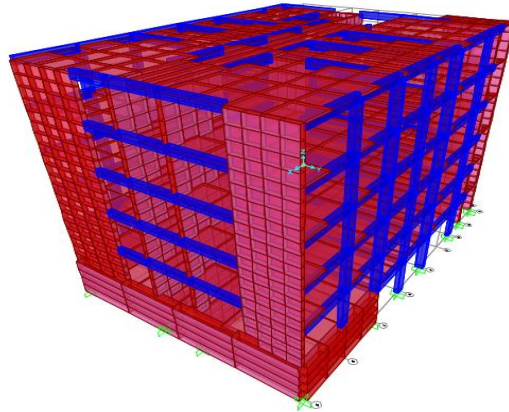


Şekil 1. İncelenen yapının bodrum kat planı



Şekil 2. İncelenen yapının 1,2,3 ve 4. kat planları

Bu çalışmada incelenen betonarme perdeli okul binası SAP2000 (Structural Analysis Program) Wilson (1997) programında modellenerek 2018 deprem yönetmeliğine göre deprem analizi yapılarak yapısal düzensizlikler açısından incelenmiştir (Şekil 1). Beton sınıfı C30, beton çeliği S420 olarak projedeki değerler esas alınmıştır. Kat yüksekliği bodrum ve normal katlarda 3.40 m'dir. Binadaki kiriş boyutları 30x60 cm, kolon boyutları 30x60 cm'dir. Döşeme kalınlığı ise 14 cm olup tüm katlar boyunca aynıdır. Şekil 3'te sonlu eleman modeli görülen okul binasının X yönünde 8 açıklığa, Y yönünde 6 açıklığa sahiptir. Depremin hasar yapıcı potansiyelinin oluşmasında jeolojik yapı önemli olmakla birlikte yerel ve noktasal zemin özelliklerinin önemli etkisi olduğu bilinmektedir. Zeminlerin dinamik ve statik yüklemeler altında farklı davranış göstermeleri ve geoteknik özelliklerinin bölge içinde farklılıklar göstermesi nedeni ile yerleşime açılacak yeni alanların uygunluk bakımından değerlendirilmesi gerekmektedir. Yerleşim bölgelerinin depremden nasıl etkileneceğinin tanımlanması ve değerlendirilmesi için bu bölgelere ait jeolojik tanımlamanın yapılması ve yerel zemin koşullarının ayrıntılı bir şekilde etüd edilmesi gerekmektedir Celep & Kumbasar (2000).



Şekil 3. Okul binasının 3D sonlu eleman modeli

3.1. Spektrum Eğrisinin Hesaplanması ile Periyot ve Yer Değiştirme Değerleri

Yeni deprem tehlikesi haritasında Türkiye'deki her nokta için haritadan S_s ve S_1 değerleri okunabilmektedir. Bunlar sırasıyla $T = 0.2$ saniye kısa periyot ve $T = 1.0$ saniye uzun periyot bölgelerine karşılık gelen harita spektral ivme katsayıları değerleridir. Bu çalışmaya konu olan okul binası Gümüşhane ili merkezinde yer almaktadır. Gümüşhane ili merkez için Türkiye Deprem Tehlike Haritasından (TDTH) alınan $S_1=0.151g$, $S_s=0.430g$, değerleri dikkate alınmıştır.

Bu değerler zemin özelliklerini yansıtan TBDY-2018 yönetmeliğine göre ise ZD zemin sınıfları katsayılarla çarpılarak tasarım spektral ivme katsayılarına (S_{DS} ve S_{D1}) dönüştürülmekte ve tasarım ivme spektrumu bu değerlere bağlı olarak oluşturulmaktadır. TBDY-2018'de Çizelge 2.1. ve Çizelge 2.2'den alınan $F_s=1.544$, $F_1=2.302$ değerleri kullanılarak S_{DS} ve S_{D1} değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$S_{DS}=S_s.F_s \quad (6)$$

$$S_{D1}=S_1.F_1 \quad (7)$$

$$S_{DS}=0.430 \times 1.544=0.664 \quad \text{ve} \quad S_{D1}=0.151 \times 2.302=0.348$$

Hesaplanan bu değerler kullanılarak T_A ve T_B değerleri Eşitlik 8'de aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$T_A=0.2 \frac{S_{DS}}{S_{D1}} \quad , \quad T_B=\frac{S_{DS}}{S_{D1}} \quad (8)$$

$$T_A=(0.2 \times 0.3348) \div 0.664=0.105 \quad \text{ve} \quad T_B=0.3624 \div 0.664=0.524$$

Spektrum eğrisini çizmeden önce son olarak ise TBDY-2018 Eşitlik 2.2'ye göre hesaplanan $S_{ae}(T)$ değerlerinin bir kısmı aşağıda verilmiştir.

$$S_{ae}(0)=(0.4+0.6(0 \div 0.105))0.664=0.2656 \quad 0 \leq T \leq T_A$$

$$S_{ae}(0.05)=(0.4+0.6(0.05 \div 0.105))0.664=0.455 \quad 0 \leq T \leq T_A$$

$$S_{ae}(0.105)=0.664 \quad T_A \leq T \leq T_B$$

$$S_{ae}(0.524)=0.664 \quad T_A \leq T \leq T_B$$

$$S_{ae}(0.7)=0.348 \div 0.7=0.497 \quad T_B \leq T \leq T_L$$

$$S_{ae}(7)=(0.348 \times 6) \div 7^2=0.043 \quad T_L \leq T$$

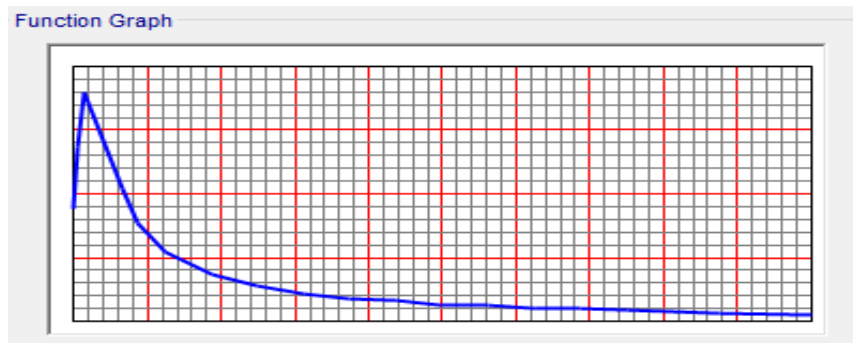
Üst kısımda hesaplanan $S_{ae}(T)$ değerleri, Eşitlik 9-11'de verilen deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$ değerine bölünerek azaltılmış spektrum değerleri Eşitlik 11'e göre ($S_{aR}(T)$) hesaplanmıştır.

$$R_a(T)=\frac{R}{I} \quad (T > T_B) \quad (9)$$

$$Ra(T) = D + \left(\frac{R}{I} - D\right) \frac{T}{T_B} \quad (T \leq T_B) \quad (10)$$

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{Ra(T)} \quad (11)$$

Hesaplanan bu $S_{aR}(T)$ değerlerine göre azaltılmış deprem spektrumu (Şekil 4) elde edilmiştir. Sap 2000 analiz programında spektrum analizi yapılarak elde edilmek istenilen yerdeğiştirme değerleri bulunmuştur.



Şekil 4. ZD zemin sınıfı için hesaplanan azaltılmış spektrum eğrisi

Tasarım spektrumu üzerinde kısa periyot bölgesi spektral katsayının periyoddan bağımsız olarak en yüksek değerleri aldığı ve ivmenin etkin olduğu bölge, uzun periyot bölgesi ise değerlerin periyoda bağlı olarak azaldığı ve hızın etkin olduğu bölgedir. İlk kez, 1997 yılına ait Amerikan yapı yönetmeliklerinde yayınlanan tasarım spektrumu yeni yönetmelikle birlikte Türkiye için de tanımlanmıştır Ghosh (2001).

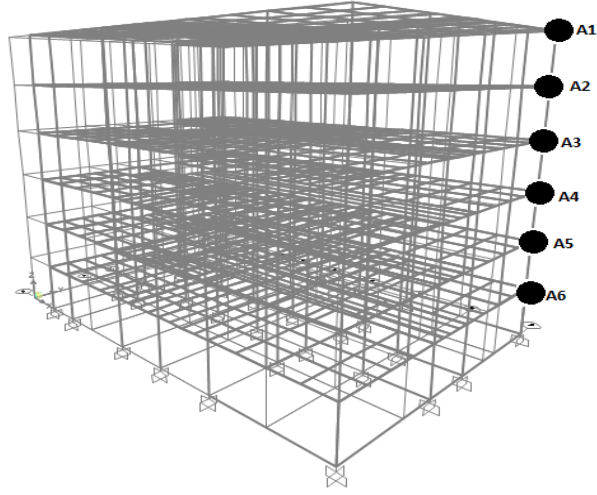
Yapının TBDY2018'e göre bina kullanım sınıfı BKS=1, Bina önem katsayısı I=1.5, Deprem Tasarım Sınıfı DTS=2a, Bina yükseklik sınıfı BYS=5 olarak dikkate alınmıştır.

Yapının analizinden sonra hesaplanan ilk üç periyot T_1, T_2 ve T_3 değerleri Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. Yapının periyot ve frekans değerleri

Mod	Periyot (T)(sn)	Frekans (Hz)
1.mod	0,62153	1,60892
2.mod	0,46125	2,16803
3.mod	0,38637	2,58822

Yapının bir aksında meydana gelen X ve Y yönlerindeki yer değiştirme değerleri tasarım spektral ivme yöntemine göre Çizelge 3-4'te verilmektedir. Bu değerler Şekil 5'te gösterilen akstaki düğüm noktalarına göre verilmektedir.



Şekil 5. Yer Değişirmelerin İncelendiği Düğüm Noktaları

Çizelge 3. Yapının X doğrultusu için oluşan yerdeğişirme değerleri

Düğüm Noktası	Kombinasyon	Yer Değişirme Değeri (cm)
A1	G+Q+EX	1.325
A2	G+Q+EX	1.029
A3	G+Q+EX	0.732
A4	G+Q+EX	0.447
A5	G+Q+EX	0.201
A6	G+Q+EX	0.026

Çizelge 4. Yapının Y doğrultusu için oluşan yerdeğişirme değerleri

Düğüm Noktası	Kombinasyon	Yer Değişirme Değeri (cm)
A1	G+Q+EY	1.904
A2	G+Q+EY	1.529
A3	G+Q+EY	1.1402
A4	G+Q+EY	0.745
A5	G+Q+EY	0.358
A6	G+Q+EY	0.038

3.2. İncelenen Yapının Düzensizlik Hesapları

Aşağıda düzensizliklerin irdelenmesi için yapılan hesaplarda +X ve +Y deprem yönlerinde elde edilen hesap sonuçları verilmiştir.

3.2.1. A1- Burulma Düzensizliği İrdelenmesi

Çizelge 5-6'da burulma düzensizliği katsayısının, η_{bi} , hesaplanması için gerekli olan görelî kat ötelemeleri ve burulma katsayısı okul binasının X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı hesap edilmiştir.

Çizelge 5. X doğrultusunda burulma düzensizliği hesabı

Kat	d_{imin}	d_{imax}	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0.882	1.325	0.296	0.199	0.248	1.19
3	0.683	1.029	0.297	0.202	0.249	1.19
2	0.481	0.732	0.285	0.193	0.239	1.19
1	0.288	0.447	0.246	0.160	0.203	1.21
Zemin	0.128	0.201	0.175	0.107	0.141	1.24
Bodrum	0.021	0.026	0.026	0.021	0.024	1.08

Çizelge 6. Y doğrultusunda burulma düzensizliği hesabı

Kat	d_{imin}	d_{imax}	$(\Delta_i)_{max}$	$(\Delta_i)_{min}$	$(\Delta_i)_{ort}$	η_{bi}
4	0.743	1.904	0.375	0.160	0.268	1.40
3	0.583	1.529	0.389	0.162	0.275	1.41
2	0.421	1.140	0.395	0.156	0.275	1.44
1	0.265	0.745	0.387	0.134	0.260	1.49
Zemin	0.131	0.358	0.320	0.121	0.220	1.45
Bodrum	0.01	0.038	0.038	0.010	0.024	1.58

Binada X doğrultusunda zemin ve 1. katlarda $\eta_{bi} > 1,2$ olduğundan dolayı bu katlarda X doğrultusunda burulma düzensizliği olduğu görülmektedir. Y doğrultusunda ise tüm katlarda $\eta_{bi} > 1,2$ olduğu için tüm katlarda burulma düzensizliği görülmektedir.

3.2.2 A2- Döşeme süreksizliklerinin irdelenmesi

TBDY-2018'de herhangi bir kattaki döşemede, merdiven ve asansör boşlukları dahil boşluk alanları toplamının brüt alanının 1/3 (0,33)'ünden fazla olması durumunda oluşmaktadır. Çizelge 7'de incelenen okul binasında döşeme süreksizliği söz konusu değildir.

Çizelge 7. Boşluk alanı / Kat alanı

Kat	Kat alanı	Boşluk alanı	Oran	Kontrol
4	420,28	29,40	0,07	Sağladı
3	420,28	29,40	0,07	Sağladı
2	420,28	29,40	0,07	Sağladı
1	420,28	29,40	0,07	Sağladı
Zemin	420,28	29,40	0,07	Sağladı
Bodrum	420,28	29,40	0,07	Sağladı

I – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu bulunmamaktadır.

II – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu bulunmamaktadır.

3.2.3. Planda Çıkıntılar Bulunması

Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu bulunmamaktadır.

3.2.4. B1 – Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

Çizelge 8. X doğrultusunda zayıf kat düzensizliği

Kat	A- Kolon m ²	A-Perde m ²	A- Duvar m ²	Etkili Kesme Alanı m ²	η_{ci} m ²
	$\sum A_w$	$\sum A_g$	$\sum A_k$	$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k$	$(\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1}$
4	2,52	6,15	8,2	9,9	1
3	2,52	6,15	8,2	9,9	1
2	2,52	6,15	8,2	9,9	1
1	2,52	6,15	8,2	9,9	1
Zemin	2,52	6,15	8,2	9,9	1
Bodrum	1,98	15,51	5,88	18,372	0,539

Çizelge 9. Y doğrultusunda zayıf kat düzensizliği

Kat	A- Kolon m ²	A-Perde m ²	A-Duvar m ²	Etkili Kesme Alanı m ²	η_{ci} m ²
	$\sum A_w$	$\sum A_g$	$\sum A_k$	$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \sum A_k$	$(\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1}$
4	2,52	6,9	3,804	9,9906	1
3	2,52	6,9	3,804	9,9906	1
2	2,52	6,9	3,804	9,9906	1
1	2,52	6,9	3,804	9,9906	1
Zemin	2,52	6,9	3,804	9,9906	1
Bodrum	1,98	15,3	2,094	17,5941	0,568

η_{ci} = i'inci katta tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı.

Binada her iki ana doğrultudaki bodrum katta η_{ki} katsayısı 0.80 değerinden küçük olduğu için B1 düzensizliği bulunmaktadır.

3.2.5. B2 – Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Çizelge 10-11'de yumuşak kat düzensizliği katsayısının η_{ki} , hesaplanması için gerekli olan görelî kat ötelemeleri ve burulma katsayısı okul binasının X ve Y doğrultuları için ayrı ayrı hesap edilmiştir.

Çizelge 10. X doğrultusu Yumuşak Kat düzensizliği

Kat	h_i	d_i	Δ_i	$(\Delta_i / h_i)_{ort}$	η_{ki}	
	m	m	m		$\frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort}}$	$\frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort}}$
4	3.4	0.0110	0.0024	0.00071	-	0.95945
3	3.4	0.0086	0.0025	0.00074	1.04225	1.04225
2	3.4	0.0061	0.0024	0.00071	0.95945	1.14516
1	3.4	0.0037	0.0021	0.00062	0.87324	1.51219
Zemin	3.4	0.0016	0.0014	0.00041	0.66129	6.83333
Bodrum	3.4	0.0002	0.0002	0.00006	0.14634	-

Çizelge 11. Y doğrultusu Yumuşak Kat düzensizliği

Kat	h_i	d_i	Δ_i	$(\Delta_i / h_i)_{ort}$	η_{ki}	
	m	m	m		$\frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort}}$	$\frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort}}$
4	3.4	0.013235	0.002675	0.000787	-	0.970407
3	3.4	0.010560	0.002759	0.000811	1.030495	1.002472
2	3.4	0.007801	0.002751	0.000809	0.997534	1.056134
1	3.4	0.005050	0.002605	0.000766	0.946848	1.182099
Zemin	3.4	0.002445	0.002205	0.000648	0.845953	9.126760
Bodrum	3.4	0.000240	0.000240	0.000071	0.109568	-

Binada her iki ana doğrultudaki zemin katta η_{ki} katsayısı 2.0 değerinden büyük olduğu için B2 düzensizliği bulunmaktadır. Diğer katlarda her iki ana doğrultuda η_{ki} katsayısı 2.0 değerinden küçük olduğu için B2 düzensizliği bulunmaktadır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Gümüşhane Aysın Rafet Ataç İlköğretim Okulu'nun TBDY-2018'de tanımlı olan planda ve düşeydeki düzensizlik durumları incelenmiştir. Çalışmada elde edilen veriler incelendikten sonra aşağıdaki sonuçlara varılmaktadır;



- ✓ Yapıda, X doğrultusunda zemin ve 1. Katlarda, Y doğrultusunda ise tüm katlarda burulma düzensizliği görülmektedir.
- ✓ Yapılarda kullanılan perde konumları yapının deprem karşısındaki davranışını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle yapı sistemlerine betonarme perdeler yerleştirilirken burulma oluşturmayacak şekilde her iki yönde simetrik olarak yerleştirilmesine dikkat edilmesi büyük önem arz etmektedir.
- ✓ Yapıda bodrum kattan zemin kata doğru bir anda rijitleştirici perde elemanların azaltılmasından ötürü X ve Y doğrultularında yumuşak kat düzensizliği yapılan hesaplamalar sonucunda oluşmaktadır.
- ✓ Yapıda, planda çıkıntı bulunması, döşeme süreksizlikleri ve düşey elemanlarda süreksizlik düzensizliği görülmemektedir.
- ✓ Türk Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de bazı konuların daha anlaşılabilir hale getirildiği, özellikle binanın bulunduğu konuma göre verilerin alınabilmesi yönünde iyileştirmeler yapıldığı görülmektedir. Bununla birlikte önerilen bazı yenilikler yapı tasarımında karmaşık hesap metotlarının kullanılmasını gerektirmektedir.

5. Kaynaklar

1. AFAD (2018). Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. <https://www.afad.gov.tr/> (Erişim tarihi: 5.10.2018)
2. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2018) Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
3. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
4. Celep, Z., Kumbasar, N., (2000), Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, İstanbul.
5. Ghosh, S.K. (2001). A Necessary Change in the Seismic Design Provisions of the 2000 IBC. PCI Journal: Vol.2, No. 4
6. Tunç G & Tanfener T (2016). 2007 ve 2016 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliklerinin Örneklerle Mukayesesi. 3. Ulusal Yapı Kongresi Ve Sergisi Teknik Tasarım, Güvenlik Ve Erişilebilirlik 24-26 Kasım 2016, Ankara, Mimarlar Odası Ankara Şubesi
7. TDTH (2018). Türkiye Deprem Tehlikesi Haritaları AFAD-2018 <https://tdth.afad.gov.tr>, (Erişim tarihi:10.09.2018)
8. TS500, (2000). Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
9. SAP2000, (2017). SAP 2000 (Structural Analysis Programme), ver 19.2, Computers and Structures Inc. Berkeley, USA

- 10.** Wilson, E & Habibullah, A (1997). Sap 2000 Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual. Computers and Structures, Berkeley

***Stellaria media* Ekstraktlarının Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi ve Fenolik Bileşenlerinin Karakterizasyonu**

Akgül Rakhimzhanova¹ , Özge Kılınçarslan^{1*} , Ramazan Mammadov¹ 

¹Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye

(Geliş Tarihi/Recived Date: 08.10.2018; Kabul Tarihi/Accepted Date: 17.11.2018)

Öz

Caryophyllales ailesine üye olan *Stellaria media* L. türünün etanol ve su ile ekstraktları hazırlanarak toplam fenolik, flavonoid ve antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir. β-Karoten/Linoleik Asit Yöntemine göre (%59.09±1.66) ve CUPRAC yöntemine (IC₅₀:1.19±0.02) göre en yüksek toplam antioksidan kapasite; ve en yüksek DPPH serbest radikal giderim aktivitesi (IC₅₀: 49.72 ±0.57 mg/ml) etanol ekstraktlarında gözlemlenmiştir. En yüksek toplam fenolik (21.43±0.12 mgGAE/g) ve flavonoid (22.300±1.45 mgQE/g) madde miktarları etanol ekstraktlarında tespit edilmiştir. Ayrıca HPLC metodu ile etanol ekstraktlarının fenolik bileşenleri tespit edilmiştir. Fenolik bileşen karakterizasyon sonuçlarına göre en yüksek miktarda tespit edilen fenolik bileşenlerin; epikateşin (1210.99 µg/g) ve p-kumarik asit (506.99 µg/g) olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Stellaria media*, antioksidan, fenolik, flavonoid, HPLC

Determination of Antioxidant Activity and Characterization of Phenolic Compounds of *Stellaria media*' s Extracts

Abstract

In this study, total phenolic and flavonoids amount, antioxidant activity of ethanol and water extracts of *Stellaria media* L. that belong to Caryophyllales, were determined. The ethanol extract of β-carotene/ Linoleic acid total antioxidant activity (%59.09±1.66) and CUPRAC reducing power activity (IC₅₀:1.19±0.02) and DPPH radical scavenging activity (IC₅₀: 49.72 ±0.57 mg/ml) are stronger than water extract. The highest total phenolic (21.43±0.12 mgGAE/g) and flavonoid (22.300±1.45 mgQE/g) content were obtained from ethanolic extract. Also, phenolic compounds of ethanol extract was evaluated with HPLC method. According to results of phenolic compound characterization, epicatechin (1210.99 µg/g) and p-coumaric acid (506.99 µg/g) were observed in highest level from ethanol extract.

Keywords: *Stellaria media*, antioxidant, phenolic, flavonoid, HPLC

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: oklnrsln@gmail.com

1. Giriş

Son yıllarda doğal antioksidanlar sağlığa olan faydalarından dolayı oldukça ilgi çekmektedir (Arnous et al 2001). Bitkiler, reaktif oksijen türlerine (ROT) karşı çeşitli

antioksidatif bileşenler üreterek, doğal antioksidanların potansiyel bir kaynağını oluşturmaktadırlar (Lu & Foo 1995).

Çeşitli metabolik reaksiyonlar sırasında vücudumuzda üretilen ROT, oksijenin kısmen indirgenmesiyle oluşan radikal ve radikal olmayan oksijen türlerini kapsamaktadır. Düşük ROT seviyesi hücrel savunma, hücrelerarası sinyal iletimi gibi hücrel süreçlerde gerekli olduğu gibi, yüksek ROT seviyesi veya antioksidan sistemin yetersizliği oksidatif stres ve çeşitli hastalıklarla (kanser, arterisklerozis, kardiovasküler v.b.) sonuçlanabilir (Cui et al 2012). ROT, vücudumuzda çeşitli biyokimyasal reaksiyonlar sonucu üretildiği gibi bitkilerde de lipit peroksidasyonu sonucu üretilmektedir (Miller & Rice-Evans 1997). ROT oluşumunu engellemek için oluşturulan antioksidan sistem, enzimatik savunmayı (süperoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz, ve katalaz) içerdiği gibi enzimatik olmayan savunmayı da (askorbik asit, a-tokoferol, β -karoten) kapsamaktadır (Mates et al 1999).

Antioksidan etkiyi de kapsayan birçok biyolojik aktiviteye (antimikrobiyal, antiviral, anti-inflamatuar) sahip olduğu rapor edilen, fenoller gibi, bitkisel kimyasallar yenilebilir ve yenilemez bitkilerde yaygın olarak bulunmaktadır (Rice-Evans et al 1995). Bitkilerin ürettiği bu bileşenler ayrıca tirozinaz gibi farmasötik enzimleri inhibe edici özelliklerinden dolayı farmasötik uygulamalarda ilgi çekmektedir (Shi et al 2005).

Stellaria L. Caryophyllales ailesine üye olan, dünya çapında yaklaşık 150-200 türe sahip olan bir cinstir. Tek yıllık ve çok yıllık otları ile yaygın olarak Avrasya'da yayılış göstermektedir (Mahdavi et al 2012). Bu cins, Türkiye' de 11 tür ve 12 takson ile temsil edilmektedir (Güner et al 2012).

Stellaria media, 'sıçan kulağı, kuş otu (chickweed)' olarak bilinen, Avrasya orjinli bir bitkidir. Ot ve çalılardan oluşan bu familyaya ait bazı üyelerin besinsel ve tıbbi öneme sahip olduğu rapor edilmiştir (Singh & Yadav 2010). *S. media*'nın sindirim, boşaltım, solunum ve üreme kanallarındaki rahatsızlıklarda çok yararlı olduğu bilinmektedir. Bu bitki; hemoroid, göz iltihabı, kan hastalıkları ve egzama için çare olarak kullanılmaktadır (Baytop 1984). Tohumlarının tozu ise sütle karıştırılarak çocuklara cilt enfeksiyonu ve alerjik durumlarda verilmektedir. Yanma sonucu oluşan yaralara yaprakları yapıştırılarak uygulanmaktadır (Malik et al 2011). İçsel inflamasyonu, öksürüğü, soğuk algınlığını ve boğaz ağrısını azaltmaktadır (Scully 1960). Belirli solunum patojenlerine karşı etkili olduğu rapor edilmiştir (Fitzpatrick 1954). Bitkinin serinletici, kanamayı durdurucu, yarayı iyileştirici özellikleri ile kemik kırılması ve şişlik durumlarında tedavi edici olarak kullanıldığı bilinmektedir (Shinwari & Khan 2000; Ahmad & Husain 2008). *S. media*'nın içerdiği bazı fenolik asit, flavonoid ve triterpenoid saponin çeşitleri daha önceki çalışmalarla ortaya çıkarılmıştır (Kitanov 1992; Yong-Mei et al 2006; Hodisan & Sancaian 1989).

S. media'nın antioksidan aktivitesini ve toplam sekonder metabolit miktarlarını belirlemek amacıyla daha önce birkaç çalışma yapılmıştır (Sarmah et al 2014; Bukola & Bernard 2011; Salam et al 2011). Ancak bu çalışmada, daha önce yapılmış olan çalışmalara göre farklı bir ekstraksiyon metodu (Mammadov et al 2011) ve farklı çözücüler (etanol ve su) kullanılmıştır. Sarmah et al (2014) *S. media*'nın metanol ekstraktının antioksidan aktivitesini (DPPH) ve total fenolik miktarını belirledikleri çalışmada *S. media*'yı yıkayıp 60°C' de kuruttuktan sonra toz haline getirerek kullanmışlardır. *S. media*'nın toplam flavonoid miktarının belirlendiği bir çalışmada (Rani et al 2012) taze bitki mikserden geçirilip süzöldükten sonra liyofilize edilmiştir. Bukola & Bernard (2011) *S. media*'nın liyofilize edilmeyen metanol ekstraktının antioksidan kapasitesini (DPPH, FRAP)

incelemişlerdir. *S. media*'nın daha önce farklı ekstraktlarla yapılmış olan DPPH radikal giderim aktivitesinin belirlenmesinin yanı sıra toplam antioksidan kapasitesini belirlemek amacıyla β -karoten/Linoleik Asit metodu uygulanmıştır, ayrıca indirgeme gücünü ortaya çıkarmak için CUPRAC yöntemi kullanılmıştır. Rogowska et al 2017, *S. media*'nin su ekstraktının fitokimyasal analizini belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise etanol ekstraktlarının fenolik bileşen karakterizasyonu HPLC metodu ile yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Bitki Materyali

Stellaria media örnekleri, çiçeklenme zamanında, 2017 yılında Denizli/ Kıbrıs Şehitler Mahallesinden toplandıktan sonra, Pamukkale Üniversitesi, Bitki Sistematiği laboratuvarında teşhis edilmiştir.

2.1. Bitki Ekstraktlarının Hazırlanması

Çiçeklenme zamanında toplanan bitki örnekleri teşhis edildikten sonra gölgede kurutulmuştur. Kurutulan bitkiler blender yardımı ile parçalanıp, 10 gr tartılarak erlenlere aktarılmıştır ve üzerlerine 100 ml çözücü (etanol, su) eklenerek çalkalamalı su banyosuna koyulmuştur (6 saat, 55 °C). Süre bitiminde su banyosundan çıkarılan örnekler Whatman no.1 filtre kağıdı kullanılarak amber şişelere süzölmüştür. Bu işlem, aynı prosedür izlenerek 2 kez tekrar edilmiştir.

Süzölen çözeltilerden çözücüyü (etanol) uzaklaştırmak üzere rotary evaporator (48°C, 70 rpm) kullanılmıştır. Farklı çözücülerle (etanol, su) hazırlanan ekstraktların bünyesinde kalan su, liyofilizatör cihazı yardımı ile uzaklaştırılmıştır. Elde edilen ekstraktlar -20°C' de muhafaza edilmiştir (Mammadov et al 2011).

2.2. Biyolojik Aktivitelerin Belirlenmesi

2.2.1 Antioksidan Aktivite Tayin Yöntemleri

2.2.2. β -Karoten/ Linoleik Asit Yöntemi

Bu metot linoleik asidin ısı ve hava oksidasyonu ile serbest radikal zincir reaksiyonu sonucu oluşan alkil peroksitler tarafından β -karotenin renk açılımının izlenmesi temeline dayanır. Reaksiyon mekanizması; β -karoten stok çözeltisi, 2 mg β -karotenin 1 mL kloroformda çözülmesiyle hazırlanmıştır. 1 mL β -karoten stok çözeltisine, linoleik asit (20 μ L) ve Tween 20 (200 μ L) ilave edilmiştir. Kloroform rotary evaporatörde buharlaştırıldıktan sonra 100 mL dH₂O ile karıştırılmıştır. 1 mg/mL hazırlanan ekstrakt çözeltilerine 24 mL β -karoten emülsiyonu eklenmiştir. Emülsiyon test tüplerine ilave edilir edilmez spektrofotometre (Shimadzu UV-1601, Japon) kullanılarak başlangıç absorbansları 470 nm' de ölçülmüştür. Tüpler 50°C' de inkübasyona (120 dakika) bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası örneklerin 120. dakikadaki absorbansı 470 nm' de ölçülmüştür. Bu test sisteminde BHT pozitif kontrol olarak kullanılmıştır (Amin et al 2002). Hesaplamalar aşağıdaki formül kullanılarak yapılmıştır:

$$[1 - A_t / A_0] \times 100$$

A_0 ve A_0° : örneğin; A_t ve A_t° : kontrolün 0. ve 120. dakikadaki absorbanslarını ifade etmektedir.

2.1.2. DPPH Serbest Radikal Giderim Kapasitesi

Ekstraktların serbest radikal giderim aktiviteleri 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) serbest radikali kullanılarak belirlenmiştir (Wu et al 2006). Farklı konsantrasyonlarda (0.2-1.0 mg) hazırlanan ekstrakt çözeltilerinin üzerine 4 mL DPPH çözeltisi (%0.004 w/v) eklenmiştir. Oda sıcaklığında, karanlık ortamda inkübasyona (30 dk) bırakılmıştır. Bu süre sonunda örneklerin absorbansı 517 nm' de ölçülmüştür. Bu test sisteminde BHT standart olarak kullanılmıştır. Hesaplamalar aşağıdaki formül kullanılarak yapılmıştır:

$$[A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}} / A_{\text{kontrol}}] \times 100$$

2.1.3. Bakır İndirgeme Gücü Kapasitesi (CUPRAC)

Bitki ekstraktlarının 0.2 ile 1 mg/mL arasındaki farklı konsantrasyonları kullanılmıştır. Metotta öncelikle her bir deney tüpüne 1 mL CuCl₂.2H₂O (10⁻² M), 1 mL amonyum asetat (1 M pH:7), 1 mL neokuproin (7.5x10⁻³ M) çözeltileri ile 0.6 mL saf su eklenmiştir. Daha sonra her bir tüpe bitkisel çözeltilerden 0.5 mL eklenip iyice karıştırılmıştır. Tüpler ağızları kapalı bir biçimde oda sıcaklığında, karanlıkta 30 dakika bekletilmiştir. Bu süre sonunda absorbansları 450 nm' de okunmuştur (Apak et al 2006).

2.2. Sekonder Metabolit Miktar Tayini

2.2.1. Folin-Ciocalteu Ayırıcı (FCR) ile Toplam Fenolik Madde Miktarı

Ekstraktların toplam fenolik madde miktarları Folin-Ciocalteu Reaktif (FCR) kullanılarak gallik asite eşdeğer olarak (mgGAE/g) belirlenmiştir (Slinkard & Singleton 1977). 1 mg/mL ekstrakt çözeltisi, dH₂O (46 mL) ve FCR (1 mL) ile karıştırıldıktan 3 dk. sonra %2 Na₂CO₃ (3 mL) çözeltisi eklenmiştir. Karışım 2 saat süresince oda sıcaklığında inkübasyona bırakılıp periyodik aralıklarla çalkalanmıştır. Süre sonunda absorbans değerleri 760 nm' de tespit edilmiştir.

2.2.2. Toplam Flavonoid Madde Miktarı

Bitki ekstraktlarındaki toplam flavonoid madde miktarları, kuersetine eşdeğer olarak alüminyum klorid spektrofotometrik metodu kullanılarak belirlenmiştir (Arvouet- Grand et al 1994). Bu metoda göre %2' lik AlCl₃ (1 mL) ile 2 mg/mL konsantrasyondaki bitki ekstraktı (1 mL) karıştırıldıktan sonra, 10 dakika boyunca oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. Süre bitiminde 415 nm' de karışımın köre karşı absorbansı belirlenmiştir. Aynı işlemler standart flavonoid olan kuersetin için de yapılarak, ekstraktların toplam flavonoid madde içerikleri quercetine eşdeğer (mgQE/g) olarak verilmiştir.

2.3. HPLC metodu ile Fenolik Bileşenlerin Tayini

Fenolik bileşenler, yüksek performans sıvı kromatografisi (HPLC) kullanılarak, Caponio et al (1999) metodunda bazı değişiklikler yapılarak analiz edilmiştir. Analiz SP-M20A detektörü, LC-20AT pompası, CTO-10ASVp kolon fırını, SIL-20ACHT otomatik numune cihazı kullanılarak yapılmıştır. Analiz için kolon sıcaklığı 30°C, dalga boyu 280 nm olarak belirlenmiştir. Gradyent, 1 mL/dk akış oranında; 95%A/5%B 5 dakika, 80%A/20%B 15 dakika, 60%A/40%B 10 dakika, 50%A/50%B 10 dakika, 40%A/70%B 10 dakika, 100%B 10 dakika olarak uygulanmıştır. Örnekleri çözmek için metanol kullanılmıştır ve

injeksiyon hacmi 20 µL olarak belirlenmiştir. Farklılık ve miktar analizleri gallik asit, 3,4-hidroksibenzoik asit, 4-hidroksibenzoik asit, klorojenik asit, vanilik asit, kafeik asit, p-kumarik asit, ferulik asit, sinamik asit, 2,5-dihidroksi benzoik asit, epikateşin, rutin, elajik asit, narinjin, kuersetin standartları ile kıyaslanarak yapılmıştır. Fenolik bileşenlerin miktarı µg/gr olarak ifade edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

S. media'nın sekonder metabolit miktar analizleri için toplam fenolik ve toplam flavonoid miktarları hesaplanmıştır. Antioksidan aktivitesini belirlemek amacıyla β-Karoten/Linoleik Asit yöntemi; radikal giderim aktivitesini ortaya çıkarmak için DPPH Radikal Giderim aktivite yöntemi; indirgeme gücünü tespit etmek için CUPRAC metodu kullanılmıştır. *S. media*'nın toplam fenolik (21.43±0.12 mgGAE/g) ve toplam flavonoid (22.300±1.45 mgQE/g) miktarının etanol ekstraktlarında daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. (Çizelge 1). Sarmah et al (2014)'a göre toplandıktan sonra kurutulup toz haline getirilen *S. media*'nın metanol ekstraktının total fenolik miktarı 25.32±0.39 µgGAE/mg olarak, Rani et al (2012)'nin çalışmasında taze *S. media*'nin mikser yardımıyla parçalanması ve süzülmesi sonucu elde edilen suyu liyofilize edilmiştir ve toplam flavonoid miktarı 1.4 mgQE/g olarak belirlenmiştir. Bu çalışmaların sonuçları arasındaki farklılık ekstraksiyon metodunun farklılığından kaynaklanmış olabilir. β-Karoten/Linoleik Asit antioksidan aktivite sonuçlarına bakıldığında; etanol örneklerinin (%59.09±1.66) su örneklerine (%57.14±0.64) göre daha yüksek aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Aynı familyaya (Caryophyllales) ait olan *Beta vulgaris L. conditiva* ile yapılan bir çalışmada (Koubajer et al 2014) gövdenin su ekstraktlarının %48±1 antioksidan aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir. İndirgeme gücü yöntemi olan CUPRAC metodunda etanol ekstraktı (IC₅₀=1.19±0.02), daha iyi antioksidan aktivite göstermiştir. Zengin et al (2018)'e göre *S. media* ile aynı familyaya üye olan *Silene dichotoma*'nın metanol ekstraktlarının indirgeme gücünün 154±1 mgTE/g olduğu tespit edilmiştir. DPPH analizinde de etanol ekstraktlarının (IC₅₀= 49.72±0.57), su ekstraktlarına (IC₅₀=49.97±0.09) kıyasla daha yüksek bir radikal giderim aktivitesine sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır (Çizelge 2). Sarmah et al (2014) *S. media*'nın DPPH radikal giderim aktivitesine baktıkları çalışmada, metanol ekstraktının DPPH radikal giderim aktivitesini (IC₅₀= 1020 ± 0.68) %48.96 olarak gözlemlemişlerdir. Sonuçlardan elde edilen bu farklılık, kullanılan ekstraksiyon metodundan veya ekstraksiyon aşamasında kullanılan çözücülerin farklı olmasından kaynaklanabilir.

Çizelge 1. *S. media* ekstraktlarının toplam sekonder metabolit (fenolik, flavonoid) miktarları*

<i>S. media</i> Ekstraktları	Total Fenolik Madde Miktarı (mgGAE/gEkstrakt)	Total Flavonoid Madde Miktarı (mgQE/gEkstrakt)
SmS	11.43±1.32	6.69±0.989
SmE	21.43±0.12	22.300±4.455

^{SmS}*Stellaria media* su ekstraktı; ^{SmE}*Stellaria media* etanol ekstraktı

*Değerler Çizelgede, mean±S.D şeklinde gösterilmiştir.

Çizelge 2. *S. media* ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri*

Antioksidan Yöntemler	<i>S. media</i> ekstraktları		BHT standart	
	SmS	SmE	BHTE	BHTS
β -Karoten/Linoleik Asit				
Yöntemi (%İnhibisyon)	57.14±0.64	59.09±1.66	96.65±0.008	97.34±0.02
DPPH (IC ₅₀)	49.97±0.09	49.72±0.57	0.18±0.003	0.44±0.005
CUPRAC (IC ₅₀)	2.21±0.18	1.19±0.02	0.998±0.15	1.02±0.25

^{SmS}*Stellaria media* su ekstraktı; ^{SmE}*Stellaria media* etanol ekstraktı; ^{BHTE}BHT etanol; ^{BHTS}BHT su

*Değerler Çizelgede, mean±S.D şeklinde gösterilmiştir.

Stellaria cinsinin etnofarmakolojik, morfolojik, fitokimyasal ve farmakolojik raporlarının kıyaslandığı bir çalışmada, bu cinsin fitokimyasal içerik olarak çoğunlukla flavonoid, triterpenoid glikozitleri ve fenolik asitleri içerdiği belirtilmiştir (Sharma & Arora 2012). Daha önceki çalışmalarda, *S. media*'nin fenolik asitlerden; vanilik asit, p-hidroksibenzoik asit, ferulik asit, kafeik asit, klorojenik asit içerdiği gösterilmiştir (Kitanov 1992). Bu çalışmada ise, *S. media*'nin etanol ekstraktının HPLC metodu ile 15 standart kullanılarak fenolik bileşen karakterizasyonu yapılmıştır (Çizelge 3). Fenolik bileşen karakterizasyonu sonuçlarına göre, en yüksek miktarda epikateşin (1210.99 µg/g) ve p-kumarik asit (506.99 µg/g) bileşenleri gözlemlenmiştir.

Çizelge 3. *S. media* etanol ekstraktının fenolik bileşen karakterizasyonu

Standartlar	Fenolik Bileşen Kompozisyonu (µg/g)	RT (Alınma Süresi, dakika)
Gallik asit	12.28	6.8
3,4-Dihidroksi benzoik asit	8.1	10.7
4-hidroksi benzoik asit	15.15	15.7
Klorojenik asit	34.51	18.2
Vanilik asit	99.35	19.2
Kafeik asit	5.59	22.7
p-kumarik asit	506.99	26.1
Ferulik asit	48.75	30.1
Sinamik asit	35.22	71.1
2,5-dihidroksi Benzoik asit	114.51	17.2
Epikateşin	1210.99	21.3
Rutin	219.15	45.6
Elajik asit	41.48	47.7
Narinjin	45.5	49.7
Kuersetin	0.71	70.4

4. Sonuçlar

S. media' nın etanol ve su ile hazırlanan ekstraktlarının antioksidan aktivite ve fenolik-flavonoid madde miktarlarının yapıldığı bu çalışmada, etanol ekstraktlarının daha yüksek antioksidan aktiviteye (Çizelge 1) ve toplam fenolik-flavonoid madde miktarlarına sahip olduğunu tespit edilmiştir (Çizelge 2). Bitki türünün etanol ekstraktında daha yüksek antioksidan ve toplam madde miktarına sahip olması sebebiyle, HPLC ile fenolik bileşen tayininde kullanılmak üzere etanol ekstraktı tercih edilmiştir. 15 fenolik bileşenin tayininin yapıldığı bu çalışmada ise en yüksek miktarda epikateşin elde edilmiştir (Çizelge 3).

Çalışmalarımızın sonuçları *S. media*' nın doğal bir antioksidan kaynağı olarak kullanılabilceğini desteklemektedir.

Kaynaklar

1. Ahmad S S & Husain S Z (2008). Ethno medicinal survey of plants from salt range (Kallar Kahar) of Pakistan. *Pak J Bot.* 40: 1005-1011
2. Amin I & Hong T (2002). Antioxidant activity of selected commercial seaweeds. *Malays. J. Nutr.* 8(2): 167-177
3. Apak R, Guclu K, Ozyurek M, Karademir S E & Ercag E (2006). The cupric ion reducing antioxidant capacity and polyphenolic content of some herbal teas. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 57(5/6): 292-304
4. Arnous A, Makris D P & Kefalas P (2001). Effect of principal polyphenolic components in relation to antioxidant characteristics of aged redwines. *J. Agric. Food. Chem.* 49: 5736-5742
5. Arvouet-Grand A, Vennat B, Pourrat A & Legret P (1994). Standardization of propolis extract and identification of principal constituents. *Journal de Pharmacie de Belgique* 49(6): 462-468
6. Baytop T (1984). Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi (Treatment with Plants in Turkey). Istanbul Universitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları: 40, Istanbul, TR
7. Bukola O & Bernard A. (2011). Phytochemistry and in vitro anti-oxidant activities of *Stellaria media*, *Cajanus cajan* and *Tetracera pitoria* methanolic extracts. *Journal of Medicinal Plants Research* 5(30): 6622-6627
8. Caponio F, Alloggio V & Gomes T (1999). Phenolic compounds of virgin olive oil: influence of pastepreparation techniques. *Food Chemistry* 64: 203-209
9. Cui H, Kong Y & Zhang H (2012). Oxidative stress, mitochondrial dysfunction, and aging. *Journal of signal transduction* 2012
10. Fitzpatrick F K (1954). Plant substances achieve against *Mycobacterium tuberculoses*, *Antibiotics and Chemotherapy* 4
11. Güner A, Aslan S, Ekim T, Vural M & Babaç M T (2012). Plants list of Turkey. *Researches of Flora* (in Turkish), Istanbul
12. Hodisan V & Sanraian A (1989). Triterpenoid saponins from *Stellaria media* (L.) Cyr. *Farmacia* 37: 105-109
13. Kitanov G (1992). Phenolic acids and flavonoids from *Stellaria media* (L.) Vill. (Caryophyllaceae). *Pharmazie* 47:470-471
14. Koubajer B H, Snoussi H, Essaidi I, Chaabouni M M, Thonart P & Bouzouita N (2014). Betalain and phenolic compositions, antioxidant activity of Tunisian red beet (*Beta*

- vulgaris* L. *conditiva*) roots and stems extracts. *International journal of food properties* 17(9),1934-1945
15. Lu F & Foo L Y (1995). Toxicological aspects of food antioxidants. Food antioxidants. New York: Marcel Dekker
 16. Mahdavi M, Assadi M, Fallahian F & Nejadstari T (2012). The systematic significance of seed Micro-Morphology in *Stellaria* L.(Caryophyllaceae) and its closest relatives in Iran. *Iranian journal of Botany* 18(2): 302-310
 17. Malik A H, Khuroo A A, Dar G H & Khan Z S (2011). Ethnomedicinal uses of some plants in the Kashmir Himalaya. *Ind J Tradit Know.* 10: 362- 366
 18. Mammadov R, Ili P, Ertem Vaizoğulları H & Afacan Makascı A (2011). Antioxidant activity and total phenolic content of *Gagea fibrosa* and *Romulea ramiflora*. *Iran. J. Chem. Chem. Eng.* 30(3), 57-62
 19. Mates J M, Perez-Gomez C & Nunez de Castro I (1999). Antioxidant enzymes and human diseases. *Clin. Biochem.* 32: 595–603
 20. Miller N J & Rice-Evans C A (1997). The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidants to the activity of orange and apple fruit juices and black currant drink. *Food. Chem.* 60: 331-337
 21. Rani N, Vasudeva N & Sharma S K (2012). Quality assessment and anti-obesity activity of *Stellaria media* (Linn.) Vill. *BMC complementary and alternative medicine*, 12(1), 145
 22. Rice-Evans C A, Miller N J, Bolwell P G, Bramley P M & Pridham J B (1995). The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free. Radical. Res.* 23: 375-383
 23. Rogowska M, Lenart M, Srečec S, Ziaja M, Parzonko A & Bazyłko A (2017). Chemical composition, antioxidative and enzyme inhibition activities of chickweed herb (*Stellaria media* L., Vill.) ethanolic and aqueous extracts. *Industrial Crops and Products*, 97: 448-454
 24. Salam J S, Joylani S D, Rebika N D & Priyadarshini S (2011). Secondary Metabolites, Antioxidant Status and Nutritive Composition of Two Non-Conventional Leafy Vegetables-*Stellaria media* L. and *Chenopodium album* L. *Indian Journal of Agricultural Biochemistry* 24(2):136-140
 25. Sarmah P, Sarma, A, Kashyap D, Mahanta M & Medhi P (2014). Nutraceutical properties of *Stellaria media* (L.) Vill. and *Persicaria chinensis* (L.) H. Gross under Brahmaputra valley agro-climatic condition. *Annals of Plant Sciences* 3(08): 779-782
 26. Scully V (1960). A Treasury of American Indian Herbs. Bonanza Books: 210-213, New York
 27. Sharma A & Arora D (2012). Phytochemical and pharmacological potential of genus *Stellaria*: a review. *J. Pharma. Res.* 5(7): 3591-3596
 28. Shi J, Nawaz H, Pohorly J, Mittal G, Kakuda Y & Jiang Y (2005). Extraction of polyphenolics from plant material for functional foods-engineering and technology. *Food Rev. Int.* 21:139–166
 29. Shinwari M I & Khan M A (2000). Folk use of medicinal herbs of Margalla Hills National Park, Islamabad. *J Ethnopharmacol* 69: 45- 56
 30. Singh B & Yadav S K (2010). In Vitro studies on antibacterial activity and phytochemical analysis of whole plant extracts of *Stellaria media*. *International Journal of Phytomedicine* 2: 260–266

31. Slinkard K & Singleton V L (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *Am. J. Enol. Vitic.* 28:49–55
32. Wu C, Chen F, Wang X, Kim H J, He G Q, Haley-Zitlin V & Huang G (2006). Antioxidant constituents in feverfew (*Tanacetum parthenium*) extract and their chromatographic quantification. *Food Chemistry* 96(2): 220-227
33. Yong-Mei H, Wen-Cai Y, Qian L, Hai-Yan T, Hao W & Hong-Yu D (2006). C-glycosylflavones from *Stellaria media*, *Zhongguo Tianran Yaowu* 4: 420-424
34. Zengin G, Mahomoodally M F, Aktümsek A, Ceylan R, Uysal S, Mocan A, Yılmaz M A, Picot-Allain C M N, Ciric A, Glaoclija J & Sokovic M (2018). Functional constituents of six edible *Silene* species: A focus on their phytochemical profiles and bioactive properties. *Food Bioscience* 23: 75-82

Giresun Koşullarında Yetiştirilen 'Hayward' Kivi Çeşidinde Meyve Gelişim Sürecinde Fiziksel Özelliklerin Değişimi

Burcu YILMAZ¹, Saim Zeki BOSTAN^{2*} 

¹Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu

²Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu

(Geliş Tarihi/Recived Date: 03.10.2018; Kabul Tarihi/Accepted Date: 10.11.2018)

Öz

Bu çalışma, 2015 yılında Giresun koşullarında yetiştirilen 'Hayward' kivi çeşidinde meyve gelişim periyodu süresince meydana gelen fiziksel değişimlerin ortaya konulması amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada meyve gelişim süresince meyve ağırlığı, meyve boyutları (en, boy, kalınlık) ve hacim değerlerinde düzenli artış görülmüştür. Meyve eti sertliğinde dalgalanmalar görülmekle birlikte genel olarak meyve gelişim süresince azalmıştır. Meyve kabuk kalınlığı değeri meyve gelişim süresince dalgalanmalar göstermiş, genel olarak hasat olumu döneminde en yüksek değere ulaşmıştır. Çalışma sonucunda, başlangıçtaki ve hasattaki değerler yönünden, sırasıyla, meyve ağırlığı 13.3 g ile 93.0 g, meyve eni 27.4 mm ile 53.2 mm, meyve boyu 34.9 mm ile 63.7 mm, meyve kalınlığı 24.7 mm ile 45.1 mm, hacim 13.7 ml ile 95.2 ml, yoğunluk 0.97 g/ml ile 0.98 g/ml, kabuk kalınlığı 0.66 mm ile 1.27 mm, meyve eti sertliği 8.17 kg/cm² ile 7.63 kg/cm², usare miktarı % 39.12 ile % 67.82 olarak belirlenmiştir. Meyve kabuk renginde genel olarak parlaklığın meyve gelişim süresince azaldığı, "a" değerinin yeşilden açık kırmızı renge doğru değiştiği, "b" değerinin ise sarıdan açık sarı renge doğru değiştiği saptanmıştır. Meyve et renginde de meyve gelişim süresince parlaklığın genel olarak azaldığı, "a" değerinin yeşilden koyu yeşil renge değiştiğini, "b" değerinin de sarıdan koyu sarı renge doğru değiştiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kivi, 'Hayward', Fiziksel Özellikler, Meyve Gelişimi, Hasat Olumu

The Changing of Physical Characteristics During Fruit Development on 'Hayward' Kiwifruit Cultivar Grown in Giresun Province (Turkey) Conditions

Abstract

This study was carried out to determine the physical changes in 'Hayward' kiwifruit cultivar grown in Giresun province (Turkey) conditions during fruit growth period in 2015. During the fruit growth, increase in fruit weight, fruit dimensions (width, length, and height) and volume regular were seen. Although fluctuations in fruit flesh firmness were observed, they generally decreased during fruit growth. Fruit skin thickness value showed fluctuations during fruit development and reached the highest value at harvest maturity. At the end of the study, the values at first and at harvest maturity were determined for fruit weight 13.3 g-93.0 g, fruit width 27.4 mm-53.2 mm, fruit length 34.9 mm-63.7 mm, fruit thickness 24.7 mm-45.1 mm, fruit volume 13.7 ml-95.2 ml, fruit density 0.97 g/ml-0.98 g/ml, shell thickness 0.66 mm-1.27 mm, flesh firmness 8.17 kg/cm²-7.63 kg/cm², fruit juice content 39.12%-67.82%, respectively. In fruit skin color generally brightness decreased during fruit growing

up, “a” value turned into from green to light red color, “b” value turned into from yellow to light yellow was determined. In fruit flesh color during fruit growing up brightness generally decreased, “a” value turned into from green to dark green color, “b” value turned into from yellow to dark yellow was determined.

Keywords: Kiwifruit; 'Hayward'; Physical Traits; Fruit Development; Harvest Maturity

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: szbostan@hotmail.com

1. Giriş

Meyve ağaçlarında yapılacak olan kültürel ve teknik uygulamalar ile bakım işlemleri açısından meyvelerin gelişme ve olgunlaşma dönemlerinde meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimlerin iyi takip edilerek belirlenmesi, önem arz etmektedir.

Meyvelerde hasadın uygun zamanda yapılması depolama sırasında meydana gelebilecek kayıpları azaltabilir. Uygun hasat zamanı, meyvelerde hasat öncesinde ve gelişme dönemi süresince meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimlerin izlenmesiyle belirlenebilir.

Meyvelerdeki gelişme, genel olarak mevsim sonunda yavaşlamakta ve durmakta, çeşit özellikleri ve farklı ekolojik şartlar gelişmeyi sınırlandırmakta ve ağırlık artışının durduğu tarih hasat tarihi olarak alınmaktadır. Bir bölgede herhangi bir tür veya çeşitte yapılan adaptasyon çalışmalarında, bitkinin gelişimi ve verimliliği, meyve iriliği ve yoğunluğu gibi çeşitli karakterler saptanabilmektedir. Meyve gelişimi ağırlık, hacim ve çap gibi ölçümlerle belirlenir ve meyve gelişim süresi tür ve çeşitlere göre değişir (Bostan 1997).

Meyve ağaçlarında tozlanma, dölllenme ve meyve tutumundan sonraki dönemde meyve küçüktür ve meyvenin gelişmesi ile iriliği birçok faktörün etkisi altındadır. Bu dönemde meyvedeki gelişim hacim, kuru ve yaş ağırlıktaki artışlarla belirlenebilmektedir (Westwood 1978).

Kivide meyve tutumundan sonraki ilk 10 hafta içerisinde meyve hacmi ve ağırlığındaki artışın yaklaşık 2/3'ü gerçekleşir. Sonrasında hasada kadar nispeten yavaş bir gelişme görülür (Beever ve Hopkirk 1990).

Genç meyve gelişmenin ilk döneminde ana bitkiden aldığı besin maddelerini kullanır, daha sonra fotosentezle kendi enerji ihtiyacını karşılar. Meyve gelişimi süresince hacim, çap ve eksen gelişmesi gibi meyvenin tümü veya özel kısımları belirli zaman aralıklarıyla izlenir. Meyve iriliğini ve hücre sayısını etkileyen önemli faktörlerden birisi de iklimdir (Karaçalı 1990).

Kivi meyvesinin meyve kalite özelliklerini ekolojik farklılık ve üretici uygulamaları doğrudan etkilemektedir. Sanayi, iç tüketim ve ithalat açısından kivi meyvesinin meyve kalite özelliklerinin belirlenmesi ve belirli bir standarda oturtulması gerekmektedir. Bu standartların oluşturulması ve meyve kalite özelliklerinin belirlenmesi, yapılacak araştırma çalışmaları sonucunda mümkün olabilecektir. Bu nedenle yetiştiricilik şartlarındaki değişimlere paralel olarak meyve özelliklerinin belirlenmesi için çok sayıda araştırma ve çalışmanın yapılması gerekmektedir (Bostan ve Günay 2003).

Bu çalışma ile Giresun koşullarında 'Hayward' kivi çeşidinde meyve gelişim periyodu süresince meydana gelen fiziksel değişimlerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Bu araştırma, 2015 yılı vejetasyon periyodunda Giresun ilinde 3 üreticiye ait bahçede yetiştirilen “Hayward” kivi çeşidinde yürütülmüştür. İl Tarım ve Orman Müdürlüğü’nden sağlanan bilgilerle köylerde üretici bahçelerinin seçiminde bakım koşulları ve tesis yıllarının aynı olmasına ve farklı yerlerden olmalarına dikkat edilmiştir.

2000 ile 2001 yıllarında tesis edilmiş olan Bayramşah, Kayadibi ve Çalış köylerinden seçilmiş olan bahçelerin dikim mesafeleri 5x5 m, yöneyleri doğu ve rakımları da 296 m ile 318 m arasında olup bahçeler aşılı fidanlarla tesis edilmiştir. Bahçelerde tozlayıcı çeşit olarak Matua 1:8 oranında kullanılmıştır.

Araştırma bahçelerinin yapılan toprak analiz sonuçlarına göre toprakların pH değerleri, kireçlilik durumları ve tekstürel özellikleri yönüyle kivi yetiştiriciliğine uygun olduğu; organik madde bakımından ise yetersiz oldukları belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Araştırma bahçelerinin toprak analiz sonuçları

Table 1. Soil analysis results of the experimental sites

Analizler	Bayramşah Köyü		Kayadibi Köyü		Çalış Köyü	
	Sonuç	Durumu	Sonuç	Durumu	Sonuç	Durumu
Potasyum (K ₂ O) kg/da	39.5273	Yeterli	93.094	Yüksek	20.3692	Orta
Fosfor (P ₂ O ₅) kg/da	2.2041	Çok Az	24.4458	Çok Yüksek	1.0019	Çok Az
Kireç (%)	0.0395	Az Kireçli	0.0789	Az Kireçli	0.0395	Az Kireçli
Organik Madde (%)	0.4423	Çok Az	1.2103	Az	1.023	Az
Toplam Tuz (%)	0.0251	Tuzsuz	0.0246	Tuzsuz	0.0184	Tuzsuz
pH	5.65	Hafif Asit	6.41	Hafif Asit	5.44	Orta Asit
Saturasyon (%)	70	Killi Tınlı	60	Killi Tınlı	64	Killi Tınlı

Çalışma yapılan bahçelerde Haziran ve Aralık aylarında olmak üzere yaz ve kış budamaları yapılmış, ayrıca meyve seyreltmesi yapılmamıştır. Giresun İli yağış bakımından yeterli olduğu için bahçelerde ek bir sulama işlemi yapılmamıştır. Gübre olarak Mart ve Mayıs'ta olmak üzere azotlu gübre uygulaması; Aralık'ta ise fosfor-potasyumlu gübre uygulamaları yapılmıştır.

2.2. Yöntem

Çalışmalar çiçeklenmenin bitiminden 1 ay sonra başlamıştır. Çalışmada 1 Temmuz-15 Kasım 2015 tarihleri arasında 15 gün aralıklarla toplam 10 dönemde toplanan meyvelerde fiziksel parametrelerdeki değişimler belirlenmiştir. Omcalarda meyve seyreltmesi yapılmamıştır. Ayrıca tam çiçeklenme tarihi ile yaprak dökümü tarihi arasındaki fenolojik gözlemler de yapılmıştır.

Meyve örnekleri her üç bahçede aynı dönemde alınmış ve ortalama değerleri istatistiki açıdan değerlendirmede kullanılmıştır. Her dönem her bir tekerrürden, omcanın farklı

yerlerinden ve farklı irilikte olmak üzere toplam 15 adet meyve alınmıştır. Böylece her bahçeden, toplam 9 omcadan hasada kadar toplam 450 adet meyve çalışmada kullanılmıştır.

Meyve suyunda suda çözünür kuru madde miktarının refraktometre ile % 7 olarak belirlendiği zaman hasat olumu olarak kaydedilmiştir. Meyve ağırlığı 0.01 g duyarlılıktaki dijital teraziyle; meyve boyutları (en, boy, kalınlık) dijital kumpasla; meyve hacmi suda taşırma yöntemiyle; meyve yoğunluğu meyve ağırlığının meyve hacmine bölünmesiyle; meyve kabuk kalınlığı meyve yanağının ekvator bölgesinin orta kısmından alınan ve etsiz olan kabukta 0.01 mm hassasiyetinde dijital kumpasla; meyve eti sertliği meyve yanağının ekvator bölgesinin orta kısmından meyve kabuğu kaldırıldıktan sonra penetrometrenin 7.9 mm'lik ucuyla; usare miktarı meyvelerin blendırdan geçirilip, posası tülbent yardımıyla el ile sıkılıp daha önce darası alınmış kaba konularak dijital terazi ile meyve suyunun ağırlığı bulunması ve elde edilen meyve suyu değerinin meyvedeki % oranının hesaplanmasıyla; et ve kabuk renk değerleri meyve yanağının ekvator bölgesinin orta kısmından L, a, b cinsinden Minolta CR-400 ile belirlenmiştir.

Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülmüştür. Her bahçeden 3 tekerrür (bahçe) ve her tekerrürde 3'er omca olmak üzere toplam 27 omca değerlendirilmiştir. İstatistiksel analizler JMP7 programında yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıkları karşılaştırmak için LSD testi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmanın yürütüldüğü her bir bahçedeki omcalara ait yapılan fenolojik gözlemlere Çizelge 2'de sunulmuştur.

Yapılan gözlemlerle omcalarda tam çiçeklenme tarihlerinin 23-26 Mayıs tarihlerinde gerçekleştiği, omca başına verimin 40-50 kg, sürgün başına verimin 1.6-2.0 kg, omcalarda ortalama meyve sayısının 500-625 ve sürgünde ortalama meyve sayısının 20-26 arasında olduğu belirlenmiştir. Çalışmada hasat 15 Kasım tarihinde yapılmış olup omcalarda yaprak dökümü 13 ile 20 Aralık tarihleri arasında gerçekleşmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Omcalara ait fenolojik gözlemler ile bazı verim özellikleri

Table 2. The phenological and yield traits of kiwifruit vines

Genel Bilgiler	Bayramşah Köyü	Kayadibi Köyü	Çalış Köyü
Tam çiçeklenme tarihleri (% 80)	23 Mayıs	25 Mayıs	26 Mayıs
Ortalama verim (kg/omca)	45	40	50
Ortalama sürgün verimi (kg)	1.9	1.6	2
Omcada ortalama meyve sayısı	560	500	625
Sürgünde ortalama meyve sayısı	24	20	26
Hasat Tarihleri	15 Kasım 2015	15 Kasım 2015	15 Kasım 2015
Yaprak Döküm Tarihleri (%)	13 Aralık 2015	15 Aralık 2015	20 Aralık 2015

Hayward kivi çeşidinin meyve gelişimi sürecinde fiziksel özelliklerdeki değişim için yapılan varyans analizi sonucunda, incelenen bütün fiziksel özelliklerin meyve gelişme sürecine göre çok önemli çıktığı ($p<0.01$) belirlenmiştir (Çizelge 3).

3.1. Meyve Ağırlığı

Meyvelerin ağırlığı meyve gelişim süresince, hızlı-yavaş-hızlı-yavaş ve tekrar hızlı olan sürekli bir artış göstermiş ve başlangıçta 13.3 g olan ağırlık hasat olumunda 93.0 g'a yükselmiştir (Çizelge 3, Şekil 1).

'Hayward' çeşidinde ortalama meyve ağırlığı 80-120 g arasında olup tozlanmadan sonraki ilk 10 hafta boyunca meyve ağırlığında, 23 hafta sonraki meyve olgunluğuna doğru görülen daha yavaş artışın yanında, yaklaşık 2-3 katı artış meydana gelmektedir (Beever ve Hopkirk 1990). Çiçeklenmeden hasada kadar yaş ağırlıktaki artışlar belli dönemlerde meydana gelmektedir. Kivide gelişme modelleri üzerine yapılan çalışmalar her ne kadar çelişkili sonuçlar vermiş olsa da, bu durum farklı çeşitlerle çalışmış olmaktan, farklı meyve yükü ve farklı çevre şartlarından kaynaklanabilir. Bununla beraber, bu çalışmalarda meyve gelişmesi için genel safhalar bulunmaktadır. İyi bir tozlanmadan sonra meyve gelişim oranında 30-40 günlük sürede hızlı artışlar meydana gelir. Sonraki 30-40 günlük sürede daha az hızla fakat düzenli artışlar devam eder. Başlangıçtaki hızlı gelişmeyi hasada kadar devam eden daha uzun ve daha yavaş bir 3. devre takip eder (Grant ve ark. 1994). Kivide meyve tutumundan bir hafta sonra başlayıp 22 hafta devam eden ölçümlerde, meyve tutumundan bir hafta sonra 2.7 g olan meyve ağırlığı 6. haftaya kadar hızlı bir şekilde artmış bu dönemden sonra yavaşlamış ve 22. hafta sonunda ortalama meyve ağırlığı 122 g olmuştur (Kaynaş ve ark. 2000). Antalya koşullarında 'Hayward' kivi çeşidinin meyve ağırlığının hasat dönemine kadar doğrusal bir artış gösterdiğini ve meyve tutum döneminde 5.6 g olan meyve ağırlığının, hasat döneminde 78.6 g olduğu tespit edilmiştir (Basım 2001). Ordu ilinde 5 m ve 450 m yükseklikte 'Hayward' kivi çeşidinde yürütülen çalışmada meyve tutumundan hasada kadar meyve gelişiminin yaklaşık 23 hafta sürdüğü, hasada kadar her iki rakımda da meyve ağırlığının düzenli olarak arttığı; 5 m rakımda meyve ağırlığının ilk dönemde 25.20 g, hasatta 101.00 g, 450 m rakımda ise, sırasıyla, 23.90 g ve 98.07 g olduğu belirlenmiştir (Cangi ve Karadeniz 2001). Çanakkale-Umurbey'de yetiştirilen 'Hayward' kivi çeşidinde yapılan çalışmada ise meyve ağırlığının giderek arttığı ve ilk hasatta 78.0 g, son hasatta 84.8 g olduğu belirlenmiştir (Kaynaş ve ark.2002).

Hayward kivi çeşidinde meyve ağırlığının hasat olumunda 91.4 g, yeme olumunda 89.2 g olduğu tespit edilmiştir (Altuntaş ve ark. 2009). Ünye (Ordu) ilçesinde yetiştirilen 'Hayward' kivisinde 7 değişik zamanda hasat edilen meyvelerde olgunlaşmaya doğru genel olarak meyve ağırlığının arttığı ve ilk hasattaki 86.56 g olan ağırlığın son hasatta 87.59 grama ulaştığı belirlenmiştir (Esen 2009). Görüleceği üzere, meyve ağırlığı yönünden çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular literatür sonuçlarıyla uyum içerisindedir.

Çizelge 3. Meyve gelişim süresince fiziksel özelliklere ait değerler

Table 3. Physical traits during the fruit development

Tarih	Meyve ağırlığı (g)	Meyve eni (mm)	Meyve boyu (mm)	Meyve kalınlığı (mm)	Meyve hacmi (ml)	Meyve yoğunluğu (g/ml)	Kabuk kalınlığı (mm)	Meyve eti sertliği (kg/cm ²)	Usare Miktarı (%)	Kabuk L değeri	Kabuk a değeri	Kabuk b değeri	Et L değeri	Et a değeri	Et b değeri
1 Tem.	13.3 f	27.4 f	34.9 f	24.7 f	13.7 f	0.97 ab	0.66 d	8.17 f	39.12 f	47.18 b	-2.32 e	38.43 a	68.65 a	-10.05 a	25.94 g
15 Tem.	27.3 e	34.8 e	43.6 e	31.8 e	29.0 e	0.94 c	0.80 bc	11.33 a	42.24 f	50.51 a	-0.37 d	35.44 b	67.16 a	-11.32 b	27.74 f
1 Ağu.	41.8 d	36.5 e	44.8 e	32.9 e	42.2 d	0.99 a	0.55 e	10.77 b	48.84 e	43.99 c	0.22 d	35.46 b	55.36 e	-15.05 d	31.07 e
15 Ağu.	45.8 d	41.5 d	50.1 d	38.1 d	48.5 d	0.94 c	0.65 d	10.37 bc	55.84 d	47.46 b	0.70 d	31.91 c	61.83 d	-17.50 g	35.03 abc
1 Eyl.	46.4 d	41.9 d	51.3 cd	38.4 d	48.4 d	0.96 bc	0.70 cd	10.04 cd	60.04 c	47.98 b	4.40 a	29.18 d	63.77 bc	-13.91 c	32.48 d
15 Eyl.	56.7 c	43.0 cd	52.6 bc	39.4 cd	58.5 c	0.97 ab	0.68 d	9.75 d	62.07 bc	47.34 b	1.91 c	31.29 c	64.02 bc	-17.73 g	36.28 a
1 Eki.	58.8 c	43.5 cd	52.8 bc	40.1 bc	59.8 c	0.98 a	0.61 de	8.79 e	64.14 ab	47.73 b	2.72 bc	29.56 d	65.21 b	-17.42 fg	36.13 ab
15 Eki.	59.5 c	44.9 c	52.9 bc	40.3 bc	61.1 c	0.97 ab	0.87 b	8.70 e	65.37 ab	46.50 b	3.51 ab	29.04 d	63.49 bcd	-16.06 e	34.89 bc
1 Kas.	71.1 b	47.6 b	54.9 b	41.3 b	72.2 b	0.98 a	1.19 a	8.20 f	67.32 a	43.29 c	3.25 b	29.13 d	62.23 cd	-16.32 e	34.56 c
15 Kas.	93.0 a	53.2 a	63.7 a	45.1 a	95.2 a	0.98 a	1.27 a	7.63 g	67.82 a	44.42 c	2.80 bc	28.60 d	61.56 d	-16.51 ef	34.79 c

	LSD		LSD		LSD
Meyve ağırlığı	6.662	Meyve yoğunluğu	0.022	Kabuk a değeri	1.108
Meyve eni	1.981	Kabuk kalınlığı	0.099	Kabuk b değeri	1.189
Meyve boyu	2.358	Meyve eti sertliği	0.486	Et L değeri	1.939
Meyve kalınlığı	1.689	Meyve suyu randımanı	3.778	Et a değeri	0.947
Meyve hacmi	6.747	Kabuk L değeri	1.557	Et b değeri	1.326

3.2. Meyve Boyutları (En, Boy, Kalınlık)

Meyvelerin boyutları meyve gelişim süresince genel olarak düzenli bir artış göstermiş olsa da özellikle meyve enindeki artış oranları boy ve kalınlık artış oranlarına göre daha fazla olmuştur ve başlangıçta meyve eni, meyve boyu, meyve kalınlığı sırasıyla 27.4 mm, 34.9 mm, 24.7 iken, hasat olumunda 53.2 mm, 63.7 mm, 45.1 mm'ye gelmiştir (Çizelge 3, Şekil 1).

Kivide çiçeklenmeden sonraki dönemde irilikteki artışın nedeni hücre sayısındaki artışlar, sonraki dönemdeki artışın nedeni ise hücre büyümesidir. Meyve iriliğindeki artışlar minimum hasat olgunluğu geçene kadar devam edebilir. Meyvenin nihai iriliği üzerine çeşit, meyvedeki tohum sayısı, bitkideki ürün yükü ve yetiştirme şartları etki etmektedir. Tozlanmadan sonra küresel şekilli olan fakat meyve gelişimi ile karakteristik yuvarlak-oval şeklini alan 'Hayward' meyvesinin şeklinde olgunlaşana kadar tekrar değişiklik olmaz (Beever ve Hopkirk 1990; Grant ve ark. 1994). Yalova koşullarında Hayward kivi çeşidinde meyve gelişimi süresince meyve eni ve boyunun düzenli arttığı ve meyve tutumunda 19 mm olan meyve eninin, hasat olumunda 50.08 mm olduğu, 27.95 mm olan meyve boyunun ise 64.10 mm olduğu tespit edilmiştir (Kaynaş ve ark. 2000). Antalya koşullarında Hayward kivi çeşidinin meyve eni ve boyunun hasada kadar genel olarak arttığı, meyve tutumunda 19 mm olan meyve eninin hasatta 48 mm; başlangıçta 28 mm olan meyve boyunun ise hasatta 61 mm olduğu tespit edilmiştir (Basım 2001). Çanakkale-Umurbey'de yetiştirilen Hayward kivi çeşidinde farklı tarihlerde yapılan hasatta meyve boyutları ilk hasattan son hasada doğru düzenli olarak artmış; meyve eni ve meyve boyu bakımından dönemler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemli; meyve kalınlığı için ise önemsiz çıkmıştır. Meyve eni 49.1-52.4 mm, meyve boyu 63.3-65.5 ve meyve kalınlığı 44.1-45.0 arasında değişmiştir (Kaynaş ve ark. 2002). Cangi ve Karadeniz (2001) Ordu ilinde 5 m ve 450 m rakımlardaki Hayward çeşidinin meyve gelişimini araştırmışlardır. Araştırmacılar meyve gelişiminin 22-23 hafta sürdüğünü ve gelişimin üç safhada çift sigmoid bir şekilde gerçekleştiğini, meyve tutumundan sonra 9. haftaya kadar hızlı bir artış olduğunu, gelişme hızının düştüğü ve yaklaşık 3 hafta süren ikinci safhadan sonra hasada kadar 11-12 haftalık oldukça yavaş bir gelişme ile meyvelerin gelişmelerini tamamladığını, meyvelerin boyut olarak yaklaşık % 80-85'lik kısmının birinci safhada tamamlandığını ve başlangıçta 25.90 mm olan meyve eninin hasatta 51.98 mm'ye, 36.70 mm olan meyve boyunun da 63.28 mm'ye ulaştığını belirlemişlerdir. Ordu'da Hayward çeşidinde yürütülen diğer bir çalışmada meyve iriliğinin düzeli olarak artış gösterdiği, haftalara göre artış değerlerinin önemli düzeyde farklı olduğu, artış değerlerinin yıllara, haftalara ve ikili interaksiyona göre önemli derecede farklılık gösterdiği, irilikteki % 69.29'luk artış oranının ilk 4 haftada gerçekleştiği ve son iki haftada nispeten azalan bir artış görüldüğü belirlenmiştir (Bostan ve Günay 2014). Hatay ekolojisinde Hayward kivisinde meyve büyümesi 1. haftadan 6. haftaya kadar hızlı bir çap artışı göstermiş, daha sonra 7, 8 ve 9. haftada çap büyümesi yavaşlamıştır. 10. ve 11. haftada çap tekrar hızlı olmayan bir artış göstermiştir. Çap artışında 12. haftadan sonra (hasada kadar) 20. haftaya kadar yavaşlayan bir artış izlenmiştir. Başlangıç ölçümünde meyve çapı 1. haftada 31.09 mm olmuş, 7. ölçüm tarihinde bu artış 42.55 mm'ye, 14. haftada 47.90 mm ve son ölçüm tarihinde ise (20. haftada) 51.61 mm'ye ulaşmıştır. Çap artışında 1.-6. hafta I. büyüme devresi (hızlı bir artış), 6.-10. haftalarda büyümede yavaşlama (II. büyüme devresi), 10. ve 12. haftada çapta tekrar bir yavaş artış görülmüş ve bundan sonra hasada kadar yavaşlayan bir çap artışı (III. büyüme devresi) izlenmiştir. Ölçüm yapılan dönemler arasındaki çap artış farklılığı giderek azalmıştır (Kadiroğlu Karaoğlu 2011). İran'da yapılan çalışmada

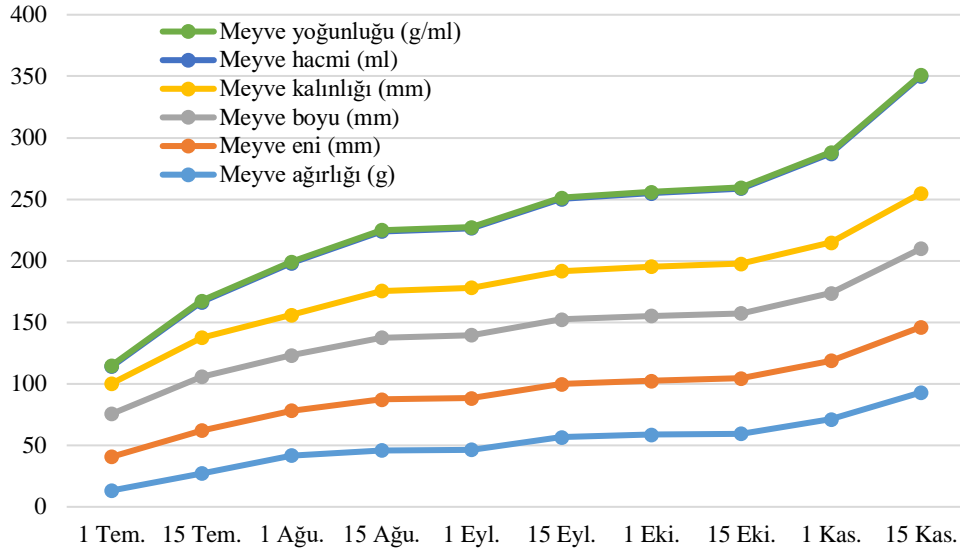
farklı zamanlarda hasat edilen 'Hayward' kivisinde meyve iriliğinin artışına bağlı olarak hem aritmetik ortalama çap hem de geometrik ortalama artmıştır (Hosseinzadeh ve ark. 2013). İran'da yürütülen bir diğer çalışmada 'Hayward' kivisinde farklı hasat tarihlerinin meyve boyu, meyve eni, meyve şeklini istatistik olarak önemli etkilediği, meyve boyu ve eni bakımından en yüksek değerlerin 4. hasat döneminde, sırasıyla, 68.754 mm, 52.46 mm olduğu tespit edilmiştir (Farzam ve ark. 2013). Meyve boyutları yönünden çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular literatür sonuçlarıyla uyum içerisindedir.

3.3. Meyve Hacmi

Meyvelerin hacim değeri meyve gelişim süresince genel olarak düzenli bir artış göstermiş ve başlangıçta 13.7 ml olan değer hasat olumunda 95.2 ml'ye yükselmiştir (Çizelge 3, Şekil 1). Kivide tozlanmadan sonraki ilk 10 hafta boyunca meyve hacminde 23 hafta sonraki meyve olgunluğuna doğru görülen daha yavaş artışın yanında, yaklaşık 2-3 katı artışın meydana geldiği, artışların minimum hasat olgunluğu geçene kadar devam edebildiği ve bunu çeşit, meyvedeki tohum sayısı, bitkideki ürün yükü ve yetiştirme şartlarının etkilediği ifade edilmektedir (Beever ve Hopkirk, 1990). Yalova'da yapılan çalışmada meyve tutumundan bir hafta sonra başlayıp 22 hafta boyunca devam eden analizlerde her iki yılın sonuçları ile, meyve hacminde doğrusal bir artışın meydana geldiği ancak 6. haftadan sonra bir duraklamanın olduğu, meyve büyümesi yönünden hacimdeki artışın basit sigmoid bir eğri olarak gerçekleştiği ve 1996 yılında meyve tutumunda 7.84 ml olan hacmin, hasat olumunda 108.40 ml olduğu tespit edilmiştir (Kaynaş ve ark. 2000). Kivinin Antalya koşullarında mevsimsel gelişimi üzerine yapılan bir çalışmada da 'Hayward' kivi çeşidinde meyve hacminin hasada kadar artış gösterdiği ve meyve tutumunda 6.2 ml olan meyve hacminin, hasat döneminde 81.2 ml olduğu belirlenmiştir (Basım 2001). Hatay koşullarında kivi meyvesinin hacim artışının üç bölüm halinde çift sigmoit bir eğri oluşturduğu; meyve tutumundan hemen sonra 6. haftaya kadar hızlı, 6. haftadan sonra 10. haftaya kadar nispeten yavaş, 10. haftadan sonra tekrar hızlı ancak 17. haftadan sonra hasada kadar yavaş gelişme ile devam ettiği belirlenmiştir (Kadiroğlu Karaoğlu 2011). İran'da yürütülen 'Hayward' kivi çeşidinde 16 Ekim'den itibaren 7 gün aralıklarla 5 kez hasat edilerek yapılan çalışmada sonucunda, farklı hasat tarihlerinin meyve hacmini istatistik olarak önemli etkilediği, meyve hacmi bakımından en yüksek değerlerin 4. hasat döneminde 102.64 ml olduğu tespit edilmiştir (Farzam ve ark. 2013). Meyve hacmi yönünden çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular literatür sonuçlarıyla uyum içerisindedir.

3.4. Meyve Yoğunluğu

Meyve yoğunluğunda meyve gelişim süresince dalgalanmalar görülmüş ve başlangıçta 0.97 g/ml olan değer hasat olumunda 0.98 g/ml'ye yükselmiştir (Çizelge 3, Şekil 1). İran'da yürütülen Hayward kivi çeşidinde farklı hasat tarihlerinde yoğunluğun değişken bir seyir izlediği ve 1.03-1.19 g/ml arasında değiştiği tespit edilmiştir (Farzam ve ark. 2013). Hayward kivi çeşidi ile Ordu'da yürütülen bir çalışmada, meyve yoğunluğu hasat olumunda 1.03 g/ml olarak bulunmuştur (Bostan ve Günay 2014). Meyve yoğunluğu yönünden çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular literatür sonuçlarıyla uyum içerisindedir.



Şekil 1. Meyve gelişimi süresince meydana gelen değişimler

Figure 1. Changes during the fruit development

3.5. Meyve Kabuk Kalınlığı

Meyvelerin kabuk kalınlığında meyve gelişim süresince dalgalanmalar görülmüş ve başlangıçta 0.66 mm olan değer hasat olumunda 1.27 mm'ye yükselmiştir (Çizelge 3).

Çanakkale Umurbey Beldesi'nde 'Hayward' kivi çeşidinde bitkisel özelliklerin incelendiği araştırmada kabuk kalınlığının 0.80 mm ile 0.84 mm arasında olduğu tespit edilmiştir (Şeker ve ark. 2003). Ekolojik ve beslenme farklılıklarından kaynaklanan nedenlerle çalışmamızda kabuk kalınlığı daha fazla olmuştur.

3.6. Meyve Eti Sertliği

Meyve eti sertliğinde meyve gelişim süresince dalgalanmalar görülmüşse de, en düşük meyve eti sertliği hasat olumunda tespit edilmiştir. Başlangıçta 8.17 kg olan değer hasat olumunda 7.63 kg/cm²'ye düşmüştür (Çizelge 3).

'Hayward' kivi çeşidinde yapılan araştırmada, gelişmekte olan kivi meyvesinde meyve dokusunun çok sert olduğu fakat gelişmenin ilerleyen safhalarında sertlikte azalmalar meydana geldiği ve hasat olumunda sertliğin 6-9 kg arasında olduğu tespit edilmiştir (Beever ve Hopkirk 1990). 'Hayward' kivi çeşidinde yapılan bir diğer çalışmada hasat zamanında meyve eti sertliğinin 7-10 kg olması gerektiğini bildirilmiştir (Mc Donald 1990). Kivide hasat dönemi ilerledikçe olgunlaşma ile birlikte meyve eti sertliğinin azaldığı tespit edilmiştir (Samancı ve Uslu 1992). Yalova koşullarında 'Hayward' kivi çeşidinde hasat dönemleri süresince meyve eti sertliği belirgin bir şekilde azalma göstermiştir. 1995 yılında ilk hasattaki 9.36 kg değeri son hasatta 5.55 kg'a, 1996 yılında ise 8.6 kg'dan 6.46 kg'a düşmüştür. Hasat dönemleri ortalamaları dikkate alındığında hasatlar arasında P<0.001 düzeyinde önemli farklılıklar saptanmıştır (Kaynaş ve ark. 2000). Hatay ekolojisinde 'Hayward' çeşidinde meyve tutumundan itibaren hasada kadar 2 Haziran tarihinde 6.4 kg/cm² olan meyve eti sertlik derecesi artarak 12 Temmuz'da 12.0

kg/cm²'lik değere ulaşmıştır. Temmuz ortalarından hasada kadar ise azalarak 9 Kasım'da 7.8 kg/cm²'ye düşmüştür. Çanakkale-Umurbey'de Hayward kivisinde meyve eti sertliğinin meyve gelişim süresince giderek azaldığı, değer olarak 6.3-11.2 kg/cm² arasında olduğu ve farklılıkların istatistik olarak önemli çıktığı belirlenmiştir (Kaynaş ve ark. 2002). Rize ekolojik şartlarında yetiştirilen kivi çeşitlerinde yapılan çalışmada da, hasat olumunda meyve eti sertliğinin 'Hayward' çeşidinde 7.5-9.0 kg olduğunu tespit edilmiştir (Zenginbal ve ark. 2005). Ünye (Ordu)'de 2007 yılında farklı zamanlarda hasat edilen meyvelerde, meyve eti sertliği hasat ilerledikçe azalmış, ilk hasatta 9.916 kg olan değer son hasatta 8.452 kg olmuştur (Esen 2009). İran'da yürütülen Hayward kivi çeşidinde 16 Ekim'den itibaren 7 gün aralıklarla 5 kez hasat edilerek yapılan araştırma sonucunda, meyve eti sertliğinin 2. hasatta daha fazla olduğu ve genellikle giderek azalarak en düşük değer olan 6.82 kg/cm²'ye düştüğü belirlenmiştir (Farzam ve ark. 2013). Meyve eti sertliği yönünden çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular literatür sonuçlarıyla uyum içerisindedir.

3.7. Usare Miktarı

Usare miktarı meyve gelişim süresince düzenli bir artış göstermiş ve başlangıçta % 39.12 olan değer hasat olumunda % 67.82'ye yükselmiştir (Çizelge 3).

Meyve gelişim süresince usare miktarının değişimini gösteren literatür bulunmadığından hasat olumu döneminde yapılan çalışma ile karşılaştırılmıştır. Hayward kivi çeşidinde hasat olumunda ortalama meyve suyu miktarının % 81.8 olması gerektiğini bildirilmiştir (Testolin ve Crivello 1987). Giresun ilinde yürütülen bu çalışmada usare miktarı değerlerinin biraz daha düşük olmasının nedenlerinin meyve suyu miktarının tespitinde kullanılan yöntemin farklı oluşu ile yaptığımız gözlemlere göre belli bir bölge içerisinde meyve suyu miktarının birçok faktör etkisi altında yıldan yıla, bahçeden bahçeye, bir yükseltiden diğer yükseltiye ve bir yöneyden diğer yöneye bağlı olarak da önemli farklılıklar arz edebileceği söylenebilir.

3.8. Meyve Kabuk Rengi

"L" parlaklık (aydınlık) değeri olup 0 siyah, 100 ise beyazı, "a" değeri kırmızıyı, "-a" değeri yeşili, "b" sarıyı ve "-b" mavi değerini ifade etmektedir. Yapılan kabuk rengi ölçümlerinde meyve gelişim süresince genel olarak parlaklığın azaldığı görülmüş ve başlangıçta 47.18 olan "L" değeri hasat olumunda 44.42'ye düşmüştür. Renk "a" değeri ise meyve gelişim süresince genel olarak artarak yeşilden açık kırmızı renge doğru değişmiş ve başlangıçta -2.32 olan değer hasat olumunda 2.80'e yükselmiştir. Gelişim süresince "b" değerinin de genel olarak azalarak sarıdan açık sarı renge doğru değiştiği görülmüş ve başlangıçta 38.43 olan değer hasat olumunda 28.60'a düşmüştür (Çizelge 3).

Kivide meyve kabuğunun ne renginde ne meyve yüzeyinin yapısında, ne de çiçeğin kalan diğer kısımları veya meyve sapında çok fazla değişiklikler gözlenmez (Beever ve Hopkirk 1990). Ünye ekolojisinde parlaklığın rakım arttıkça arttığı ve hasada doğru azaldığı, "a" değerinin orta kuşaktaki Nadırlı köyünde ve yüksek kuşaktaki Yenikızılcakese köyünde kırmızıdan açık kırmızıya, diğerlerinde ise kırmızıdan koyu kırmızıya doğru değiştiği; ikinci yılda sahil kuşağında bulunan deneme bahçesinde, orta kuşakta yer alan Hızırbaşı Günlük köyü ve yüksek kuşaktaki Yenikızılcakese köyünde b değerinin sarı renkten açık sarı renge doğru değiştiğini, diğer bahçelerde ise sarıdan koyu

sarı renge doğru değişimin olduğu tespit etmiştir (Esen 2009). Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular Ünye’de sahil kuşak 0-200 m, orta kuşak 201-400 m, yüksek kuşak 401 m ve üzeri rakımlarda yapılan çalışma sonuçlarıyla uyum içerisinde.

3.9. Meyve Et Rengi

Yapılan et rengi ölçümlerinde meyve gelişim süresince genel olarak parlaklığın azaldığı görülmüş ve başlangıçta 68.65 olan “L” değeri hasat olumunda 61.56’ya düşmüştür. “a” değeri ise azalarak yeşilden koyu yeşil renge değişmiş ve başlangıçta -10.05 olan değer hasat olumunda -16.51’e düşmüştür. Gelişim süresince “b” değerinin de artarak sarıdan koyu sarı renge doğru değiştiği görülmüş ve başlangıçta 25.94 olan değer hasat olumunda 34.79’a yükselmiştir (Çizelge 3).

Kivide meyve kabuğunun renginde meyve gelişimi sürecinde çok fazla bir değişiklik gözlenmezken meyve içinde birkaç değişiklik olur, renk çok az değişir, göbek kısmı beyaz, et kısmı (perikarp) yeşil kalır (Beever ve Hopkirk 1990). Ünye’de yapılan çalışmada yılların ortalamalarına göre meyve etinde parlaklığın yüksek kuşakta arttığı, diğerlerinde ise azaldığı; “a” değerinin yüksek kuşaktaki kivilerde yeşilden koyu yeşil renge değiştiği, “b” değerinin sarıdan açık sarı renge doğru değiştiği tespit edilmiştir (Esen 2009). Görüleceği üzere meyve et rengi “L” ve “a” değerleri yönünden çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular literatür sonucuyla uyum içerisinde olmakla birlikte “b” değeri uyuşmamaktadır. Bu farklılığın sebepleri ise çalışmanın yapıldığı ekolojik farklılıklar, beslenme koşulları, farklı yıllarda yapılmış olması ve her seferinde ayrı meyvelerde çalışılması olarak gösterilebilir.

4. Sonuçlar

Giresun koşullarında farklı toprak yapıları ve farklı çevre koşullarında, ‘Hayward’ kivi çeşidinde meyve gelişim periyodu süresince meydana gelen fiziksel değişimlerin incelenmesi sonucunda; incelenen bütün fiziksel özelliklerin meyve gelişme dönemlerine göre çok önemli çıktığı; meyve ağırlığı, meyve boyutları, meyve hacmi ve meyve suyu randımanının meyve gelişimi süresince düzenli bir artış gösterdiği; meyve yoğunluğunun gelişim süresince dalgalanmalar göstermekle birlikte, genel olarak meyve olgunlaştıkça artış gösterdiği; meyve eti sertliğinin meyve gelişim süresince dalgalanmalar göstermekle birlikte genel olarak hasada doğru azaldığı; kabuk kalınlığının genel olarak hasat olgunluğuna yaklaştıkça arttığı; meyve gelişim süresince meyve kabuğunda genel olarak parlaklığın azaldığı, “a” değerinin genel olarak yeşilden açık kırmızı renge doğru değiştiği, “b” değerinin de genel olarak sarıdan açık sarı renge doğru değiştiği; meyve etinde parlaklığın genel olarak azaldığı, “a” değerinin yeşilden koyu yeşil renge değiştiği, “b” değerinin de sarıdan koyu sarı renge doğru değiştiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak; Giresun İli’nde yetiştiriciliği yapılan ‘Hayward’ kivi çeşidinin meyve fiziksel özelliklerinin, diğer yetiştirme alanlarındaki meyvelerin özellikleriyle paralellik gösterdiği, iklim ve toprak yapısının kivi yetiştiriciliğine uygun olduğu, fiziksel özelliklerin ekolojik faktörlerin yanı sıra kültürel uygulamalarla da değişim gösterebileceği söylenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında Burcu YILMAZ tarafından tamamlanan yüksek lisans tezinin bir bölümü olup Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından TF-1520 No'lu proje ile desteklenmiştir. Bu desteklerinden dolayı ilgili kurum ve birime teşekkür ederiz.

Kaynaklar

1. Altuntaş E, Cangi R, Kaya C, Dilmaç M & Saraçoğlu O (2009). Hayward Kivi Çeşidinin Hasat ve Yeme Olumu Dönemlerindeki Bazı Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. *III. Ulusal Üzümsü Meyveler Sempozyumu*. 10-12 Haziran 2009, Kahramanmaraş. Bildiriler Kitabı: 293-301.
2. Basım H (2001). Kivinin Antalya Koşullarında Mevsimsel Gelişimi Üzerinde Araştırmalar. *Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Antalya.
3. Beever DJ & Hopkirk G (1990). Fruit Development and Fruit Physiology. "in: *Kiwifruit: Science and Management*", Eds: I.J. Warrington and G.C. Weston Ray Richards Publisher, Auckland, pp. 97-126.
4. Bostan SZ (1997). Eriklerde Meyve ve Sürgün Gelişimi Üzerine Bir Araştırma. *Bahçe* 26 (1-2): 85-91, Van.
5. Bostan SZ & Günay K (2003). Ordu Ekolojisinde Yetiştirilen Hayward Kivi Çeşidinde Meyve Gelişimi İle Bazı İklimsel Değerler Arasındaki İlişkiler. *Ulusal Kivi ve Üzümsü Meyveler Semp.* 23-25 Ekim 2003, Ordu. Sayfa: 29-34.
6. Bostan SZ & Günay K (2014). 'Hayward'(Actinidia deliciosa Planch) Kivi Çeşidinin Meyve Kalitesi Üzerine Rakım ve Yöneyin Etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi* 3 (1): 13-22.
7. Cangi R & Karadeniz T (2001). Ordu Ekolojisinde Yetiştirilen Hayward Kivi Çeşidinde (A. deliciosa) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerin Değişimi Üzerine Bir Araştırma. *Journal of Qafqaz University*, Spring, 7, 169-176, 2001.
8. Esen Y (2009). Ünye Yöresi Kivi Yetiştiriciliğinde Meyve Gelişiminin ve En Uygun Hasat Zamanının Belirlenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Samsun.
9. Farzam E, Shahbazi H, Imani AA & Gheshlaghi EA (2013). Effect of Harvest Time on some Qualitative and Quantitative Characteristics of Hayward Kiwifruit in the West of Gilan, Iran. *Intl J Farm & Alli Sci.* Vol., 2 (11): 296-301, 2013.
10. Grant JA, Polito VS & Ryugo K (1994). Flower and Fruit Development (*Kiwifruit Growing and Handling*) UCANR Publications 3344, 134 p., Technical Editors: Hasey, J.K.; Johnson, R.S.; Grant, J.A.; Reil, W.O.). pp: 14-17.
11. Hosseinzadeh J, Feyzollahzadeh M & Afkarı AH (2013). The Physical and Chemical Properties of Kiwifruit Harvested at Four Stages. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19 (No 1) 2013, 174-180.
12. Kadiroğlu Karaoğlu H (2011). Hayward Kivi Çeşidinde Meyve Tutumundan Hasada Kadar Olan Dönemde Meyvede Meydana Gelen Morfolojik Değişimlerin Saptanması. *Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi* 31s. Tekirdağ, 2011.
13. Karaçalı İ (1990). Bahçe ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması. Ege Üniversitesi

Ziraat Fakültesi Yayınları No: 494. Bornova/İzmir.

14. Kaynaş K, Özelkök İS, Samancı H & Yalçın T (2000). Kivide Meyve Gelişimi, Olgunlaşma ve Depolama Koşulları Üzerinde Çalışmalar. *Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler* Yayın No. 136, 92p.
15. Kaynaş K, Dardeniz A & Kaya S (2002). A Research on Determining the Most Suitable Harvest Maturity of the Kiwifruits (*Actinidia deliciosa* cv. Hayward) Harvested at Different Time Intervals. *Pakistan Journal of Applied Science* 2 (12): 1074-1077.
16. Mc Donald B (1990). Precooling, Storage and Transport of Kiwifruit. In: Kiwifruit: Science and Management. Ed: I. J. Warrington and G. C. Weston, Ray Richards pub. *New Zealand Soc. Hort Sci.* 429-453.
17. Samancı H & Uslu İ (1992). Türkiye'de kivi (*Actinidia deliciosa* A. Chev.) Yetiştirme Olanakları Üzerinde Çalışmalar. *Türkiye I. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*, 13-16 Ekim, İzmir. Sayfa: 187-190.
18. Şeker M, Dardeniz A, Kaynaş K & Ulaş Z (2003). Çanakkale Yöresinde Yetiştirilen Hayward ve Tomuri Kivi Çeşitlerinin Önemli Bitkisel Özelliklerinin incelenmesi. *Ulusal Kivi ve Üzümsü Meyveler Sempozyumu*, Ordu Ziraat Fakültesi, 23-25 Ekim 2003, Ordu. Sayfa: 46-51.
19. Testolin R & Crivello V (1987). İl kiwi Suo Mondo. *Fed. Reg. Colt. Dir. Veneto*. İripa.
20. Westwood MN (1978). *Temperate Zone Pomology*, 428 p, W.H., Freeman and Company, San Fransisco.
21. Zenginbal H, Özcan M & Haznedar A (2005). Rize Ekolojik Şartlarında Yetiştirilen Kivi Çeşitlerinde Fenolojik Gözlem ve Pomolojik Analizler Üzerine Bir Araştırma. *DERİM* 22(1): 1-9.

Diz Eklem Protezi Aşınma Test Simülatörü Tasarım ve İmalatı

Erkan BAHÇE¹ , Ender EMİR^{1*} 

¹ İnönü Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

(Geliş Tarihi/Recived Date: 15.10.2018; Kabul Tarihi/Accepted Date: 01.12.2018)

Öz

Günümüzde, diz eklem protezleri kıkırdak yapısındaki bozulmanın yanı sıra trafik kazaları ve spor yaralanmaları sonucunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanımdaki artış ile beraber protez bileşenlerinde aşınma, gevşeme, enfeksiyon gibi sorunlar meydana gelmektedir. Bu sorunlar sonucunda protez ömürleri kısalmaktadır. Ömürde meydana gelen kısılmanın kullanım öncesi bilinebilmesi için diz eklem simülatörleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada diz eklemine simüle eden protez bileşenlerden biri olan ultra yüksek molekül ağırlıklı polietilen (UYMAP) insert bileşenindeki hata durumlarını gözlemlemek için diz hareketlerini simüle eden bir diz simülatörünün tasarımı ve imalatı gerçekleştirildi. Tasarım, ISO 14243 standardında belirtilen hareket varyasyonlarını uygulayabilecek şekilde gerçekleştirildi. Çalışma sonucunda diz eklemine dört farklı zıt hareket çiftini uygulayan bir cihaz geliştirildi. Gerçekleştirilen testler ile motor performansları değerlendirildi. Değerlendirme sonucunda servo motorların standart değerlerinden maksimum %2'lik bir sapma yaptığı görüldü. Lineer aktüatörler ise ISO 14243-3 standardındaki yer değiştirme değerlerine göre belirlenen iki mesafe arasında strok hareketi yaptırıldı.

Anahtar Kelimeler: Diz Eklemi, Diz Eklem Protezi, Diz Eklem Simülatörü

Manufacturing And Design Of Knee Joint Prosthesis Wear Simulator

Abstract

Nowadays, knee joint prostheses are commonly used as a result of deterioration of the cartilage structure and sports injuries as well as the traffic accidents. With the increase in use, problems such as wear, loosening and infection of prosthetic components are occurred. As a result of these problems, their prosthetic lifespan is shortened. Knee joint simulators are used to be able to know the shortening of lifespan before use. In this study, a knee simulator simulating the knee movements was designed and produced to observe the error conditions in the ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE) insert component, which is one of the prosthetic components that simulate the knee joint. The design is to apply the motion variations specified in ISO 14243-3. At the end of the study, a device was developed that applied four different opposing pairs of knee joint. Motor performance was evaluated by the tests performed. As a result of the evaluation, it was seen that the servo motors had a maximum deviation of 2% of the standard values. Linear actuators were used to make a stroke between two distances in accordance with ISO 14243-3 standard.

Keyword: Knee Joint, Knee Joint Prosthesis, Knee Joint Simulator

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: enderemir.inonu@gmail.com

Giriş

Diz eklemi günlük hareketler nedeniyle tekrarlı olarak maruz kaldığı farklı eksenlerde ve şiddette yüklerden dolayı bir süre sonra işlevini yerine getiremez duruma gelmektedir. İşlev kaybındaki en önemli sebeplerden biri menisküslerin zarar görmesidir. Bu durum sonucunda da bireyler günlük yaşantılarını devam ettirmekte zorlanmaktadır. Eklemdeki eski işlevinin kazandırılabilmesi için ağrısız eklem hareketi için tasarlanmış metal ve polietilen malzemelerden üretilmiş diz eklem protezleri kullanılmaktadır.

Dünya sağlık örgütünün verileri doğrultusunda nüfustaki yaş oranının artması nedeni ile dünya çapında total diz protezi (TDP) ameliyatlarının sayısı yılda 4.5 milyonu bulmaktadır (Nikolau 2014). Ancak TDP'nin kullanım şartlarına bağlı polietilen aşınması, aseptik gevşeme, dengesizlik ve enfeksiyon gibi sorunlar ile karşılaşmaktadır (Çizelge 1). TDP'lerin kullanım ömrünün günümüzde 20-25 yıl arasında olması beklenirken, Çizelge 1'de belirtilen komplikasyonlar sonucunda protez ömrünü beklenenden kısa sürede tamamlamaktadır. Bu durum hem mali yönden hem de hasta sağlığı yönünden olumsuzluklara sebep olmasından dolayı protez ömürlerinin cerrahi operasyonlar öncesinde yaklaşık olarak belirlenmesi gerekmektedir.

Çizelge 1. Diz eklem protezinde meydana gelen komplikasyonlar (Shi 2014)
Table 1. Complications in knee joint prosthesis (Shi 2014)

Komplikasyonlar	Görülme yüzdesi
Polietilen aşınması	25
Aseptik gevşeme	24
Dengesizlik	21
Enfeksiyon	17,5

Literatürde protezin tasarım öncesi ve sonrasında değerlendirilebilmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar in-vitro, in-vivo ve nümerik analiz yöntemleridir. In-vivo testlerde vücut ortamı simüle edilmesinden dolayı uzun zaman almaktadır. Nümerik analizlerde ise gerçek kullanım şartlarında oluşabilecek hataların belirlenmesi mümkün olmamaktadır. In-vitro ise vücut ortamı dışında yapılan deneysel çalışmalardır. In-vitro çalışmalar ile diz protezinin kullanım süresince maruz kaldığı farklı eksenlerdeki kuvvetler altında hata mekanizmalarının tespit edilebilmesi oldukça önemlidir. In-vitro çalışmalarda diz eklem protezinde meydana gelebilecek aşınmaların gerçekçi bir şekilde tespit edilebilmesi için diz eklemdeki günlük veya tanımlanmış farklı hareketleri simüle edebilecek diz simülasyonları kullanılmaktadır. Kullanılan diz eklem simülasyonları sayesinde protez temas bölgelerinin sınırları, aşınma oranları gibi gerek tasarım öncesi gerekse tasarım sonrası bilgi edinilebilmektedir.

Literatürde diz simülasyonunun gelişimi incelendiğinde kas, tendon ve yumuşak doku gibi farklı anatomik yapıların dikkate alındığı ve farklı serbestlik derecelerinde tasarımların yapıldığı görülmektedir (Çizelge 2). Yapılan bu çalışmaların bir kısmında ISO 14243-3 standartta belirtilen hareket profillerine uygun olarak tasarımların yapıldığı görülmektedir (Callies et al 2014; Wang et al 1999; Romeo 2015). Diğer grup çalışmalarında ise günlük hayatın zorlayıcı etkilerini gözlemlemek için diz eklem simülasyonlarının tasarlandığı görülmektedir (Romeo 2015; Abdel-Jaber et al 2015; Liu et al 2015). Bu simülasyonlar koşma,

tırmanma ve zıplama gibi simüle edilmiş hareketleri uygulayabilecek şekilde çalışma olanağına sahiptirler. Son olarak, yapılan çalışmaların bazılarında hem yumuşak doku davranışı sergilemesi hem de eklem hareketlerinde sınırlayıcı görev görmesi için için yay kullanılmışlardır (Campbell 2008, Walker et al 2013; Schwenke et al 2009).

Çizelge 2. Diz eklem simülasyonu literatür çalışmaları
Table 2. Literature study knee joint simulator

Yazar	Yayın Yılı	İ/D*	Eksenel Kuvvet	Ö/A*	Tibial Dönme	V/V*	S/S*
Wang et al.	(1999)						
Instron Biolups Diz Simülasyonu	(2008)						
Walker et al.	(2008)						
Schwenke et al.	(2009)						
Calliess et al.	(2014)						
AMTI Diz Simülasyonu	(2015)						
Abdel-Jaber et al.	(2015)						
Liu et al	(2015)						

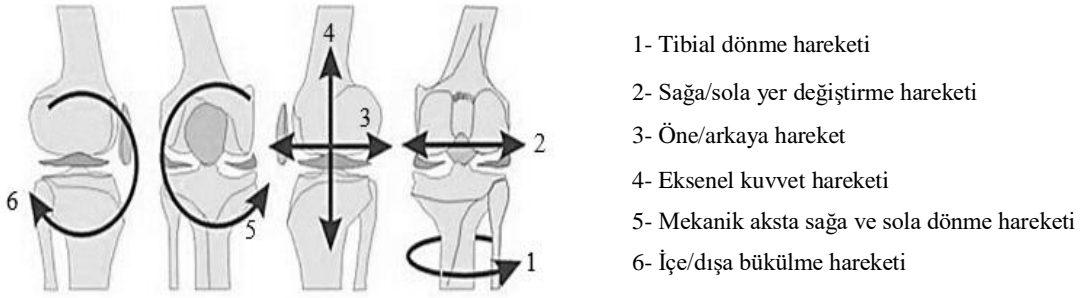
*İ/D: İç/Dış, Ö/A: Ön/Arka, S/S: Sağa/Sola, V/V: Varus/Valgus

Yapılan bu çalışmada diz eklem protezlerinin ISO14243-3 standartında belirtilen şartlardaki kullanım ömürlerinin yaklaşık olarak belirlenebilmesi amaçlanmaktadır. Bu nedenle total diz eklem protez bileşeninin insert malzemesinde kullanıma bağlı olarak oluşabilecek hataların önceden belirlenebilmesini sağlayabilecek yeni bir diz eklem simülasyonu geliştirildi. Oluşturulan sistemde literatürden farklı olarak öne/arkaya (Ö/A) ve içe/dışa (İ/D) bükülme hareketi femur bileşeninden, eksenel kuvvet ve tibial dönme hareketi ise tibia bileşeninden verildi ve ayrıca çapraz bağların ve menisküslerin yumuşak doku davranışlarını sergiletebilmesi için eksenel kuvvet ve Ö/A hareketinin uygulanmasında yay kullanıldı.

2. Materyal ve Metot

2.1. Diz Eklem Biyomekaniği

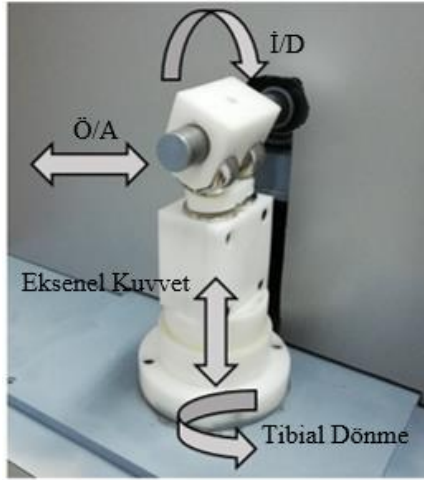
Diz eklemi biyomekaniğini anlamak bozulan diz eklem yapısı için oldukça önemlidir (Berk 2008). Ancak diz ekleminin karmaşık yapısı nedeniyle birden fazla hareket çiftini içerisinde barındırır. Bu hareketlere zıt hareketler çifti adı verilmektedir (Jongh 2013). Bu hareket çiftleri kendi arasında üç rotasyon ve üç yer değiştirme hareketi olarak ayrılmaktadır (Shi 2007) (Şekil 1).



Şekil 1. serbestlik dereceli diz eklem hareketleri
Figure 1. 6 Degrees of motion present in the human knee

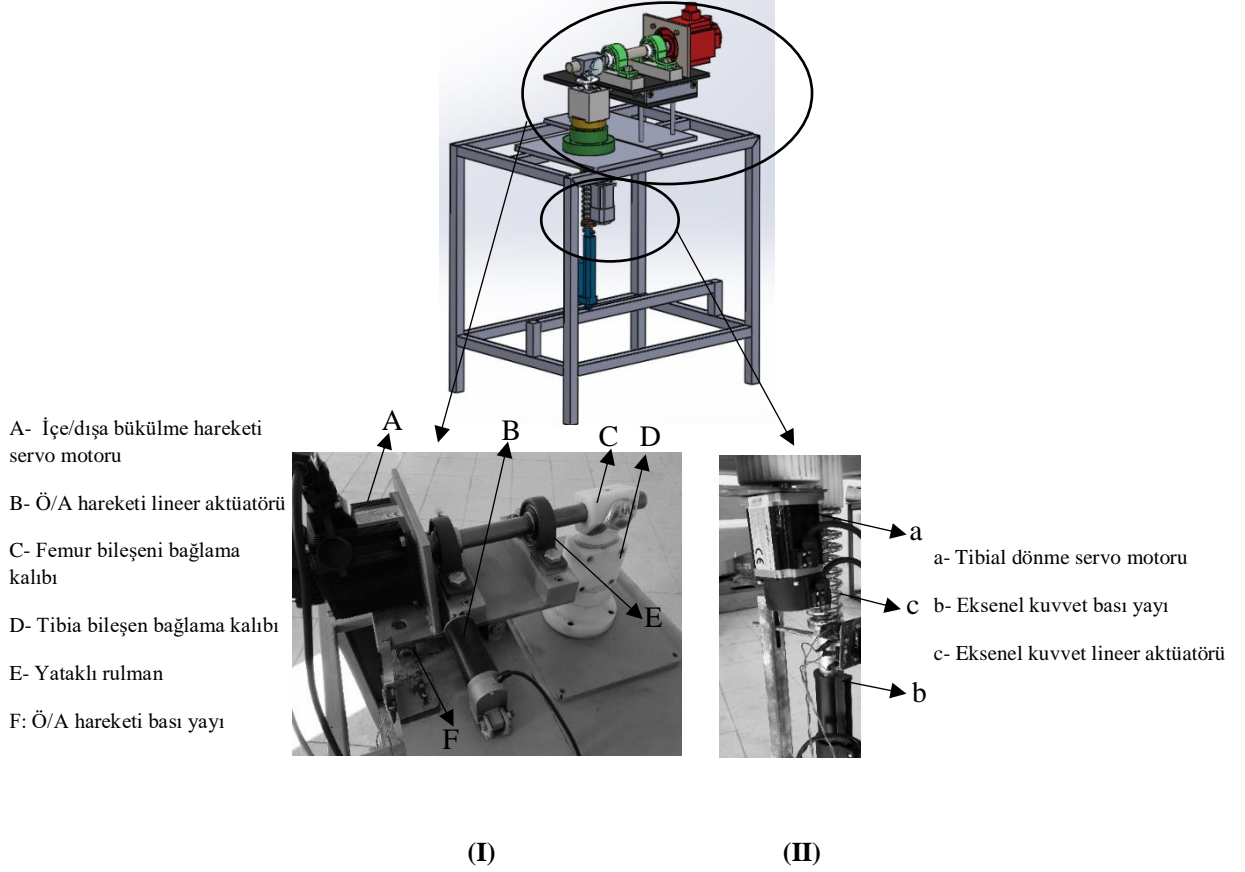
2.2. Diz Eklem Simülasyonu Tasarım ve İmalatı

ISO14243-3 test standartında diz eklemi için dört farklı eksen ve hareket çifti belirtilmiştir. Bunlar eksenel kuvvet, tibial dönme, Ö/A hareket ve içe/dışa bükülme hareketleridir (ISO14243-3). Hareketlerin verildiği protez bileşenleri ve doğrultuları Şekil 2’de verildiği gibidir. Burada İ/D bükülme hareketi ve Ö/A hareketi femur bileşeninden, tibial rotasyon ve eksenel kuvvet hareketi ise tibial bileşenden verilmiştir.



Şekil 2. Diz eklem simülasyonu
Figure 2. Knee joint simulator

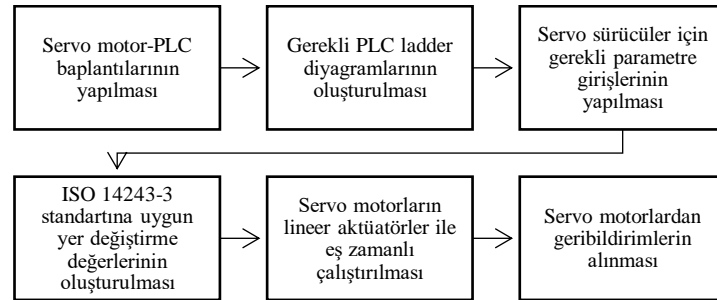
Hareket mekanizmalarının analizi, konstrüksiyonun optimum boyutlarının belirlenmesi amacı ile tasarım öncelikle CAD ortamında SolidWorks yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi (Şekil 3). Çalışmada imal aşaması iki kısma ayrıldı. Birinci kısımda İ/D ve Ö/A hareket çiftlerini uygulayabilecek sistem oluşturuldu. İ/D ve tibial rotasyon hareketlerini gerçekleştirebilmek için sırası ile Şekil 3-I-A ve Şekil 3-II-a’da gösterilen servo motorlar kullanıldı (1.5kW ve 0.75kW). Diğer yandan eksenel kuvvet ve Ö/A hareketi için Şekil 3-I-B ve Şekil 3-II-b’de gösterilen DC motordan almış olduğu dairesel hareketi doğrusal harekete çeviren lineer aktüatörler kullanıldı (500N ve 3000N). Protez bileşenlerinin bağlantıları için Şekil 3-I-C ve D’de gösterilen bağlama kalıpları tasarlandı. Ayrıca eksenel kuvvetin etkisiyle İ/D bükülme hareketini gerçekleştirecek olan servo motor milindeki sehimi engellemek için Şekil 3-I’de E ile gösterilen yataklı rulmanlar kullanıldı. Son olarak tasarımda hem menisküs hem de çapraz bağların esneklik davranışlarının simüle edilmesi için Şekil 3-I-F ve Şekil 3-II-c’de gösterilen bası yayları kullanıldı.



Şekil 3. Genel montaj görüntüsü
Figure 3. General view assembly

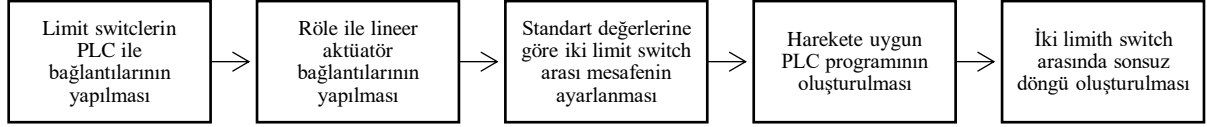
2.3. Motor Kontrol

Programlanabilir lojik kontrolcü (PLC) ile kullanılan her iki servo motorun kontrolü gerçekleştirildi. WinProLadder PLC programlama yazılımı ile servo motorlar standart değerlerine göre çalıştırıldı. Servo motorların kontrolü için gerçekleştirilen işlem basamakları Şekil 4’de verildiği gibi gibidir.



Şekil 4. Servo motor kontrol adımları
Figure 4. Servo motor control steps

Lineer aktüatörlerin kontrolün ise limit switch ve rölelerin yardımıyla sağlandı. Aktüatörlere mesafeleri ayarlanan iki limit switch arasında sürekli olarak strok hareketi yaptırıldı. Lineer aktüatörler için hareket aktüatör milinin her bir limit switchte teması sonucunda sinyal üretip PLC'den lineer aktüatör milinin ters yöne dönmesini sağlayan kontrol programı oluşturuldu. Gerçekleştirilen kontrol adımları Şekil 5'de verildiği gibidir.



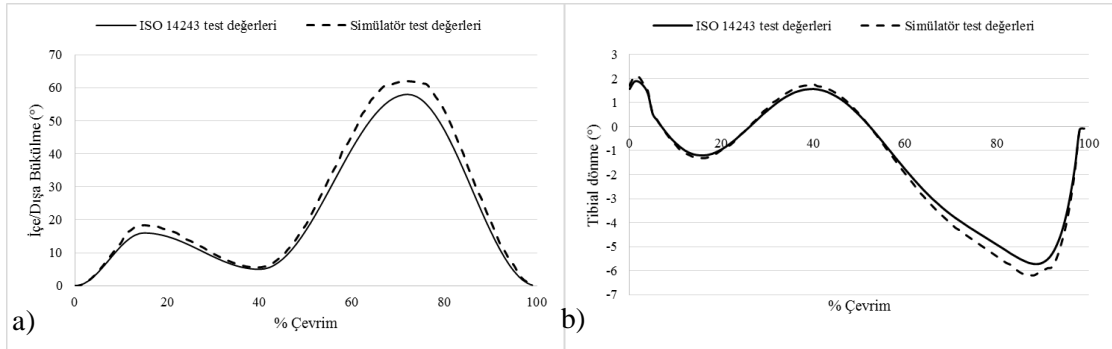
Şekil 5. Lineer aktüatör kontrol adımları
Figure 5. Linear actuator control phase

3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde tasarım ve üretim aşamaları tamamlanan diz eklem protezi aşınma test simülasyonunun çalışma hassasiyetinin değerlendirilebilmesi için servo motorlardan alınan konum bilgileri ile ISO 14243-3 aşınma test standart değerlerinin karşılaştırılması yapıldı.

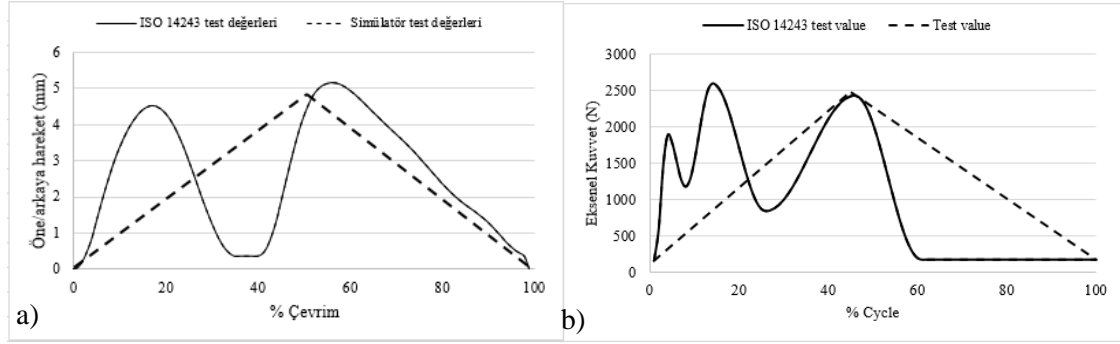
3.1. Deneysel Parametrelerin Test Edilmesi

Servo motorlar ve lineer aktüatörlere uygulatılan istenen kuvvet ve yer değiştirme değerlerinin ISO 14243-3 standart değerleri ile karşılaştırması Şekil 6'da verildiği gibidir. Servo motorların çalışma hassasiyeti değerlendirildiğinde standart değerleri ile PLC'den alınan geribildirimler karşılaştırıldığında uygulatılmak istenen hareket profilini en fazla %2'lik bir sapma ile gerçekleştirdiği görüldü (Şekil 6a-6b). ISO 14243-3 test standart değerlerinde İ/D bükülme hareketinin maksimum değeri 58° iken simülasyon test değerinin maksimum 60° olduğu görüldü. Tibial dönme hareketinde de içe ve dışa bükülme hareketinde olduğu gibi belli bir değerde sapma meydana geldi. Bu hareket için maksimum açı değeri -5.7° iken simülasyon test değeri maksimum -6° olduğu görüldü. Meydana gelen sapma ise hareket profillerindeki ani yön değiştirmeler nedeniyle PLC ve servo motorun uyumlu bir şekilde veri alış-verişi yapamamasından kaynaklı gerçekleşmektedir.



Şekil 6. Motor performansı; a) içe/dışa bükülme hareketi, b) tibial dönme hareketi
Figure 6. Motor performance; a) F/E motion, b) tibial rotation motion

Lineer motorların yapmış oldukları hareketin ISO 14243-3 standardında verilmiş olan değerler ile karşılaştırılması Şekil 7a-7b’de verilmiştir. Lineer motorlar servo motorlar gibi hassas bir şekilde geri bildirim sağlanamamıştır. Bu nedenle standartta verilen hareket profillerinden farklı değerlerde konumlarını sağladılar. Ancak ISO 14243-3 standardında aksel kuvvet ve Ö/A hareketi için gerekli olan maksimum kuvvet ve yer değiştirme değerlerinin bir çevrim süresi içerisinde sağlandığı görüldü.



Şekil 7. Motor performansı; a) Ö/A hareketi, b) aksel kuvvet
Figure 7. Motor performance; a) A/P motion, b) axial force

4. Genel sonuçlar

Yapılan bu çalışmada diz protezlerinde kullanılan biyouyumlu malzemelerin belirli kuvvet ve yer değiştirme değerlerine sahip tekrarlı döngüler sonucunda meydana gelen aşınma mekanizmalarının tespit edilebilmesi için diz simülasyonunun tasarım ve imalatı gerçekleştirildi. Çalışmada elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda sıralandığı gibidir:

1. Simülasyon 4 farklı hareket çiftini uygulayabilecek şekilde üretimi gerçekleştirildi ve çalıştırıldı.
2. Kullanılan servo motorlar maksimum %2’lik bir sapma ile hareketlerini gerçekleştirdiği görüldü.
3. Lineer aktüatörler servo motorlar gibi hassas çalışmadıkları için standartta yer alan yer değiştirme değerlerinden farklı olarak iki mesafe arasında sabit hızla çalıştırıldı.
4. Diz simülasyonları üzerine yapılan çalışmaların genellikle günlük hareketlerin dışında daha zorlayıcı hareketlerin uygulanabilmesine yönelik olarak ilerlemektedir. Bu test cihazı da gerekli düzenlemeler ile farklı günlük aktivitelerdeki hareketleri yapabilecek şekilde çevrilme olanağına sahiptir.
5. Protez kinematığının belirlenebilmesi açısından önemli bir yeri olan diz eklem simülasyonları sayesinde yeni dizayn edilecek diz eklem protezleri için önemli bir veri kaynağı olması düşünülmektedir.
6. Mali desteğin kısıtlı olmasından dolayı tüm hareket varyasyonları için gerekli olan hassas motorların kullanılamamıştır. Bundan dolayı tam anlamıyla standart değerlerinin sağlanamamıştır. Ancak bu çalışma ileride yapılacak olan diz simülasyon çalışmalarına referans teşkil edecektir.




Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde buldukları katkılardan dolayı OTIMED (OTTOMAN) İmplant'a ve FYL-1194 numaralı projedeki desteklerinden dolayı İnönü Üniversitesi BAP birimine teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

1. Abdel-Jaber S, Belvedere C, Leardini A, Affatato S (2015). Wear simulation of total knee prostheses using load and kinematics waveforms from stair climbing. *J. Biomech* **48**(14): 3830–3836
2. Antonino Romeo (2015). Design and development of a knee simulator device, PhD Thesis, Politecnico Di Torino University Belgium
3. Asil Berk (2008). Total Diz Protezi Orta Dönem Sonuçları, Uzmanlık Tezi, Türkiye
4. Calliess T, Schado S, Richter B. I, Becher C, Ezechieli M & Ostermeier S. (2014). Quadriceps force during knee extension in different replacement scenarios with a modular partial prosthesis. *Clinical Biomechanics* **29**(2): 218–222
5. Dieter De Jongh (2013). Control of knee flexion aim a knee simulator, PhD Thesis, Gent University Belgium
6. ISO (2014). Loading and displacement parameters for wear-testing machines with displacement control and corresponding environmental conditions for test, ISO 14243-3: International Organization for Standardization
7. Junfen Shi (2007). Finite Element Analysis Of Total Knee Replacement Considering Gait Cycle Load and Malalignment, PhD Thesis, Wolverhampton University England
8. Liu A, Jennings, L. M, Ingham E & Fisher J (2015). Tribology studies of the natural knee using an animal model in a new whole joint natural knee simulator. *Journal of Biomechanics* **48**(12): 3004–3011
9. Neil Campbell (2008). Design of knee simulator for the testing of total knee prosthesis, PhD Thesis, Cape Town University, South Africa
10. Nikolaou V. S (2014). Common controversies in total knee replacement surgery: Current evidence. *World Journal of Orthopedics* **5**(4): 460-468
11. Schwenke T, Orozco D, Schneider E, & Wimmer M. A (2009). Differences in wear between load and displacement control tested total knee replacements. *Wear* **267**(5-8): 757–762
12. Walker P. S, Lowry M. T, Yildirim G, & Kumar A (2013). Kinematic Differences in Posterior Stabilized Total Knees Determined by a Holistic Experimental Evaluation Method. *Journal of Medical Devices*. Vol. **7**(3): 030907

Yaprak Analizleriyle Fındığın Çinko (Zn) ve Diğer Elementlerle Beslenme Durumunun Belirlenmesi

Faruk ÖZKUTLU^{1*}, Bayram ÖZCAN, Özlem ETE AYDEMİR¹, Mehmet AKGÜN¹

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ordu-Türkiye

(Geliş Tarihi/Recived Date: 09.11.2018; Kabul Tarihi/Accepted Date: 30.11.2018)

Öz

Fındıkta yüksek verim ve kaliteli ürün alabilmek için doğru gübrelemenin uygulanması gerekmektedir. Gübrelemenin doğru olarak belirlenmesi yapraktaki besin element miktarının ölçülmesi ve buna göre gübre uygulanmasına bağlıdır. Bu araştırma, Ordu ili Ünye'den Gülyalı ilçe sınırının sonuna kadar olan bahçelerde fındık yaprakları tarafından topraktan kaldırılan makro (N, P, K, Ca, Mg) ve bazı mikro (Zn, Cu, Mn, Fe) besin elementi miktarlarının saptanmasına yönelik gerçekleştirilmiştir.

Araştırmada, yaprak örnekleri meyve oluşum döneminde hasat öncesi alınmıştır. Elde edilen bulgulara göre; çinko (Zn) konsantrasyonu sınır değerlerle kıyaslandığında % 22'inin <15 mg kg⁻¹ den düşük ve "az", % 78'inin ise 15-80 mg kg⁻¹ arasında "yeterli" olduğu saptanmıştır. Yapraklardaki Zn konsantrasyonunun 10-68 mg kg⁻¹ arasında değiştiği ve ortalama 21 mg kg⁻¹ olduğu saptanmıştır.

Yaprak örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre makro element (N, P, K, Ca ve Mg) konsantrasyonlarında önemli oranda eksiklikler saptanmıştır. Buna göre; N konsantrasyonunun % 0.86-2.39 arasında değiştiği, ortalama % 1.91 olduğu bulunmuştur. Fosfor konsantrasyonunun (P) % 0.08 - 0.22 arasında değiştiği ve ortalama % 0.14 olduğu belirlenmiştir. Potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonları ise sırasıyla K % 0.36 - 1.40 arasında değiştiği ve ortalama % 0.77 olduğu, Ca % 1.05 - 2.20 arasında değiştiği, ortalama % 1.52 olduğu, Mg için % 0.12 - 0.45 arasında değiştiği, ortalama % 0.22 olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre fındıkta element konsantrasyonu bakımından çok geniş varyasyonların olduğu bulunmuştur. Buna her bölgede fındığın mutlaka yaprak analizlerinin yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ordu, Fındık Bahçesi, Mineral Beslenme

Determination of Nutritional Status of Hazelnut Zinc (Zn) and Other Elements with Leaf Analysis

Abstract

In order to obtain high yield and high quality products, proper fertilization must be applied to hazelnuts. In determining this correctly, determine the amount of nutrient elements in the leaf and apply fertilizer accordingly. This study was carried out to determine the amounts of nutrients (N, P, K, Ca, Mg) and some micronutrients (Zn, Cu, Mn, Fe) removed from the soil by hazelnut leaves in the gardens to the end of the Gülyalı district from Ünye border.

In the research, leaf samples collected before harvest in fruit formation period. According to the findings; the concentration of zinc (Zn) was lower than that of 22 % <15 mg kg⁻¹ and

classified as "less" and 78 % of it was classified as adequate between 15 and 80 mg kg⁻¹. The Zn concentration in the leaves ranged from 10 to 68 mg kg⁻¹ and mean was found to be 21 mg kg⁻¹.

According to the results of analysis of leaf samples, macro element (N, P, K, Ca and Mg) concentrations significant deficiencies have been identified. According to this; nitrogen (N) concentration ranged from 0.86 to 2.39 %, the average was found to be 1.91 %. Phosphorus (P) ranged from 0.08 to 0.22 % and was found to be 0.14 % on average. Potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) concentrations of K 0.36 to 1.40 % respectively and the average is 0.77%. It was found that the Ca ranged from 1.05 to 2.20 %, it was 1.52 % on average, it varied from 0.12-0.45 % for Mg, it was 0.22 % on average.

According to the results obtained, it was found that there were wide variations in element concentration in hazelnut leaves. This must be done in every region of the hazelnut leaf analysis.

Keywords: Ordu, Hazelnut Garden, Mineral Nutrition

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: farukozkutlu@hotmail.com

1. Giriş

Bitki analizleri, doğal olarak, toplanan bitki dokusunun laboratuvar analizidir. Bitki analizi, herhangi bir bitkinin toplam element konsantrasyonunun belirlenmesi ilkesine dayanır ve ölçümü yapılan elementlerle bitkinin beslenme durumunun veya toprağın verim kapasitesinin yorumlanmasında kullanılır. Bitkideki besin elementi konsantrasyonu; belirlenmiş kritik, standart değerler veya yeterlilik aralıkları kullanılarak bitkinin beslenme durumu hakkında bilgiye ulaşmak için bu bilinen değerler veya aralıklarla karşılaştırma yapılmasına dayanır (Jones et al 1991; Kelling et al 2000; Rashid 2005). Bu nedenle, bitkilerin eksikliklerini tanımlamak ve yorumlamak adına bitki analizleri başarıyla kullanılabilir (PPI 1997; Kelling et al 2000; Tisdale et al 2002; Rashid 2005). Bitki analizlerinin yanıltıcı sonuç vermemesi için bitki türleri, bitkinin yaşı, bitkinin kısmı, örnekleme zamanı, gübre uygulaması, analitik verilerin yorumlanması gibi faktörlerin dikkate alınması oldukça önemlidir (Jones et al 1991). Birçok araştırmacı tarafından bitki analizinin önemi 4 ana başlık etrafında toplanmıştır. Bunlar; Bitki tarafından belirli semptomlarla açığa çıkan beslenme probleminin belirlenmesi, tarla denemelerinden elde edilen sonuçların yorumu, gübreleme konusunda elde edilen sonuçların yorumlanması ve bitki analizlerinin bitkilerin beslenme durumlarının teşhisinde değerlendirilmesi şeklindedir (Smith 1986; Jones et al 1991; Kelling et al 2000; Havlin et al 2004; Rashid 2005; Self 2005). Bitkide herhangi bir elementin eksikliğinde sadece verim kayıplarının yanı sıra elde edilen ürünün kalitesinde bozulmalar ve çeşitli hastalıklara dayanıklılıklarının azalmasına neden olmaktadır. Yaprak ve diğer bitki organlarının analizleriyle yorumlanması son yıllarda belirleme yöntemi olarak yer almaktadır. Bitki analiz yönteminin, doğru gübre önerisi ve yorumlanmasında önemli katkısı olmaktadır. Diğer kültürel uygulamaların yapılması koşuluyla bitkisel üretimde % 50 ile % 75 oranında verim arttırmada gübrenin payının olduğunu bildirilmiştir (Kacar ve Katkat 2007).

Doğru gübreleme meyveciliğin vazgeçilmez unsurudur. Meyve ağaçlarında yeterli büyümeyi sağlamak ve iyi bir verim elde etmek için doğru gübreleme şarttır. Gübrelemede beslenme bozukluklarının önlenmesi ve verim kayıplarının ortadan kaldırılmasında bitkilere ihtiyacı kadar gübre verilmesinin yanı sıra besin dengesine de dikkat edilmelidir. Ayrıca,

tekdüze gübrelemeden kaçınılmalı ve mikro elementlerinde göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Fındık üretiminin % 25 - 30'luk bir kısmını tek başına karşılayan Ordu ilinde üreticilerden ve tarımsal kuruluşlardan aldığımız bilgi ve gözlemlere dayalı olarak sadece NPK'lı gübreleme yapıldığı ve en çok N'lu gübrelemenin yapıldığı belirlenmiştir. Azot, fosfor ve potasyumlu gübrelemede sırasıyla % 90.1, % 4.31 ve % 0.1 oranında tüketildiği bildirilmiştir (GTHB 2017). Bu oranlarda görüldüğü gibi K'lu gübre neredeyse hiç kullanılmadığı ortaya çıkmıştır. Kompoze gübre kullanımı ise % 5.48 olmuştur. Ordu ilinde fındık veriminin düşük olmasının nedenleri arasında; arazi yapısının engebeli olması, kültürel işlemlere gereken önemin verilmemesi ve üreticiden kaynaklanan bazı yanlış uygulamaların olduğunu söylemek mümkündür. Özellikle gübreleme uygulamalarında yapılan yanlışlıklar örneğin; gübrelemenin eksik, fazla veya rastgele yapılması verimi ciddi oranda düşürmektedir. Tarım il müdürlüğü istatistiklerine göre yörede tekdüze N ağırlıklı bir gübrelemenin yapıldığı ve mikro elementlerinde neredeyse hiç kullanılmadığı bildirilmiştir. Karadeniz bölgesinin yıllık yağış miktarı 800-1200 mm arasında değiştiği için yörede yaygın olarak özellikle B ve Zn noksanlıkları dikkat çekmektedir. Ülkemizde Zn eksikliğinin % 49.8 düzeyinde olduğu tespit olmuştur (Eyüpoğlu et al 1998). Çinko toprakta yetersiz olduğunda ürün verimi olumsuz etkilemektedir.

Bu çalışmada, Ordu ilinde yaygın olarak fındık üretimi yapılan bazı alanlarda yaprak örnekleriyle toplam mineral element analizlerinin yapılmasıyla toprakların verimlilik kapasiteleri hakkında hem de fındık bitkisinin Zn beslenme düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

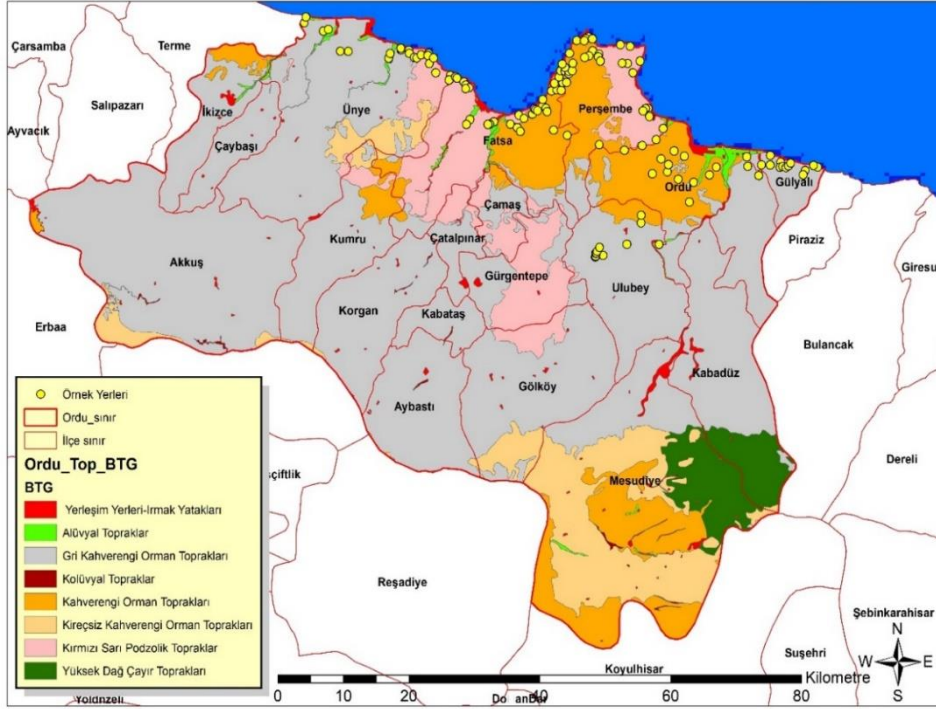
Araştırma, 2017 yılı içerisinde Ünye'den Gülyalı istikametine doğru sahil bandından içlere yönelik 130 farklı noktadan yaprak örneği alınarak gerçekleştirilmiştir. Yaprak örneği alınan noktaların GPS kayıtları alınmış ve örnekleme haritası belirlenmiştir (Şekil 2.1).

2.1. Yaprak Örneklerinin Alınması

Yaprak örnekleri toplanırken fındık bahçelerinin hasat zamanları dikkate alınmıştır. Hasat dönemine en yakın olan ve bitki besin elementlerinin yapraklara taşınımının durağan olduğu zamanda toplanmıştır. Bu zaman aralıkları;

- i. Sahil kolda (0 - 250 m rakım) yaklaşık olarak 1 - 10 Ağustos, (1 - 10 Ağustos genelde sahilde hasat tarihidir.). Bu kolda, 2017 yılı temmuz ayının sonlarında yaprak örnekleme yapılmıştır.
- ii. Orta kolda (250 - 500 m rakım) 2017 yılı 10 - 20 Ağustos hasat tarihi olup ağustos ayının ilk haftasından başlayarak yaprak örnekleme yapılmıştır.
- iii. Yüksek kolda (500 - 750 m rakım) Ağustos ilk haftasından sonraki dönemlerde toplanmıştır.

Yukarıda açıklanan hasat zamanları göz önüne alınarak Ordu ili Ünye ilçe sınırının sonundan başlayarak Gülyalı ilçe sınırının sonuna kadar olan alandaki bahçelerdeki hakim çeşitlerden fındık ocaklarının sürgünlerindeki meyveli dalların üzerinde bulunan 3. ve 4. sağlıklı yapraklardan bahçeyi temsil edecek düzeyde her bahçedeki farklı Ocaklardan 50-60 adet yaprak örneği toplanmıştır (Bergmann 1992).



Şekil 2. Yaprak örneklerinin alındığı noktalar

2.2. Yaprak Örneklerinde Yapılan Analizler

2.2.1 Bitkide Toplam Azot Miktarının Belirlenmesi

Fındık yapraklarındaki toplam N miktarı standart Kjeldahl yöntemi ile saptanmıştır (Bremner, 1965).

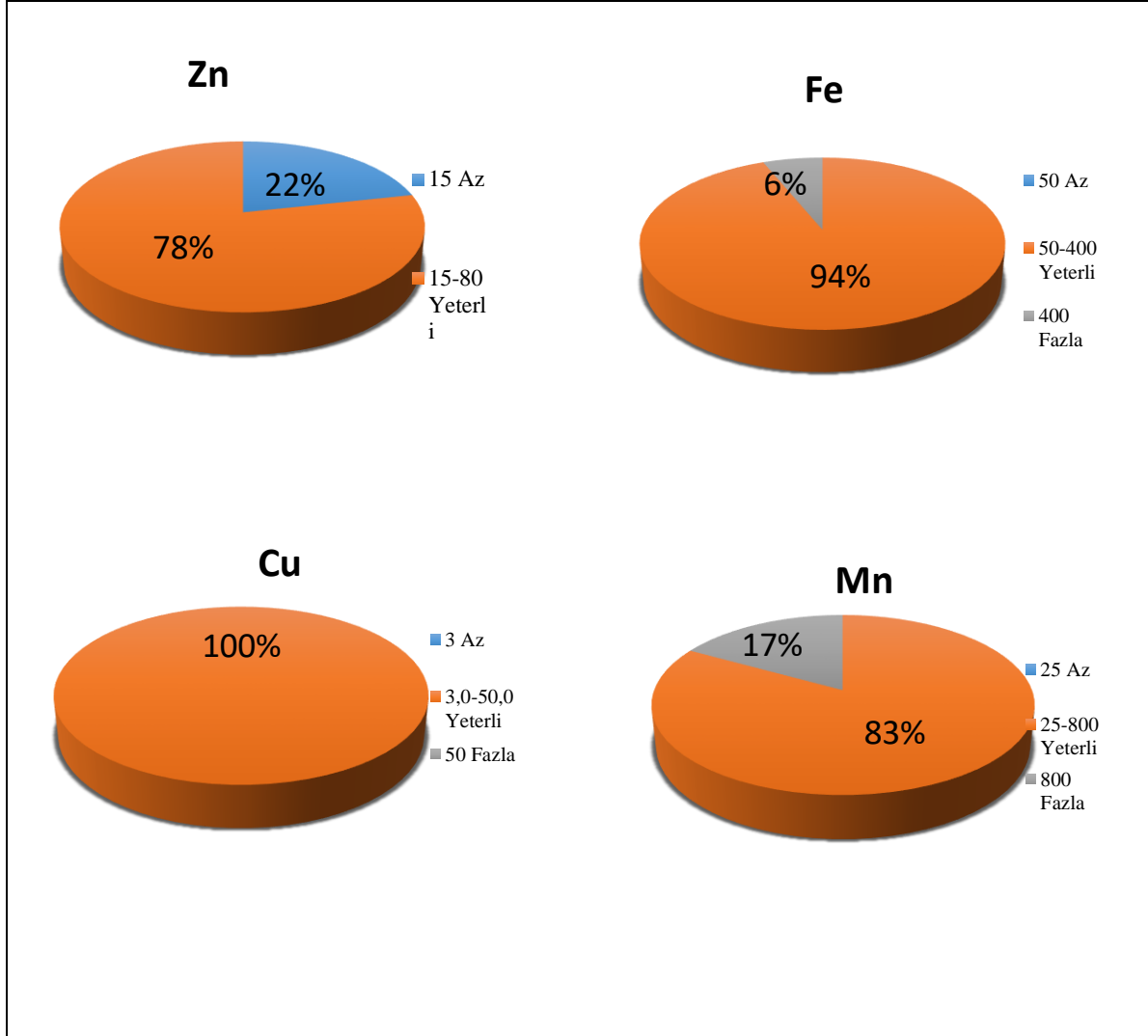
2.2.2. Bitki Örneklerinde Yaş Yakma

Fındık yapraklarındaki toplam mineral besin elementlerini saptamak için öğütülmüş bitki örnekleri yaklaşık 0.2 g olacak şekilde tartılmıştır. Yaş yakma metoduna göre mikrodalga tüplerinin üzerine 2 ml saf su, 2 ml H₂O₂ (% 30'luk) ve 4 ml HNO₃ (% 65'lik) içeren bir karışımı içinde yakılmıştır (CEM MARS, microwave Acceleration Reaction System). Ölçümler ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer; Varian ICP-OES Vista Pro) ile belirlenmiştir. Yapılan analizlerin doğruluğu National Institute of Standards and Technology (ABD)' den sağlanan standart referans (Peach leaves, 1547) örneklerle kontrol edilmiştir. Yapılan analizlerin referans örneklerle karşılaştırılmasıyla okuma hatalarının çoğunlukla % 1-2 arasında olduğu bulunmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Yaprakların Mikro Element Konsantrasyonu

Alınan yaprak örneklerinin çinko (Zn), Demir (Fe), Bakır (Cu) ve Mangan (Mn) konsantrasyonları belirlenmiştir (Şekil 3.1)



Şekil 3.1 Yaprakların Toplam Zn, Fe, Cu, Mn Konsantrasyonu ve Kritik Sınır Değerlere Göre Dağılımı

Yapılan çalışmada farklı lokasyonlardan toplanan yaprak örneklerinin Zn konsantrasyonları değerlendirildiğinde en düşük çinko konsantrasyonu 10 mg kg^{-1} iken en yüksek 68 mg kg^{-1} olduğu saptanmış olup tüm örneklerin ortalama Zn değeri 21 mg kg^{-1} bulunmuştur. Yapraklardaki Zn konsantrasyonu Şekil 3.1.’deki sınır değerlerine göre sınıflandırıldığı zaman örneklerin % 22’sinin “az”, % 78’inin “yeterli” seviyede Zn içerdiği saptanmıştır (Şekil 3.1).

Yapraktaki toplam Zn konsantrasyonunun düşük veya yüksek olması birçok faktöre bağlıdır. Bitkinin yeterli miktarda Zn ile beslenmesi en başta toprak çözeltisindeki miktarına bağlıdır. Toprak çözeltisindeki Zn miktarı da toprakların organik maddesi, pH’sı, kireç içeriği, nem içeriği ve diğer besin elementlerinin miktarı gibi faktörler tarafından etkilenmektedir.

Türkiye’de toprakların ve bitkilerin Zn beslenmesine yönelik çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin, Eyüpoğlu et al (1995) tarafından Zn ile ilgili yapılan ilk çalışmalardan birinde Türkiye’de 1511 toprak örneğinin DTPA’da ekstrakte edilebilir Zn konsantrasyonunun topraktaki 0.5 mg kg^{-1} kritik sınır değerinden daha düşük olduğu ve toplam örneklerin % 49.8’inde Zn noksanlığının bulunduğu açıklanmıştır. Topraklarda Zn noksanlığı genelde yüksek pH, kireç ve metal oksitlerle düşük organik maddeden ileri

gelmektedir (Marschner 1993). Toprak pH'sı; parçacıkların adsorptiv kapasitesini arttırmakta ve bunun sonucunda hidrolize Zn formlarını oluşturmasıyla kalsiyum karbonat üzerindeki kimyasal bağlanmayı ve demir oksitler üzerindeki çökelmeyi artırması neticesinde Zn'nun bitkilerce alınabilirliği azalmaktadır. Genellikle alkalın karakterde ve kireçli topraklarda Zn eksikliği nötral ve hafif asidik topraklara göre daha fazladır. Yağış miktarı fazla olan bölgelerde düşük total Zn konsantrasyonuna sahip alanlarda kumlu ve fazla yıkanmış asidik topraklarda Zn eksikliği oldukça belirgindir.

Ordu'nun yıllık yağış miktarı 1034 mm olduğundan bu bölgede toprakların asitlik ve alkalinité düzeyleri geniş sınırlar arasında yer almaktadır. Örneğin, Özkutlu et al (2017) tarafından yapılan araştırmaya göre Ordu-Samsun yöresinde 412 toprak örneğini analiz etmiş ve bunun sonuçlarına göre; toprakların pH düzeyleri, toplam örneklerin % 1.46'sında kuvvetli asit olarak belirlenirken, % 22.82'si orta asit, % 36.89'u hafif asit, % 23.79'u nötr ve % 15.05'inin hafif alkalın karakterli olduğu belirlenmiştir. Fazlaca asit olan alanlar yüksek yağış miktarının etkisiyle topraklarda Zn noksanlığı görülebilmektedir. Topraktaki eksikliğe bağlı olarak bitkilerde yeterince Zn ile beslenememektir. Bu sonuçları destekleyen başka bir araştırma ise Tarakçıoğlu et al (2003) Ordu yöresinde fındık yetiştiriciliği yapılan toprakların verimlilik ve bitkinin beslenme durumunu belirlemek amacı ile 65 adet toprak, Tombul ve Palaz fındık çeşitlerine ait 65'er adet yaprak örnekleri alarak analizlerini yapmışlardır. Araştırma sonucunda yöre topraklarının asit reaksiyonlu, az kireçli, killi ve killi tınlı bünyeye sahip, azot ve organik madde bakımından yeterli olduğunu saptamışlardır. Yöre topraklarının yaklaşık % 49.2' sinin P, % 69.2' sinin K, % 38.5 'inin Ca, % 12.3' ünün Mg bakımından orta ve düşük; % 75.4' ünün Zn, % 93.9' unun B bakımından noksan ve düşük olduğunu belirlemişlerdir. Toprakların Fe, Cu ve Mn içeriklerinin yeterli seviyelerde olduğu, fındık bahçelerinden alınan yaprak örneklerinin yaklaşık % 57'sinde N, % 64.6'sında P, % 66.2'sinde K, % 58.5'inde Mg, % 26.9'unda Zn ve % 91.5'inde B'un noksan olduğunu; bildirmiştir. Ordu ilinde toprakların yer yer kuvvetli asitlik gösterdiği alanlarda sık sık kireçleme yapılmaktadır. Kireçleme yaparken gereğinden fazla uygulandığında mevcut olan Zn noksanlığı daha da şiddetlenmektedir. Topraktaki Zn eksikliği daha da şiddetlendiğinden bitkilerce alınabilir Zn konsantrasyonunda noksanlığa neden olmaktadır. Topraklarda kireç uygulamasıyla alüminyum toksisitesi önlenir ve kök büyümesi gelişir. Kök büyümesine bağlı olarak bitki büyümesinde görülecek artışla bitkinin ihtiyaç duyduğu Zn miktarı da artacaktır. Ayrıca, kireçlemeyle toprak çözeltisindeki Zn konsantrasyonunda bir azalma olacaktır. Bu nedenle kireç uygulamalarının verimde herhangi bir azalmaya yol açmaması için Zn uygulamasının söz konusu uygulamalarla birlikte yapılması yararlı olacaktır (Marschner 1995).

Yapraklarda diğer mikro elementlerden demir (Fe) konsantrasyonu en düşük 106 mg kg⁻¹ iken en yüksek 702 mg kg⁻¹ olup ortalama 228 mg kg⁻¹ olduğu bulunmuştur. Fındık yapraklarında Fe konsantrasyonu örneklerin % 94'ünün "yeterli" ve % 6'sının "fazla" düzeyde Fe içerdiği saptanmıştır (Şekil 3.1).

Bitkilere yarayışlı çözünebilir Fe miktarı pH 6.5 - 8.0 arasında en az düzeyde bulunur. Toprak pH'sı ile Fe'in çözünlüğü arasında ilişki vardır. Buna göre, toprak pH'sı düştükçe Fe'in çözünlüğü artmakta ve bitkilerin Fe beslenmesi daha iyi olmaktadır. Bitkilerin Zn ve Fe beslenmesi arasında pozitif interaksiyon bulunmaktadır. Ancak, Zn - P arasında ise negatif interaksiyon bulunmaktadır. Genellikle Zn uygulanmasıyla bitkide Fe beslenme durumunun iyileştiği ileri sürülmektedir (Loneragan ve Webb 1993). Hashemimajda (2010) tarafından fındığa Fe ve Zn ile zenginleştirilmiş vermikompost uygulamasının fındık yapraklarının Fe ve Zn konsantrasyonunun arttığını ve fındık veriminin de kontrole göre daha fazla olduğunu açıklamıştır. Özenç (2014) tarafından Karadeniz bölgesinde Giresun

araştırma enstitüsünde tombul fındık çeşidinin hakim olduğu bahçede üç yıl süre ile Fe'in verim ve verim parametreleri üzerine etkisi incelemiştir. Araştırmada hektar başına 0, 4, 8, 12 ve 16 kg Fe gübresi dozlarını uygulayarak insan beslenmesine olan katkılarını araştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hektar başına 12 kg Fe uygulamasının fındıkta boş ve buruşuk oluşumunu azalttığını ve total yağ, fındık tane sayısı ve fındık tane ağırlığını arttırdığını bildirmiştir.

Yapılan araştırmada bakır (Cu) 'ın bitkilerce alınabilir konsantrasyon değerleri en düşük 4.8 mg kg⁻¹ olmasına karşın en yüksek 8.6 mg kg⁻¹ olduğu bulunmuştur. Bitkilerce alınabilir Cu konsantrasyonların Şekil 3.1'deki sınır değerlerine göre karşılaştırıldığında % 100'ünün "yeterli" olduğu belirlenmiştir.

Bitkilerin Cu beslenmesi ve Zn arasında rekabet olduğu bilinmektedir. Yeterli miktarda Cu ile beslenen bitkilerin Zn dağılımını ve taşınımını etkilenmektedir. Her iki elementin toprakta düşük olduğu durumda fazla miktarda bir gübre uygulamasıyla diğerinin alımının sınırlayabilmektedir. Yaprakların Mn konsantrasyonu en düşük 27 mg kg⁻¹, en yüksek 1788 mg kg⁻¹ olup ortalama 468 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Araştırma yapılan fındık bahçelerinin Mn konsantrasyonunun % 83'ü "yeterli" ve % 17'si "fazla" miktarda Mn içerdiği tespit edilmiştir (Şekil 3.1).

3.2. Yaprakların Makro Element Konsantrasyonu

Yapraklardaki N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonları belirlenmiş ve çizelge 3.1 de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ordu Merkez ve İlçelerinden Alınan Yaprakların Makro Besin Elementlerinin Analiz Sonuçlarının Durumu ve Dağılımı

Besin Elementi	Sınır Değeri*	Değerlendirme	Toplam Örnek Sayısı	Dağılımı (%)
N	2.0- 2.29	Az	126	96.9
	2.3- 2.6	Yeterli	4	3.1
	2.6<	Fazla	0	0
P	0.15	Az	76	58.5
	0.15- 0.6	Yeterli	54	41.5
	0.6	Fazla	0	0
K	1	Az	112	86.2
	1.0-3.0	Yeterli	18	13.8
	3	Fazla	0	0
Ca	1	Az	0	0
	1.0-3.0	Yeterli	130	100
	3	Fazla	0	0
Mg	0.25	Az	89	68.5
	0.25-1	Yeterli	41	31.5
	1	Fazla	0	0

Yaprakların toplam N konsantrasyonu en düşük %0.86 iken en yüksek %2.39 bulunmuştur. Ortalamaları ise; % 1.91 olarak saptanmıştır. Yaprakların N konsantrasyonu kritik sınır değer ile karşılaştırıldığında toplam N konsantrasyonunun % 96.9'nun yetersiz olarak beslendiği ve "az" olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.1). Fındık yetiştiriciliğinde en fazla

N'lu gübreler kullanılmasına rağmen bitkilerin yaklaşık olarak % 97 oranında eksiklik göstermesinin nedenleri olmalıdır. Bunların başında üreticiler tarafından kullanılan N'lu gübreleme ya miktar olarak yetersiz verildiği ya da uygulama zamanının yanlış olarak belirlendiği ilave olarak da yanlış gübre formları kullanılması sonucu bitkinin doğru beslenmediği yer almaktadır. Azotun bitki büyümesini arttırması ve kök bölgesindeki (rizosferde) pH değişimleriyle bitkilerin Zn'la beslenme düzeyinin de etkilendiği bilinmektedir. Genellikle N ve Zn uygulamalarının birlikte uygulanmasında verim üzerine pozitif etkilerinin olduğu yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur. Örneğin, Kirk ve Bajita (1995) tarafından bitkilere N ve Zn'nun birlikte uygulanmasının tek başına Zn uygulamasına göre daha iyi sonuç verdiği açıklanmıştır. Zn'ca noksan koşullarda N'lu gübre uygulamalarının bitki büyümesini attırarak eksik olan Zn'nun bitki dokularında daha da şiddetlenerek Zn'ca yetersiz beslenmesine neden olabilmektedir. Azotlu gübrelerin formları da Zn'nun yarayışlılığını etkilemektedir. Örneğin, amonyum sülfat $(NH_4)_2SO_4$ gibi N'lu gübrelerin belli bir asitleştirici etkisi bulunmaktadır. Yüksek pH'a sahip alanlarda amonyum sülfat gübresi uygulandığında rizosfer bölgesinde pH'ı düşürme etkisiyle Zn'nun yarayışlılığını arttırmaktadır. Buna karşılık kalsiyum nitratlı gübreler rizosfer bölgesinde toprak pH'sını yükselterek Zn'nun alınabilirliğini azaltabilmektedir. Çinko noksanlığında bitkide sentezlenen protein miktarında azalmalar olabilmekte ve bitkide NO_3^- ve NH_4^+ şeklinde alınan N'un indirgenerek aminli bileşiklere daha sonra aminli bileşiklerde aminoasitlere ve sonuç olarak aminoasitlerde proteinlere dönüşmektedir (Marshner 1995). Bu dönüşümde en etkin rol Zn tarafından olmaktadır. Çinko kök gelişimini etkilediğinden yeterli düzeyde Zn ile beslenemeyen bitkilerin köklerinde yer yer şişkinliklerle birlikte kök tüylerinin kök ucunda toplanmasına neden olmaktadır. Beyhan et al (1998) Palaz fındık çeşidinin hakim olduğu bahçelerde artan azot dozlarının (0, 300, 450 ve 600 g N/ ocak) etkisini araştırmıştır. Artan N dozları ile yapraklardaki N konsantrasyonunda Haziran ayında değişim olmamasına karşın Temmuz ayında yapraklarda yüksek oranda değişim olduğu saptanmıştır. Artan dozlarda N uygulamasının Ca, Mg, Fe, Zn ve Mn oranlarının arttığını açıklamıştır.

Yaprakların toplam P konsantrasyonları % 0.08 ile % 0.22 arasında değişmiş ve ortalaması ise % 0.14 olarak bulunmuştur. Yaprakların P konsantrasyonu kritik değer ile kıyaslandığında % 58.5'nun "az" ve % 41.5'inin "yeterli" olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.1). Fosfor eksikliğinde bitkinin generatif üreme organları tam olarak şekillenmediği için verimde ciddi düşüşler olmaktadır. Aşırı miktarda P uygulamaları ise bitkideki Zn noksanlığının daha da şiddetlenmesine neden olmaktadır. Örneğin Loneragan ve Webb, (1993) ve İbriki ve ark., (2009) tarafından Zn - P interaksyonunda yüksek fosfor uygulamasıyla yeşil aksamdaki Zn konsantrasyonunun azaldığı bildirilmiştir. Bitkilerin aşırı gübrenmesiyle yeşil aksamda fazlaca büyümeye bağlı olarak Zn konsantrasyonunda azalma olabilmektedir. Bu durum, yüksek P uygulaması ve bitki köklerinde Zn'nun absorpsiyonunun köklerden yeşil aksama Zn taşınmasının engellenmesiyle ilişkilidir. Fosforun bitkide Zn'nun hareketliliğini ve alınabilirliğini etkileyebildiğiyle ilgili olası birçok mekanizma bulunmaktadır. Bu mekanizmalar; Zn'nun köklerden yeşil aksama taşınmasının engellenmesi, çözünür Zn miktarındaki azalma, fitat gibi P'lu bileşiklerin Zn'yu bağlaması ve membranlardan P'un dışarıya sızması olarak açıklanmaktadır. Yukarıda açıklanan P-Zn interaksyonunun dikkate alınması ve gübreleme önerilerinde P-Zn oranı göz önünde bulundurulmalıdır.

Fındık yapraklarının toplam K konsantrasyonu en düşük % 0.36, en yüksek % 1.40 olup ortalaması % 0.277'dir. Bitkilerin % K düzeyleri % 86.2'sinin "az" % 13.8'inin "yeterli" düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.1). Genellikle Türkiye topraklarının K

durumlarının iyi olduğu söylenmektedir. Fakat son yıllarda yapılan araştırmalarda göstermektedir ki Türkiye topraklarında özellikle yağış miktarı fazla olan bölgelerde noksanlık göstermektedir. Bu araştırmada da tespit edildiği gibi Ordu İlinde fındık bahçelerinde yapraklarda % 86 düzeyinde K noksanlığı belirlenmiştir. Su kültürü çalışmalarında Ca, Mg, K ve Na gibi elementlerin bitkilerce Zn alınımını engelledikleri bilinmektedir. Topraktaki etkileşimleri elementlerin toprak pH'sı üzerindeki etkilerine bağlı olarak değişmektedir. Yaprakların toplam Ca konsantrasyonlarına bakıldığı zaman alınan örneklerinin hepsinin Ca içeriğinin yeterli düzeyde olduğu bulunmuştur (Çizelge 3.1). Yaprakların toplam Mg konsantrasyonları en düşük % 0.12, en yüksek % 0.45 olup ortalaması % 0.22'dir. Fındık yapraklarının % Mg sonuçları % 68.5 oranında "az" olup, % 31.5 oranında "yeterli" olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

Doğu Karadeniz Bölgesinde yağış miktarı 900 – 1500 mm kadar değişmektedir. Ordu'dan başlamak üzere daha doğuya Rize'ye doğru gidildikçe yağış miktarı artmaktadır. Bu durumda da toprakta mineral elementler yıkanarak ortamdaki uzaklaşabilmektedir. Bu nedenle yaprak örneklerinin % 68 oranında Mg ile beslenemediği belirlenmiştir. Asit karakterli topraklarda Mg bileşikleri bitkiye elverişsiz formlara dönüşebilmekte ve Mg'un yıkanması söz konusu olmaktadır. Özkutlu et al (2016) tarafından yapılan araştırmada artan dozlarda (0, 7.5, 15.0 ve 22.5 kg da⁻¹) MgSO₄.7H₂O gübresi uygulanmıştır. Dekar başına 15.0 kg MgSO₄ gübrelemesiyle fındık verim ve randımanında artış olduğu açıklanmıştır. Söz konusu araştırmada kontrol ocaklarından dekara 47.50 kg fındık verimi elde edilirken 15.0 kg MgSO₄ da⁻¹ gübrelemesiyle verimin 54.42 kg düzeyine çıktığı saptanmıştır. Ayrıca 15.0 kg Mg da⁻¹ gübrelemesiyle kabuklu fındık ve iç fındık oranında artış olduğu, buruşuk fındık ile boş fındık oranının da azaldığı belirlenmiştir. Yapılan araştırmada yaprak örneklerinde toplam Ca konsantrasyonların % 1.05 ile % 2.20 arasında değişmekte olup, ortalaması % 1.52 bulunmuştur.

4. Sonuç

Ordu Ünye sahil sınırından başlamak üzere Gülyalı ilçe sınırının sonuna kadar olan yaklaşık 130 km'lik alanda yer alan fındık bahçelerinin yaprakların Zn konsantrasyonu belirlenmiş ve yaprak sınır değeriyle kıyaslandığında % 22'sinin "az" olduğu saptanmıştır. Yörede Zn bugüne kadar üreticiler tarafından bilinmeyen ve gübrelemede neredeyse hiç yer verilmeyen bir elementtir. Halbuki Zn'nun bitkide çok önemli fizyolojik süreçleri tamamlayabilmesi için bitkinin yeterli düzeyde Zn ile beslenmesi gerekmektedir. Bitki Zn ile yetersiz olduğunda ciddi verim kayıpları söz konusu olmaktadır. Fındık bitkisinin yaprak analizleriyle Zn'dan başka N, P ve K gibi elementlerce de yetersiz beslendiği saptanmıştır. Ordu ilinde en fazla kullanılan gübreler arasında azotlu gübreler yer almaktadır. Diğer gübrelere çok az miktarda yer verilmesinden dolayı fındık verimin 88 kg/da olarak çok düşük düzeyde kalmasına neden olmuştur. Özellikle önemli mikro elementlerce gübreleme yapılırsa verim düşüklüğü önlenebilir .

Teşekkür

Bu araştırma Ordu Üniversitesi Bilimsel Projeleri Destekleme (BAP) Birimi tarafından BY-1724 nolu projeyle desteklenmiştir.

Kaynaklar

1. Bergmann W (1992). Nutritional disorders of plants-development, visual and analytical diagnosis. Fischer Verlag, Jena
2. Beyhan N & Demir T (1998). Farklı azot dozlarının palaz fındık çeşidinde verim, meyve kalitesi ve beslenme üzerine etkisi O.M.Ü.Z.F., Dergisi, (1):1-13
3. Bremner J M (1965). Total nitrogen methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Ed. C.A. Black. Amer. Soc. Of Agron. Inc. Pub. Agron. Series. No: 9, Madison, Wisconsin, U.S.A. Pp: 1149-1178
4. Eyüpoğlu F, Kurucu N & Talaz S (1995). Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Mikroelementler Bakımından Genel Durumu. Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü, 620/A-002 Proje Toplu Sonuç Raporu, Ankara
5. Eyüpoğlu F, Kurucu N & Talaz S (1998). Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Çinko Bakımından Genel Durumu. I. Ulusal Çinko Kongresi, 99-106, Eskişehir
6. GTHB (2017). Ordu İl Gıda Tarım Ve Hayvancılık Müdürlüğü, Ordu İlinde Kimyasal Gübre Kullanım Oranları Ve Fındıkta Verimlilik Durumu Raporu
7. Hashemimajda K (2010). Evaluation of nutrient concentration of leaf and yield of hazelnut (*Corylus avellana* L.) as affected by Fe⁻ and Zn⁻ enriched vermicompost, Plant Ecophysiology. 179-186
8. Havlin J L, Beaton J D, Tisdale S L & Nelson W L (2004). Soil Fertility and Fertilizers. 6th ed. Pearson Education, Patparganj Delhi, India
9. Ibrikci, H., Ulger, A. C., Korkmaz, K., Oktem, A., Buyuk, G., Ryan, J., & Cakir, B. (2009). Genotypic responses of corn to phosphorus fertilizer rates in calcareous soils. Communications in soil science and plant analysis, 40(9-10), 1418-1435.
10. Jones J B, Wolf B & Mills H A (1991). Interpretation of results. In: *Plant Analysis Handbook – a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Micro-Macro Publishing Inc., USA
11. Kacar B & Katkat A V (2007). Bitki Besleme. Nobel Yayın No:849. Ankara, 659 s
12. Kelling K A, Combs S M & Peters J B (2000). Plant Analysis as a diagnostic tool. <http://www.soils.wisc.edu/extension/publications/horizons/2000/Plant%20Analysis%20as%20Tool.pdf>
13. Kirk G J D & Bajita J B (1995). Root-induced iron oxidation, pH changes and zinc solubilization in the rhizosphere of lowland rice. *New Phytologist*, 131(1), 129-137
14. Loneragan J F & Webb M J (1993). Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. In *Zinc in soils and plants* (pp. 119-134). Springer, Dordrecht
15. Marschner H (1993). Zinc uptake from soils. Chap 5 in Robson, A.D. (ed.) *Zinc in soil and plants*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 48-78
16. Marschner H (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd edn. academic press. San Diego, pp. 379-396
17. Özenç N (2014). Effect of iron fertilization on nut traits and nutrient composition of ‘Tombul’ hazelnut (*Corylus avellana* L.) and its potential value for human nutrition *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, 64:7, 633-643
18. Özkutlu F, Korkmaz K, Akgün M & Ete Ö (2016). Magnezyum Gübrelemesinin Fındığın (*Corylus Avellana* L.) Verim ve Bitki Besin Elementi İçeriklerine Etkisi. *Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg.*, Cilt:6, Sayı:2, 2016,48-58.

19. Özkutlu F, Korkmaz K, Şahin Ö, Akgün M, Ete Ö, Taşkın B & Aygün A (2017). Ordu ve Samsun yörelerindeki fındık bahçelerinin bor beslenme durumunun belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(1), 53-62
20. PPI (1997). Manual Inyernacional de Fertilidad de Suelos. Potash and Phosphate Institute, Atlanta, Georgia. In: Lopez, A. and J. Espinosa, (eds.). *Manual on the Nutrition and Fertilization of Banana*. p. 54. Potash and Phosphate Institute of Canada
21. Rashid A (2005). Soils: Basic concepts and principles. In: *Soil Science*. Memon, K.S. & A. Rashid, (eds.). National Book Foundation, Islamabad
22. Self J R (2005). Plantanalysis. <http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/00116.html>
23. Smith FW (1986). Interpretation of plant analysis: Concepts and principles. In: Reuter, D.J. and J.B. Robinson, (eds.) *Plant analysis – An Interpretation Manual*. pp. 1–12. Inkata Press, Melbourne and Sydney
24. Tarakçioğlu C, Yalçın S R, Bayrak A, Küçük M & Karabacak H (2003). Ordu yöresinde yetiştirilen fındık bitkisinin (*corylus avellana* l.) beslenme durumunun toprak ve yaprak analizleriyle belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 9 (1) 13-22
25. Tisdale S L, Nelson W L, Beaton J D & Havlin J L (2002). *Soil Fertility and Fertilizers*. 5th ed. Prentice Hall, New Delhi, India

Farklı Su Aktivitesine Sahip Çeşitli Gıdalarda Küf ve Maya Yükünün Belirlenmesi İçin Kullanılan DRBC Agar ve DG18 Agar Besiyerlerinin Etkinliğinin Karşılaştırılması

Burcu KAYA¹ , N. Nilüfer DEMİREL ZORBA^{2*} 

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye
²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Çanakkale, Türkiye

(Geliş Tarihi/Received Date: 01.11.2018; Kabul Tarihi/Accepted Date: 10.12.2018)

Öz

Maya ve küfler çürüten bitki materyali, hava ve toprakta oldukça yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Gıda işleme sırasında bu mikroorganizmaların ürüne bulaşması ciddi kayıplara neden olmaktadır. Bundan dolayı gıdanın florasında bulunan küf ve mayaların tespit edilmesi önemlidir. Günümüzde bu amaçla yaygın olarak kullanılan besiyerleri Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) agar ve Dichloran %18 Glycerol (DG18) agardır. Bu çalışmada DRBC agar ve DG18 agar besiyerlerinin performansı üç farklı grupta su aktivitesine sahip 43 adet gıda örneğinin küf ve maya mikrobiotasının belirlenmesinde yayma plak yöntemine göre ekim yapılarak alınan sayım sonuçları koloni büyüklükleri ve çeşidi değerlendirilerek bu besiyerlerinin performans karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan istatistiksel analize göre DRBC agar ve DG18 agar besiyerlerinden tespit edilen küf-maya sayıları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Fakat tüm gıda gruplarına ait petri kaplarının morfolojik olarak karşılaştırılmasında küf ve maya kolonilerinin büyüklüğü ile küf çeşitliliğinin DRBC agar besiyerinde daha fazla olduğu görsel olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Maya, Küf, DRBC, DG18, Su Aktivitesi

Comparison of Efficacy of DRBC Agar and DG18 Agar Media Used for Determination of Mold and Yeast Loads in Various Foods with Different Water Activity

Abstract

Yeast and molds are quite common in air, soil and rotting plant material. Contamination of these microorganisms to the product during food processing causes serious losses. Therefore, it is important to detect molds and yeasts found in the microbiota of the food. Nowadays, for this purpose, Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) agar and Dichloran 18% Glycerol (DG18) agar are widely used. In this study, the performance of DRBC agar and DG18 agar media were evaluated by using the spread plate method for the determination of the mold and yeast flora of 43 food samples with three different groups of water activity. Performance comparison of these media was made by evaluating the results of the count, colony size and type. According to the statistical analysis, no significant difference was found between mold and yeast counts at two media. However, it was determined that the size of mold and yeast colonies mold variety was higher in DRBC agar compared to DG18 when the visual comparison was made in all food groups.

KeyWords: Yeast, Mold, DRBC, DG18, Water activity

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: dnukhet@comu.edu.tr

1. Giriş

Gıda işleme, hasat, taşıma, dağıtım ve depolama sırasında özellikle yetersiz korunmuş, işlenmemiş gıdaların, çeşitli küf ve mayalar tarafından enfekte olarak bozulması sonucu ürün kaybı olmaktadır. Bundan dolayı gıdadaki küf ve maya yükünün belirlenmesi gıdanın raf ömrünün tahmininde önemli faktörlerden biridir. Ayrıca gıda da bulunan küflerin mikotoksin üretme ihtimali halk sağlığı açısından risk oluşturmaktadır. Tüm bunların sonucu olarak kalite güvence programlarında mikolojik değerlendirmeler gerekli hale gelmiştir (Beuchat ve Hwang, 1996; Taniwaki ve ark., 2001; Beuchat & Man, 2016). Mikolojik değerlendirmeler için en önemli faktör mikroorganizmanın en iyi şekilde gelişimini sağlayacak bir ortam yani besiyeridir.

Gıdalarda maya ve küf sayımları için kullanılacak ideal bir besiyeri; bakterilerin gelişimini engellemeli, maya ve küflerin gelişimi için yeterli besleyici değere sahip olmalı, oluşan kolonilerin radyal büyümesini geciktirmeyerek teşvik etmelidir (Beuchat&Hwang, 1996; Taniwaki ve ark., 2001). Gıdalardan küf ve maya izolasyonunda kullanılan birçok kültür besiyeri geliştirilmiştir. Fakat sayılan bu özelliklere rağmen birçok besiyerinin mevcut olması araştırmacıları hangi besiyerinin seçmesi gerektiği konusunda zorlamaktadır.

Besiyerleri ve kullanılan yöntemlerin karşılaştırılmasında iki noktaya dikkat edilmelidir. Birincisi kullanılacak standart yöntem ve besiyeri ikincisi ise hangi gıdalarda kullanılacağıdır. Günümüzde ürünlerdeki küf ve maya florasının belirlenmesinde en çok tercih edilen besiyerleri DRBC (Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol) ve DG18 (Dichloran %18 Glycerol) agardır. Uluslararası Gıda Mikolojisi Komisyonu DRBC agar besiyerini yüksek su aktivitesine sahip gıdalar için önerirken DG18 agar besiyerini su aktivitesi <0.95'den düşük olan gıdalarda *Eurotium* türlerini de içeren kserofilik fungusların tespiti için geliştirilmiştir (Beuchat ve ark., 2001; Deak ve ark. 2001; Mentеше ve ark., 2017). Bununla birlikte çoğu antibiyotik ilave edilen PDA (Potato Dextrose Agar) ve PCA (Plate Count Agar) besiyeride bu besiyerine alternatif olarak kullanılmıştır. Yapılan bir çalışmada ise DG18 agarın un, baharat, fındık ve tahıllardaki orta derecede kserofilik küfleri belirlemek için geliştirildiği, *Eurotium spp.* için ideal olmadığı bildirilmektedir (Gaourama ve Bullerman, 1995). DRBC agar ise başlangıçta King ve ark. (1979) tarafından tetrasiklin içerecek şekilde hazırlanmış olan mikroorganizmanın spor çimlenmesini etkilemeden koloni yayılımını kısıtlaması büyük ölçüde geliştirilmiş bir besiyeridir (Gaourama & Bullerman, 1995; Beuchat ve ark., 2001). Fakat günümüzde kloramfenikol içerecek şekilde hazırlanmaktadır.

Bu çalışmada çeşitli gıda gruplarının mikrobiotasında bulunan maya ve küflerin belirlenmesinde kullanılan DRBC agar ve DG18 agar besiyerlerinin performans karşılaştırılması yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Gıda Örnekleri

Taze beyaz üzüm, siyah üzüm, domates, elma, beyaz incir, siyah incir, mandalina; ambalajlı ve ambalajsız kuru beyaz üzüm, kuru siyah üzüm, kuru incir, toz karabiber, tane karabiber, pul biber, fındık, badem, antep fıstığı, ceviz, çifte kavrulmuş lokum, karışık aromalı kuş lokumu, cevizli sucuk, helva; ambalajsız narlı cezerye, sade cezerye, kuru

domates, kuru mandalina; ambalajlı kuru elma, gün kurusu kayısı, kükürtlü kayısı gıdaları örnek olarak kullanılmıştır. 43 adet gıda örneği Çanakkale ilindeki pazar ve marketlerden 10 Ekim - 11 Aralık 2017 tarih aralığında toplanmıştır. 43 adet farklı gıda örneği su aktivitesine göre 3 gruba ayrılmıştır. Su aktivitesi 0.8 olan gıda grubunda 8 adet gıda örneği, Su aktivitesi 0.5-0.8 olan gıda grubunda 23 adet gıda örneği, Su aktivitesi 0.5 altı olan gıda grubunda ise 12 adet gıda örneği yer almaktadır.

2.2. Örneklerin Su Aktivitesi Değerlerinin Belirlenmesi

Her bir örneğin su aktivitesi AquaLab 4TE (DecagonDevices, Inc., Hopkins Court, Pullman, WA.,USA) cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

2.3. Kültür Besiyeri

DRBC agar (Merck, Almanya) ve DG18 (Merck, Almanya) agar besiyerleri üreticinin önerdiği şekilde hazırlanıp, pH değerleri ise 5.6 ± 0.1 olarak ayarlanmıştır.

2.4. Örneklerin Hazırlanması ve Ekim

Aseptik koşullar altında stomacher torbasına her örnekten 10 g tartım alınarak, üzerine 90 ml dilüsyon sıvısı (pepton, 1 g/L) eklenmiştir ve 1 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Uygun desimal seyreltme serileri oluşturulmuştur. DRBC agar ve DG18 agar besiyerlerine hazırlanan dilüsyonlardan yayma plak yöntemi ile 0.1 mL ekim yapılmıştır. Her iki besiyerinde 25 °C de 5 gün (120 saat) inkübe edilmiş ve inkübasyon sonunda her besiyeri için uygun petrilere sayım alınarak kolonilerin kültürel görüntüleri kaydedilmiştir. Her örnekten iki paralel ekim yapılmıştır.

2.5. İstatistiksel Analiz

DRBC agar ve DG18 agar besiyerindeki maya ve küf sayılarının karşılaştırılması için Oneway ANOVA testi bir istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca su aktivitesi değerinin küf maya sayısı üzerine etkisi ve su aktivitesi-besiyeri çeşidi interaksiyonun, küf maya sayısı üzerindeki etkisi de Oneway ANOVA testi ile analiz edilmiştir. Tüm testler için $p < 0.05$ olan değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Kullanılan iki besiyeri su aktivitesi açısından hazırlandığı gün ve inkübasyonun 5. günlerinde karşılaştırılmıştır. 1. gün su aktiviteleri otoklavlanıp petrilere dökülen besiyerlerinin donmasından sonra ölçülmüştür. 5. gün ölçümleri ise 25 °C de 5 gün boyunca herhangi bir ekim yapılmadan tutulan besiyerinde yapılmıştır. DRBC agar besiyerinin hazırlandığı 1. gün su aktivitesi 0.9461 iken inkübasyonun 5. gününde bu değer 0.9029 'a düşmüştür. DG18 agar besiyerinin su aktivitesi değeri ise hazırlandığı 1. gün 0.9123 iken inkübasyonun 5. gününde 0.9095 olmuştur. Bu durumda DG18 agar besiyerinde gliserol varlığının su aktivitesinin daha stabil kalmasında etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca DRBC besiyerinin başlangıçtaki su aktivitesinin Deak ve ark. (2001), tarafından da belirttiği gibi 0.95 civarında belirlenmiş olması oluşan maya ve küf kolonilerin çapının ve küflerin sporlanmasının daha fazla olmasında etkili olduğu düşünülmüştür. Bu durum farklı küf kolonilerinin görülmesinde de etkili olmuştur.

Su aktivitesi 0.8 üzeri olan gıdalara ait küf-maya yükleri Çizelge 1 'de verilmiştir. Su aktivitesi 0.8 üzeri olan taze gıda grubuna ait sonuçlar değerlendirildiğinde; gruba ait beyaz üzüm, siyah üzüm, domates, mandalina örneklerinde DG18 agar da alınan sayım sonuçlarının DRBC agara göre farklı olduğu tespit edilmiştir ($p=0.04$). Morfolojik olarak

Yapılan karşılaştırmada ise özellikle mayaların koloni çapının DRBC agarda daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin taze elmaya ait petri kabındaki maya çapı DG18 agar besiyerinde ortalama 3.37 mm iken, aynı dilüsyondaki DRBC agar besiyerindeki maya çapı ortalama 11.25 mm'dir. Ayrıca DG18 agar da birkaç çeşit küf gözlenirken DRBC agar da daha fazla küf çeşidinin ürediği belirlenmiştir.

Çizelge 1. Su aktivitesi 0.8 üzeri olan gıda grubu için küf ve maya yükleri
Table 1 Mold and yeast loads for food group with water activity above 0.8

Gıda Örneği	Su Aktivitesi (a_w) ¹	Küf ve Maya Sayıları (logkobg ⁻¹)			
		DRBC		DG18	
		Küf ²	Maya	Küf	Maya
Beyaz Üzüm	0.986	3.38±0.17	4.71±0.05	3.49±0.39	4.68±0.06
Siyah Üzüm	0.977±0.001	3.15±0.30	4.97±0.04	3.68±0.17	4.88±0.22
Domates	0.991	1.75±0.30	1.15±0.30	2.03±0.27	1.15±0.30
Elma	0.988±0.001	1.15±0.10	2.15±0.30	1.15±0.30	2.15±0.30
Beyaz İncir	0.974	2.76±0.15	2.95±0.10	2.64±0.09	3.52±0.04
Siyah İncir-K	0.971±0.001	3.02±0.04	6.14±0.01	2.53±0.13	6.12±0.03
Siyah İncir- B	0.985±0.001	1.50±0.30	3.63±0.18	1.50±0.30	3.28±0.16
Mandalina	0.987	1.15±0.30	1.23±0.47	1.25±0.30	1.25±0.30

¹Fernandez-Salguero ve ark.,1993 ve Schmidt, S.J. &Fontana, A.J. Jr (2007). 'dan alınmıştır

²Sonuçlar aritmetik ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir n:4

Örneğin, taze ürünlerden beyaz incirde DRBC agar besiyerinde muhtemel *Aspergillus spp.* ve *Cladosporium spp.* olduğu düşünülen küf kolonileri elde edilmişken DG18 besiyerinde sadece muhtemel *Cladosporium* türlerinin ürediği görülmüştür. Aynı şekilde DG18 agar besiyerinde muhtemel *Cladosporium* türlerine ait ortalama koloni çapı 5.57 mm iken, DRBC agar besiyerinde 10.87 mm olarak ölçülmüştür.

Su aktivitesi 0.5-0.8 arasında olan gıdalara ait küf ve maya yükleri Çizelge 2 'de verilmiştir. Bu gıdalardan ambalajlı ve ambalajsız karışık aromalı kuş lokumu, çifte kavrulmuş kuş lokumu; ambalajlı pul biber ve cevizli sucuk; ambalajsız sade cezerye örneklerinin mikobiyotasını tespit etmek için kullanılan besiyerlerinde herhangi bir maya ve küfe rastlanmamıştır. Diğer küf ve maya tespit edilen örneklerin DRBC agar ve DG18 agar besiyerinde belirlenen maya ve küf sayımlarında iki besiyeri arasında maya ve küf sayısı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p=0.809$). Fakat morfolojik olarak DRBC agar da gelişen küf ve maya kolonilerinin çaplarının DG18 agara göre daha büyük olduğu ve küf koloni sayısının DRBC de daha fazla olduğu belirlenmiştir. Örneğin ambalajsız kuru incire ait DG18 agar petri kabında siyah sporlu muhtemel *Aspergillus* cinsine ait 2 koloni sayılırken, aynı dilüsyondaki DRBC agar besiyerinde 4 koloni sayılmıştır. Benzer şekilde kuru siyah üzüm örneklerinde aynı dilüsyondaki muhtemel *Aspergillus* cinsine ait koloni sayısının DG18 agar besiyerinde saptananın 10 katı olduğu saptanmıştır. Ayrıca küf sporlarının yoğunluğunun DRBC agar da belirgin bir şekilde fazla olduğu gözlemlenmiştir. Aynı şekilde ambalajsız iç badem örneğinde DG18 agar besiyerinde muhtemel *Aspergillus* türlerine ait ortalama koloni çapı 17.33 mm iken, DRBC agar besiyerinde 27.49 mm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 2. Su aktivitesi 0.5-0.8 olan gıda grubu için küf ve maya yükleri

Table2. Mold and yeast loads for food group with water activity between 0.5-0.8

Gıda Örneği	Su Aktivitesi (a _w)	Küf ve Maya Sayıları (logkobg ⁻¹)			
		DRBC		DG18	
		Küf ¹	Maya	Küf	Maya
<u>Ambalajlı</u>					
<u>Kuru Meyve</u>					
Kuru Beyaz Üzüm	0.5916	4.87±0.60	< 1.00±0.00	4.87±0.60	< 1.00±0.00
Kuru Siyah Üzüm	0.5878	1.38±0.17	< 1.00±0.00	1.68±0.17	< 1.00±0.00
Kuru İncir	0.5649	< 1.00±0.00 ²	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00
Gün Kurusu Kayısı	0.5815	1.15±0.30	< 1.00±0.00	1.15±0.30	< 1.00±0.00
Kükürtlü Kayısı	0.5950	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00
<u>Baharat</u>					
Tane Karabiber	0.5231	2.09±0.10	<1.00±0.00	1.92±0.05	< 1.00±0.00
Pul Biber	0.6153	< 1.00±0.00	<1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00
<u>Geleneksel Tatlı</u>					
Çifte Kavrulmuş Lokum	0.5386	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00
Karışık Aromalı Kuş Lokumu	0.5618	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00
Cevizli Sucuk	0.6570	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00
<u>Ambalajsız</u>					
<u>Kuru Meyve</u>					
Kuru Beyaz Üzüm	0.5520	4.87±0.06	< 1.00±0.00	4.87±0.06	< 1.00±0.00
Kuru Siyah Üzüm	0.5703	2.80±0.07	< 1.00±0.00	2.64±2.09	< 1.00±0.00
Kuru İncir	0.6221	3.33±0.20	< 1.00±0.00	3.24±0.03	< 1.00±0.00
<u>Kuruyemiş</u>					
Fındık	0.5282	1.92±0.16	< 1.00±0.00	1.79±0.21	< 1.00±0.00
Badem	0.5040	2.45±0.02	< 1.00±0.00	2.42±0.08	< 1.00±0.00
Ceviz	0.5010	1.53±0.13	1.80±0.07	1.58±0.22	< 1.00±0.00
<u>Baharat</u>					
Toz Karabiber	0.5036	1.15±0.30	1.15±0.30	1.38±0.17	1.15±0.30
Pul Biber	0.5928	1.53±0.13	< 1.00±0.00	1.64±0.09	< 1.00±0.00
<u>Geleneksel Tatlı</u>					
Çifte Kavrulmuş Lokum	0.5499	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	<1.00±0.00	< 1.00±0.00
Karışık Aromalı Kuş Lokumu	0.6120	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	<1.00±0.00	< 1.00±0.00
Cevizli Sucuk	0.6222	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00
Narlı Cezerye	0.5513	< 1.00±0.00	1.15±0.30	< 1.00±0.00	1.15±0.30
Sade Cezerye	0.5486	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00

¹Sonuçlar aritmetik ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir n:4

²<1.00: Herhangi bir üreme görülmedi

Su aktivitesi 0.5'in altında olan gıdalara ait küf-maya yükleri Çizelge 3 'de verilmiştir. Bu grupta yer alan ambalajlı fındık, badem, antep fıstığı ve ambalajsız antep fıstığının mikrobiotasının belirlenmesinde kullanılan besiyerlerinde herhangi bir maya ve küf üremesi tespit edilememiştir. Üreme görülen örneklerde her iki besiyerindeki maya ve küf sayımlarımda istatistiksel açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p=0.431$ ve $p=0.569$) (Çizelge 4). Fakat görsel olarak karşılaştırma yapıldığında DRBC agar besiyerinde gelişen

maya kolonilerinin çapı DG18 agar besiyerinde gelişen kolonilerin çapından daha fazladır. Örneğin ambalajlı kuru elmaya ait DG18 petri kabındaki mayaların ortalama çapı 3.37 mm iken, DRBC agar besiyerinde ortalama 6.75 mm'dir. Aynı şekilde ambalajsız iç fındıkta tespit edilen muhtemel *Aspergillus* türlerinin koloni çapı DG18 agar besiyerinde ortalama 18.68 mm iken DRBC agar besiyerinde 27.69 mm olarak ölçülmüştür. Ayrıca muhtemel *Rhizopus* türlerinin DG18 agar besiyerindeki ortalama koloni çapı 16.61 mm olarak ölçülmüş iken DRBC agar besiyerinde 20.76 mm olarak ölçülmüştür. Her bir gruptan bir örnek için besiyerlerinde elde edilen koloni görüntüleri Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 3. Su aktivitesi 0.5 altı olan gıda grubu için küf ve maya yükleri
Table 3. Mold and yeast loads for food group with less than 0.5 water activity

	Su Aktivitesi (a_w)	Küf ve Maya Sayıları ($\log \text{ kobg}^{-1}$)			
		DRBC		DG18	
		Küf ¹	Maya	Küf	Maya
<u>Ambalajlı</u>					
<u>Kuru Mevve</u>					
Kuru Elma	0.4337	1.15±0.30	2.02±0.04	1.15±0.30	2.02±0.04
<u>Kuruyemiş</u>					
Fındık	0.4111	< 1.00±0.00 ²	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00
Badem	0.3761	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00
Antep Fıstığı	0.3617	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00
Ceviz	0.4749	1.45±0.30	< 1.00±0.00	1.53±0.13	< 1.00±0.00
<u>Baharat</u>					
Toz Karabiber	0.4913	1.15±0.30	< 1.00±0.00	1.15±0.30	< 1.00±0.00
<u>Geleneksel Tatlı</u>					
Helva	0.1651	1.15±0.30	< 1.00±0.00	1.15±0.30	< 1.00±0.00
<u>Ambalajsız</u>					
<u>Baharat</u>					
Tane Karabiber	0.4963	2.09±0.10	< 1.00±0.00	1.92±0.05	< 1.00±0.00
<u>Kuruyemiş</u>					
Antep Fıstığı	0.3604	<1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00	< 1.00±0.00
<u>Geleneksel Tatlı</u>					
Helva	0.2252	<1.00±0.00	1.15±0.30	< 1.00±0.00	1.15±0.30
<u>Kuru Mevve</u>					
Kuru Mandalina	0.4991	1.15±0.30	1.87±0.06	< 1.00±0.00	1.15±0.30
Kuru Domates	0.4880	<1.00±0.00	1.15±0.30	1.15±0.30	1.38±0.17

¹Sonuçlar aritmetik ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir:4

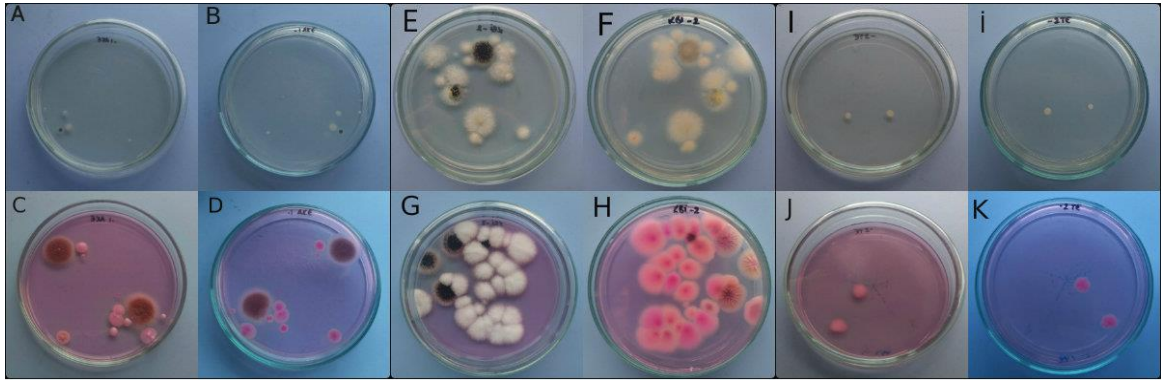
²<1.00 : Herhangi bir üreme görülmedi

Birçok araştırmacı gıdaların küf ve maya florasını belirlemek amacı ile kullanılan besiyeri performanslarını karşılaştırmıştır. Örneğin King (1992) DG18 agar, DRBC agar, Oxytetracycline Glucose Yeast Extract (OGY) agar, asitlendirilmiş yada kloramfenikol takviye edilmiş Potato Dextrose Agar (PDA), Tryptone Glucose Yeast Extract (TGY) agarın mayaların gelişimi için eşdeğer performansta olduğunu bildirmektedir (Deak ve ark., 2001).

Çizelge 4. Farklı su aktivitesine sahip gıdaların DG18 ve DRBC agar besiyerlerinde elde edilen küf-maya sayımlarının varyans analiz sonuçları

Table 4. Variance analysis results of mold-yeast counts obtained from DG18 and DRBC agar media of different water activity foods

Sayım sonuçları	Kaynak	X ² Toplamı	df	X ² Ortalaması	F	p
Küf	a _w	21.255	2	10.628	72.846	0.014
	Besiyeri	0.174	1	0.174	0.704	0.431
	a _w *Besiyeri	0.294	2	0.147	0.104	0.901
Maya	a _w	116.360	2	58.180	276.906	0.004
	Besiyeri	0.108	1	0.108	0.379	0.569
	a _w *Besiyeri	0.420	2	0.210	0.181	0.834



*0.5 altı a_w grubuna ait gıda örneğinde tipik maya ve küf kolonilerinin petri görüntüleri (DG18 25°C, 7 gün A=üst, B=alt; DRBC 25°C, 7 gün C=üst, D=alt); 0.5-0.8 a_w grubuna gıda örneğinde tipik maya ve küf kolonilerinin petri görüntüsü (DG18 25°C, 7 gün E=üst, F=alt; DRBC 25°C, 7 gün G=üst, H=alt); 0.8 üzeri a_w grubuna ait gıda örneğinde tipik maya kolonilerinin petri görüntüsü (DG18 25°C, 7 gün I=üst, İ=alt; DRBC 25°C, 7 gün J=üst, K=alt).

Şekil 1.Üç farklı a_w grubuna ait örneklerdeki tipik maya ve küf kolonilerinin petri görüntüleri

Figure 1 Petri images of typical yeast and mold colonies in samples belonging to three different groups of a_w

Taniwaki ve ark. (2001) 'da yaptıkları çalışmada DRBC, DG18 ve Asitlendirilmiş Potato Dextrose agar (APDA) besiyeri etkinlikleri arasında önemli bir farklılık olmadığını bildirmektedir. Buna rağmen Beuchat ve ark. (2001) mayaların gelişimi için yaptıkları besiyeri performans karşılaştırmasında sıralamanın Tryptone Glucose Yeast Extract Chloramphenicol agar (TGYC) > Kloramfenikol eklenmiş Plate Count agar (PCAC) = Orange Serum agar (OSA) > APDA > DRBC > DG18 şeklinde olduğunu bildirmektedir. Beuchat ve Mann (2016) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise 48, 72, 120 gibi üç farklı inkübasyon sürelerindeki genel performansın sırasıyla DRBC = APDA > RYM Petrifilm > YM Petrifilm > DG18; DRBC > APDA > RYM Petrifilm > YM Petrifilm > DG18; DRBC > APDA > RYM Petrifilm = YM Petrifilm > DG18 şeklinde olduğu bildirilmektedir.

Tüm bu çalışmalardaki farklılık araştırmacıları gıdaların küf ve maya mikrobiotasını belirlemek için kullandıkları besiyeri seçimini zorlaştırmaktadır. Bundan dolayı bu çalışmada üç farklı su aktivitesine sahip gıda gruplarındaki küf veya maya mikrobiotasını belirlemek için, en çok tercih edilen DRBC ve DG18 agar besiyeri ortamlarının performans karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuç olarak Beuchat ve ark. (2001), Beuchat ve Mann (2016) tarafından yapılan çalışmaların aksine her iki besiyerinin performansının eş değer olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada morfolojik karşılaştırmada her iki besiyerinde küf ve maya koloni çaplarının farklı olduğu ayrıca DRBC agar besiyerinde bazı küflerin daha iyi sporlandığı tespit

edilmiştir. Deak ve ark. (2001), DG18 agar da gelişen maya kolonilerinin; DRBC agar, Tryptone Glucose Yeast Extract Chloramphenicol (TGYC) agar ve kloramfenikol eklenmiş Plate Count agar (PCAC) da gelişen maya kolonilerinden daha küçük olduğunu bildirmektedir. Yaptığımız çalışmanın sonuçları Deak ve ark. (2001), tarafından yapılan çalışma ile örtüşmektedir. Ayrıca yaptığımız çalışmaya göre küf koloni büyüklüklerinin de DRBC agar besiyerinde daha büyük olduğu söylenebilir.

4. Sonuç

Küf ve mayaların tespitinde kullanılan DRBC agar ve DG18 agar besiyerinin performansının karşılaştırıldığı bu çalışmada, istatistiksel açıdan her iki besiyeri performansı arasında küf ve maya sayısı açısından anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p=0.431$ ve $p=0.569$). Ancak her iki besiyeri grubundaki maya ve küf kolonileri morfolojik olarak karşılaştırıldığında özellikle DRBC agar besiyerinde gelişen kolonilerin daha büyük koloni çapına sahip olduğu ve küf sporlanmasının da DRBC agar besiyerinde daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bununla birlikte besiyeri ve su aktivitesi interaksiyonunda istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumda su aktivitesi 0.90 'nın altındaki gıdalar için önerilen DG18 agar yerine DRBC agar besiyerinin de kullanılabilceği söylenebilir. Ayrıca gıdaların su aktivitesinin küf ve maya yükünde istatistiksel açıdan önemli etkisi olduğu da belirlenmiştir ($p=0.014$ ve $p=0.004$).

5.Kaynaklar

1. Beuchat L R, Hwang C A (1996). Evaluation of modified dichloran 18% glycerol (DG18) agar for enumerating fungi in wheat flour: a collaborative study. *International Journal of FoodMicrobiology*29:161 – 166
2. Beuchat L R, Mann D A (2016). Comparison of New and Traditional Culture-Dependent Media for Enumerating Food borne Yeasts and Molds. *Journal of Food Protection*79:95-111
3. Beuchat L R, Frañdberg E, Deak T, Alzamora S M, Chen J, Guerrero S, Lo'pez-Malo A, Ohlsson I, Olsen M, Peinado J M, Schnurer J, de Sioniz M I &Tornai-Lehoczki J(2001). Performance of mycological media in enumerating desiccated food spoilage yeasts: an interlaboratory study. *International Journal of FoodMicrobiology*70:89–96
4. Deak T, Chen J, Golden D A, Tapia M S, Tornai-Lehoczki J, Viljoen B C, Wyder M T &Beuchat L R(2001). Comparison of dichloran 18% glycerol DG18/ agar with general purpose mycological media for enumerating food spoilage yeasts. *International Journal of Food Microbiology* 67: 49–53
5. Gourama H, Bullerman L B (1995). Detection of Molds in Foods and Feeds: Potential Rapid and Selective Methods. *Journal of Food Protection* 58:1389-1394
6. King A D, JR, Hocking A D&Pitt J I (1979). Dichloran-Rose Bengal Medium for Enumeration and Isolation of Molds from Foods. *Applied and Environmental Microbiology* 37: 959-964
7. TaniwakiM H, Da Silva N, Banhe A A&Iamanaka BT (2001). Comparison of Culture Media, Simplate, and Petri film for Enumeration of Yeasts and Molds in Food. *Journal of FoodProtection*64:1592–1596

8. MenteseS,Otkun M T & Palaz E (2017). Comparison of dichloran rose bengal chloramphenicol and Sabouraud dextrose agar with cycloheximide and chloramphenicol for air borne mold sampling. *Aerobiologia* **33**(2): 211-219
9. Schmidt, S.J. & Fontana, A.J. Jr (2007). Water activity values of select food ingredients and products Appendix E. In: *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications* (edited by G.V. Barbosa-Cánovas, A.J. Fontana Jr, S.J. Schmidt & T.P. Labuza). Pp. 407–420. Ames, IA: IFT Press, Blackwell Publishing Professional.
10. Fernandez-Salguero, J., Gómez, R., & Carmona, M. A. (1993). Water activity in selected high-moisture foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 6(4): 364-369.

Ordu Kenti Kıyı Parkları Donatı Elemanlarının Ergonomi Açısından İncelenmesi

Murat YEŞİL^{1*} , Kübra Nur BEYLİ¹

¹ Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ordu, Türkiye

(Geliş Tarihi/Recived Date: 15.10.2018; Kabul Tarihi/Accepted Date: 15.11.2018)

Öz

Bu çalışma Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan Ordu kenti kıyı parkları üzerinde yürütülmüştür. Çalışma kapsamında Rüsumat Parkı, Tayfun Gürsoy Parkı ve Akyazı Parkı olmak üzere 3 etaptan oluşan 5 km'lik kıyı parkları incelenmiş olup parklarda bulunan donatı elemanlarının peyzaj tasarım kriterleri (ergonomi, estetik, işlevsellik, iklime uygunluk, dayanıklılık, gece kullanımı) bakımından değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma bölgesinde yer alan donatı elemanlarının ölçü ve ölçekleri açısından ergonomik standartlara uygunluk düzeyleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda parklarda görülen olumsuzlukların nasıl giderileceği ve yapılması gereken uygulamaların neler olabileceği hakkında öneriler getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ergonomi, insan-donatı elemanı uyumu, kullanıcı konforu, kentsel donatı elemanları, Ordu

Assessment of the Equipment Elements of Coastal Parks in Ordu City In Terms of Ergonomics

Abstract

This study was conducted on the coastal parks of Ordu province in the Eastern Black Sea. Within the scope of the study to be Rüsumat Park, Tayfun Gürsoy Park and Akyazı Park, 5 km of coastal parks consisting of three stages were examined. Urban furniture in coastal parks; ergonomics, aesthetics, functionality, climate suitability, durability, night use are evaluated in terms of landscape design criteria. In terms of dimensions and scales of the reinforcement elements located in the study area, compliance levels with ergonomic standards were determined. Suggestions have been made about how to solve the problems seen in the parks in the direction of the obtained data and what applications should be done.

Keywords: Ergonomics, harmony of the man and equipment element, user comfort, city equipment elements, Ordu

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: muraty25@hotmail.com

Bu çalışma 27-29 Haziran 2018'de düzenlenen 1. Uluslararası Teknoloji Bilimleri ve Tasarım Sempozyumu (ITESDES)'nda sözlü olarak sunulan bildirinin genişletilmiş halidir.

1. Giriş

Günümüzde kıyı alanları, hızlı kentleşme, sanayileşme ve nüfus artışına bağlı olarak şekil değiştirmeye başlamıştır. Kıyı alanları, özellikle deniz kıyıları; estetik ve fonksiyonel açılardan kentlerin nefes alma noktaları olan açık yeşil alan sistemine önemli katkı sağlamakta, bunun yanı sıra kentlilerin giderek artan rekreasyon ihtiyacına cevap verecek nitelikteki önemli yeşil alan özelliği barındırmaktadır (Uzun, 1990; Özdingiş, 2007).

Kıyı parkları, buldukları yöredeki insanların sosyal, kültürel, ekonomik yapı ve ihtiyaçları ile rekreasyonel eğilimlerine uygun olarak kıyının içerdiği doğal elemanların fiziksel yapısına göre planlanmalıdır (Kızılkaya, 1996; Şimşek ve Korkut, 2009). Planlama kapsamında kıyı-insan ve kıyı-kent ilişkisi değerlendirilmeli ve alanlar üzerinde çağdaş kent kimlikleri oluşturulmalıdır. Mekanların işlevine ve kimliğine uygun donatı elemanları seçilmeli ve bu elemanlar, kıyı parklarının etkinliğini artıracak nitelikleri taşımalıdır.

Donatı elemanları; oturma bankları, aydınlatma lambaları, telefon kulübeleri, çöp kutuları, bitki kasaları, bilet, gazete, çiçek gibi satış büfeleri, halka açık tuvaletler, otobüs durakları ve işaret/bilgilendirme levhalarını kapsamaktadır (Anonim, 2011). Kentsel açık alanlarda kullanılacak kent mobilyaları mekânın; yerine, büyüklüğüne, anlamına uyumlu olmalı ve içinde yer aldığı çevrenin karakterini yansıtmalıdır (Erdem, 1995).

Başal ve ark. (1993)'a göre donatı elemanları (Şişman ve Yetim, 2004);

- Tasarımlarında fonksiyonel ve estetik özellikler dikkate alınmalı,
- Özgün tasarımlar olmalı,
- Bakımı kolay olmalı veya fazla bakım gerektirmemeli,
- Ergonomi ve çeşitli fiziksel özellikleri açısından belli standartlara uygun olmalı,
- Taşınabilirlik, monte edilebilirlik ve yedek parçaların bulunabilmesi açısından uygun olmalı,
- Çabuk bulunabilmeli, sağlam olmalı,
- Vandalizm'e dayanıklı olmalıdır.

Peyzaj planlaması yapılan bir mimari mekânın içerisinde, kullanıcının rahat ve huzurlu olması, dinamik ve statik antropometrik boyutlarını rahat kullanabilmesi ile ölçülür. Kullanılan donatıların ya da kullanılan mekânın insan vücudu ölçülerine uygunluğunun yanı sıra; ses, iklimlendirme, aydınlatma ve hatta psikolojik uyumluluk gibi diğer koşulları da karşılama düzeyi ergonomi olarak tanımlanmalıdır. Ergonomiye kısaca "fiziksel çevrenin insana uyumlaştırılma süreci" denilebilir. Günümüz endüstri çağında çevre-insan arasındaki artan ilişkiler, insana uyumlu çevrenin oluşturulması çabalarını zorunlu kılmaktadır (Bulut ve ark., 2008). İnsanla uyumlu olmayan donatılar, mekânların kullanımını ve kullanıcı hareketlerini kısıtlamaktadır (Bekçi ve Taşkan, 2012).

Kent kalitesi ve kimliği üzerinde etkisi olan kamusal dış mekânların taşıdıkları anlam ve rol, sahip oldukları organizasyon, tasarım ve detay düzeyine bağlı olmaktadır (Moughtin 1999). Bu bağlamda doğru tasarım yaklaşımlarıyla başlaması gereken çalışmaların, yine ergonomik standartlara uygun aplikasyon tekniklerinin kullanıldığı uygulamalarla sonlandırılması gerekmektedir (Gülgün ve Altuğ, 2006).

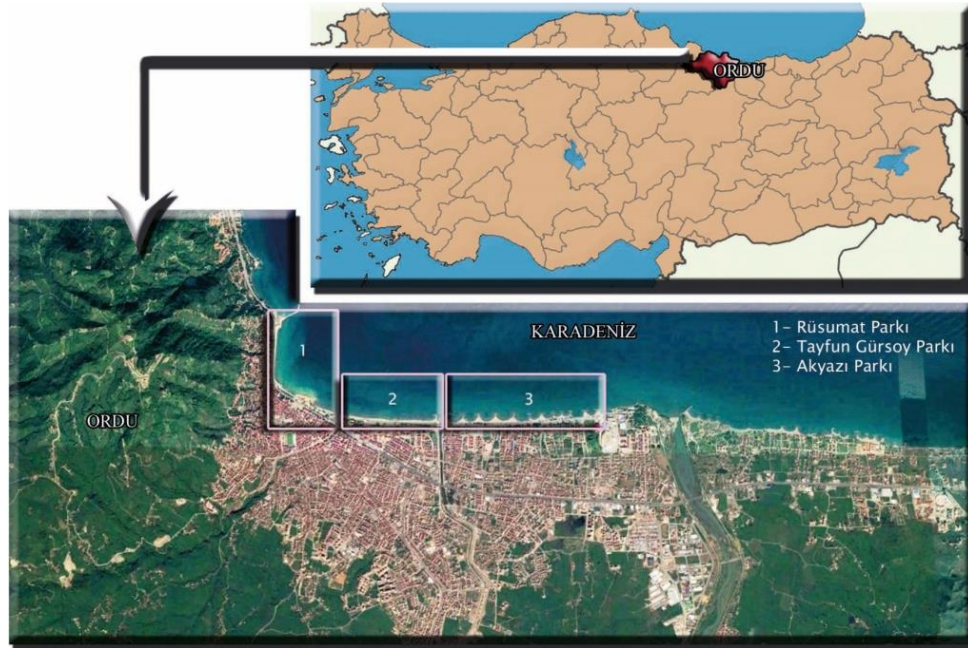
Bu çalışmada; Ordu kenti kıyı parklarında bulunan donatı elemanları, Başal ve ark (1993) tarafından yukarıda sıralanan peyzaj tasarım kriterleri (ergonomi, estetik, işlevsellik, iklime uygunluk, dayanıklılık, gece kullanımı) kapsamında incelenmiştir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Materyal

Araştırma, Ordu kenti merkez ilçesi olan Altınordu'da yürütülmüştür. Karadeniz bölgesinde bulunan Ordu ilinin toplam yüzölçümü 5861 km²'dir (Anonim, 2014). Altınordu ilçesinin yüzölçümü ise 303.6 km²'dir. 2016 verilerine göre ilin toplam nüfusu 742.341, Altınordu ilçe nüfusu ise 213.582 kişidir (Anonim, 2017a). Ordu ilinde, coğrafik konumu ile değişken topoğrafik özelliklerinden kaynaklanan iklimsel farklılıklar gözlenmektedir. Yılın bütün ayları yağışlı olmakla birlikte, ilkbahar ayları az, sonbahar ayları çok yağışlıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 1042.2 mm³'tür. Yılın ortalama 156 günü yağışlı geçmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 14.4 °C'dir (Anonim, 2017b). 100 km'lik kıyı bandı bulunan kentin 60 km'lik kıyı bölümü kumsallardan oluşmaktadır. Ordu kent merkezinde kıyı bölümünün 5 km'lik kısmını ise kıyı parkları oluşturmaktadır (Anonim, 2014).

Çalışmanın materyalini Ordu kenti kıyı bandı üzerinde bulunan kıyı parkları, ve bu parklarda yer alan donatı elemanları oluşturmaktadır (Şekil 1). Çalışma kapsamında Rüsumat Parkı, Tayfun Gürsoy Parkı ve Akyazı Parkında bulunan donatı elemanları; ergonomi, estetiklik, işlevsellik, iklime uygunluk, dayanıklılık ve gece kullanımları bakımından ele alınarak incelenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı (1- Rüsumat Parkı, 2- Tayfun Gürsoy Parkı, 3- Akyazı Parkı)

2.2. Metod

Çalışmada veri toplama, analiz ve senteze dayalı peyzaj araştırma metodları kullanılarak 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada çalışmanın yürütüleceği kıyı parkları ve donatı elemanları belirlenmiştir. Sonra veri toplama amacıyla konu ile ilgili literatürler incelenerek, Ordu Büyükşehir Belediyesi ve Altınordu Belediyesi ile görüşülmüş, yapılan uygulamalar hakkında bilgi alınmıştır. İkinci aşamada parkların ve donatı elemanlarının mevcut durumları yerinde incelenerek fotoğrafları çekilmiş, fiziksel durumları ortaya

konulmuştur. Üçüncü aşamada donatı elemanların ergonomik standartlara uygunluğu değerlendirilmiştir. Bu kapsamda beş Peyzaj Mimarının görüşü alınarak mevcut donatı elemanları 5'li likert ölçeği ile puanlamaya tabii tutulmuştur. Son olarak mevcut durumun değerlendirmesi yapılmış ve tespit edilen sorunlara yönelik öneriler getirilmiştir.

3. Bulgular

Ordu kenti kıyı alanları, birbiri ile sınır teşkil eden ve aralıksız sıralanan üç adet parkın birleşiminden oluşmaktadır. Bu parklar batıdan doğuya doğru; Rüsumat Parkı, Tayfun Gürsoy Parkı ve Akyazı Parkı'dır. Parklarda konumlandırılan donatı elemanları aşağıda detaylı olarak değerlendirilmiştir.

3.1. Rüsumat Parkı

Kıyı düzenlemesi, Kurtuluş savaşında mücadele eden Rüsumat Gemisi ve Ordu halkının hikâyesini de içine alan bir hafıza mekânı olarak tasarlanmıştır. Sahil bandında; gidiş ve geliş olmak üzere toplamda 2 şerit bisiklet yolu için 2.4 metre; 3 şerit koşu yolu için yine 2.4 metre alan oluşturulmuştur. Dinlenme-oturma ve fonksiyon bandını (sergi, heykel ve oyun alanları) içeren kısım için 4.5 metre; yürüyüş yolu için 9.5 metre ve merdiven oturma basamakları için 1.5 metre alan bulunmaktadır. Serbest sirkülasyon alanı sonrasında deniz boyunca kesintisiz devam eden merdiven, oturma basamakları ile seyir terasları oluşturulmuş, deniz kenarı oturma mekanları tasarlanmıştır.

Oturma Birimleri

Çalışma alanı içerisinde 4 farklı oturma elemanı kullanılmıştır. Oturma birimlerinin yükseklikleri genel olarak TS 12576 standartlarına ve ergonomik açıdan kullanıma uygundur (Şekil 2).



Şekil 2. Rüsumat parkı oturma birimleri

Üst Örtü Elemanları

Alanda, yer yer ahşap ve çelik konstrükiyondan yapılmış olan üst örtü elemanları kullanılmıştır. Üst örtü elemanları estetik görünmelerine rağmen yağışlı ve güneşli havalarda yeterli koruma yapamadığından fonksiyonel değildirler. Ahşap konstrükiyon malzeme üzerinde yer yer bozulmalar ve çürümeler başlamıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Üst örtü elemanları

İşaret Levhaları ve Bitki Kasaları

İşaret levhaları, renk ve form olarak TS 7248 standartlarına uygundur. Teleferik alanını çeviren korkuluk, işaret levhasının alt seviyesiyle aynı hizadadır, bundan dolayı kolay anlaşılammakta ve uzaktan görülememektedir. Alanda 2 farklı boyutta ahşap bitki kasası kullanılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. İşaretleme levhaları ve bitki kasaları

Çöp Kovaları

Alan içerisinde 3 çeşit çöp kovası kullanılmıştır. Çöp kovaları TS 12576 standartlarına göre yükseklik ve konum bakımından uygun özelliktedir (Şekil 5).



Şekil 5. Çöp kovaları

Aydınlatma Birimleri

Alanda modern görünümüne sahip 3 farklı tip yüksek aydınlatma ve ağaç altı aydınlatma birimi kullanılmıştır. Aydınlatma elemanları gece kullanımları için yeterli sayıdadır ve kullanıcıların güvenli şekilde alandan faydalanmalarına yardımcı olmaktadır. Ağaç altı aydınlatma birimleri ile bitkisel kullanımlar alana canlılık katmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Aydınlatma birimleri

Zemin Döşemeleri

İklim koşullarına uygun zemin döşemeleri kullanılmıştır. Fakat zemin de oluşan kırıklar ve kabarmalar kullanıcıları yürüyüş esnasında zorlayabilmektedir. Zemin döşemelerinde ağır makinaların alana girmesi sonucu oluşan kırılmaların yanı sıra bitkilerin yaptığı yüzeysel kök gelişimi de zeminde bozulmalara neden olmuştur (Şekil 7).



Şekil 7. Zemin döşemeleri

Kondisyon Aletleri ve Çocuk Oyun Elemanı

Parkta bulunan çocuk oyun ekipmanı klasik çocuk oyun alanlarının aksine, çocuklara zıplama, tırmanma gibi alışılmıştan daha farklı ve yenilikçi oyun imkanı sunmaktadır. Ayrıca bu mekanda, sahilde koşu veya yürüyüş yapan insanların kolaylıkla erişebileceği bir yerde konumlandırılmış fitness alanı da bulunmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Çocuk oyun ekipmanı ve fitness alanı

3.2. Tayfun Gürsoy Parkı

Tayfun Gürsoy parkı 1.3 km uzunluğunda olup Ordu kentinin oldukça rağbet edilen önemli açık yeşil alanlarından biridir.

Oturma birimleri

Alanda 5 çeşit oturma birimi bulunmaktadır. 3 çeşit oturma birimi yükseklikleri bakımından ergonomileri uygunken 4 köşeli piknik masasının uygun değildir (Şekil 9).



Şekil 9. Oturma birimleri

Çöp Kovaları ve Çeşme

Çöp kovaları ve çeşmeler kullanım açısından ergonomik bir yapıya sahiptir (Şekil 10).



Şekil 10. Çöp kovaları ve çeşme

Aydınlatma Elemanları

Mekânda 4 tip yüksek aydınlatma elemanı ve ağaç altı aydınlatma elemanı kullanılmıştır. Alan içerisinde yeterince aydınlatılamayan kör noktalar bulunmaktadır. Bu yüzden gece kullanımını ve güvenlik bakımından kullanıcılar zorluk yaşayabilmektedirler (Şekil 11).



Şekil 11. Aydınlatma birimleri

Zemin Döşemeleri

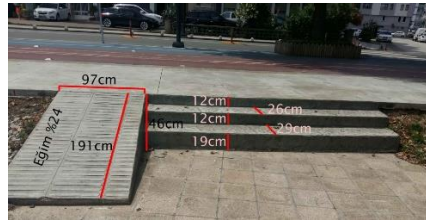
Zemin üzerindeki sınırlama elemanları araçların yan akslara girmesini engellemek için yerleştirilmiştir. Ana aks üzerinde ağır iş makinalarının yürütülmesinden kaynaklı zemin üzerinde yer yer çökmeler ve su birikintileri görülmektedir, bu da yürüyüş esnasında zorluklara sebep olabilmektedir. Zeminde görülen döşeme farklılıklarının, alanda hareketlilik oluşturma, farklı mekan kullanımını ayırma gibi işlevler taşımadığı için anlamlı olmadığı düşünülmektedir. Üstelik alanın görünümünü de bozmaktadır. Farklı malzeme kullanımları arasındaki uyumsuzluk da dikkati çekmektedir (Şekil 12).



Şekil 12. Zemin döşemeleri ve sınırlandırma elemanları

Merdiven ve Rampa

Alanda bulunan merdivenlerin riht yükseklikleri ve basamak genişlikleri arasında standart bir ölçü bulunmamaktadır. Rampalarda en çok % 8 eğim derecesi olması gerekirken alanda bulunan rampanın eğimi % 24'dür. Merdiven ve rampa standartlara ve insan ergonomisine uygun değildir (Şekil 13).



Şekil 13. Merdiven ve rampa

Kondisyon Aletleri ve Çocuk Oyun Ekipmanları

Alan içerisinde 5 farklı çocuk oyun ekipmanı bulunmaktadır. Oyun ekipmanlarının işlevsel, estetik ve ergonomik oldukları görülmüştür. Fitness aletleri yürüyüş yollarına yakın, bakım ve onarım eksikliklerinden dolayı bazı parçaları kopmuş durumdadır (Şekil 14).



Şekil 14. Çocuk oyun ekipmanı ve kondisyon aletleri

Otopark

Otoparka geçişler bisiklet ve yürüyüş yolları üzerinden gerçekleşmektedir (Şekil 15). Alan içerisinde otopark olduğuna dair uyarı işareti ya da levha bulunmamaktadır. Otoparkta 1 adet engelli park alanı bulunmaktadır. Otoparkın çıkış noktasında konumlandırılmış olan otopark, engelli bireylerin rahat hareket etmelerine imkan sağlamamaktadır. Alanda bulunan tenis kortu sökülüp alan otopark olarak düzenlenmiştir ve zeminde bulunan tenis kortu çizgileri silinmeden otopark çizgileri işlenmiştir. Bu durum zemin üzerinde görsel karışıklığa neden olmaktadır (Şekil 16).



Şekil 15. Yürüyüş yolu üzerinden otoparka giriş (sarı ile gösterilen yer)



Şekil 16. Otopark alanı (Engelli otoparkı ve tenis kortundan kalan çizgiler)

3.3. Akyazı Parkı

Akyazı parkı 2.00 km uzunluğunda olup etkinlik alanı 36 m²'dir.

Oturma Birimleri

Alanda bulunan oturma birimleri ergonomik ve işlevseldir. Oturma birimlerinde görülen bakım onarım eksiklikleri ve iklimsel faktörler nedeniyle bozulmalar başlamıştır (Şekil 17).



Şekil 17. Oturma birimleri

Üst Örtü Elemanları

Alanda yer yer ahşap ve çelik konstrüksiyondan yapılmış olan örtü elemanları kullanılmıştır. Üst örtü elemanları güneşli ve yağışlı havalarda korunaklı alan oluşturmadığından fonksiyonel değildir (Şekil 18).



Şekil 18. Üst örtü elemanları

Çöp Kovaları ve Çeşmeler

Çöp kovaları ve çeşmeler insan ergonomisine uygundur (Şekil 19).



Şekil 19. Çöp kovaları ve çeşmeler

Aydınlatma Elemanları

Parkta bulunan aydınlatma elemanları yeterli alanı aydınlatabildiğinden işlevsellik bakımından uygun niteliktedir (Şekil 20).



Şekil 20. Aydınlatma elemanları

Zemin Döşemeleri

Alanda genel olarak baskı beton kullanılmıştır. Zemin döşemeleri iklimsel koşullara uygundur. Yürüyüş yollarının üzerinde yer yer kırılmalar, drenaj ve eğim olmamasından kaynaklı su birikintileri oluşmaktadır. Kırıklar ve su birikintileri kullanıcıların yürüyüşlerinde aksaklıklara neden olabilmektedir. Aynı zamanda ahşap döşemelerde de yer yer bozulmalar görülmektedir (Şekil 21).



Şekil 21. Zemin döşemeleri

Kondisyon aletleri ve çocuk oyun ekipmanları

Çocuk oyun ekipmanları genel olarak kumsal alan üzerinde konumlandırılmıştır. Standart oyun ekipmanlarının aksine çocukların vücut gelişimi ve fiziksel güçlerine dayalı ekipmanlar tercih edilmiştir (Şekil 22).



Şekil 22. Çocuk oyun ekipmanları

Kıyı parklarının genel özellikleri, kullanım durumları belirlendikten sonra bu alanlarda bulunan kentsel donatı elemanlarına kendi aralarında en fazla 5, en az 1 puan alacak şekilde peyzaj tasarım kriterleri kapsamında (gece kullanımları, ergonomi, estetik olma, işlevsellik, iklime uygunluk, dayanıklılık) taşıdıkları özelliklere göre puanlar verilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kıyı parkları donatı elemanları peyzaj tasarım kriterleri puan listesi

Donatı elemanı	Tasarım kriterleri	Rüsumat Parkı	Tayfun Gürsoy Parkı	Akyazı Parkı
	Gece Kullanımı	4	2	5
Banklar	Ergonomi	5	3	4
	Estetik	5	3	4
	İşlevsellik	5	5	5
	İklima uygunluk	5	4	5
	Dayanıklılık	5	5	5
Üst Örtü Elemanları	Estetik	5	-	5
	İşlevsellik	2	-	2
	İklima uygunluk	2	-	2
	Dayanıklılık	5	-	5
	Ergonomi	5	5	5
Çöp Kovaları	Estetik	5	2	4
	İşlevsellik	5	5	5
	İklima uygunluk	5	5	5
	Dayanıklılık	5	5	5
	Estetik	5	4	5
Aydınlatmalar	İşlevsellik	5	2	5
	İklima uygunluk	5	5	5
	Dayanıklılık	5	5	5
	Ergonomi	5	5	5
	Estetik	5	5	5
Çocuk Oyun Alanları	İşlevsellik	5	5	5
	İklima uygunluk	5	5	5
	Dayanıklılık	5	5	5
	Ergonomi	4	1	1
	Estetik	5	5	1
Merdivenler ve Rampalar	İşlevsellik	4	1	1
	İklima uygunluk	5	5	1
	Dayanıklılık	5	5	1
	Ergonomi	4	3	3
	Estetik	5	2	5
Zemin Döşemeleri	İşlevsellik	4	3	3
	İklima uygunluk	5	5	5
	Dayanıklılık	5	5	5
	Estetik	5	5	5
	İklima uygunluk	5	5	5
Bitkilendirme	Bakım	5	5	3
TOPLAM	-	175	135	150

1-Hiç uygun değil, 2-Uygun değil, 3-Orta, 4-Uygun 5-En Uygun

Kıyı parkları, konum itibarıyla Ordu halkının rekreasyon ve spor amaçlı olarak yoğun bir şekilde kullandığı alanlardır ve parklarda kent mobilyalarının tasarımları ihtiyaca göre çeşitlilik göstermektedir. Kıyı şeridi üzerinde bulunan 3 parkta yer alan donatı elemanları, peyzaj tasarım ilkeleri doğrultusunda değerlendirildiğinde; Rüsumat parkı 175 puan ile kriterlere en uygun park olarak belirlenmiştir. Bunu sırası ile Akyazı Parkı (150) ve Tayfun Gürsoy Parkı (135) takip etmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Kıyı kentlerinin ortak özelliği, kıyı alanlarının kent parkı niteliğinde, tüm kentlilerin çeşitli amaçlarla kullandığı merkez ve odak noktaları olmalarıdır. Bu nedenle bu alanlarda

kullanılacak donatı elemanları, kent ile uyumlu olmasının yanı sıra, üstlendiği işlevleri de doğru şekilde yerine getirebiliyor nitelikte olmalıdır.

Ordu kenti kıyı alanları, kentin en büyük ve en önemli park alanlarını barındırmakta, bu yönü ile kent kimliği ve kent estetiğini önemli ölçüde etkilemektedir. Yapılan değerlendirmelerde kıyı boyunca yer alan her üç parkta da genel olarak uyumlu ve nitelikli donatılar bulunduğu ve kente olumlu katkılar sağladıkları tespit edilmiştir.

Olumlu örneklerin ve kullanımların yer aldığı Ordu ili kıyı alanlarında; birtakım eksiklikler tespit edilmiştir. Özellikle üst örtü elemanlarının en azından bir kısmının örtü işlevini yerine getiriyor olması yöre için önemli bir kriterdir. Ahşap örtü elemanlarının mekan oluşturma ve estetik değer katma dışında fonksiyonel hale getirilmesi gerekmektedir. Bazı mekanlarda zemin kaplamalarında önemli aşınma ve bozulmalar gözlenmiştir. Ayrıca farklı malzemelerin bir arada kullanılması ile ilgili hatalar göze çarpmaktadır. Oturma birimleri ile ilgili en önemli sorun, bir kısmının oturma yüksekliğinin ergonomik olmamasıdır. Bu eksikliklerin giderilmesi ile alan daha kullanışlı hale gelecektir. Çöp kutularının alan içerisinde homojen ve yeterli miktarda dağıldığı, kullanım açısından problemsiz olduğu gözlenmiştir. Çeşmelerin miktar açısından yetersiz olduğu ve kıyıda sadece Akyazı Parkında belirli birkaç noktada yer aldığı görülmektedir. Çeşme sayısının artırılması, olumlu bir gelişme olacaktır. Ayrıca umuma açık WC'ler Tayfun Gürsoy Parkı ile Akyazı Parkında bulunmakta olup Rüsumat Parkında da yapılması uygun olacaktır. Üç park arasında belirlenen peyzaj tasarım kriterleri (ergonomi, estetik, işlevsellik, iklim uygunluk, dayanıklılık, gece kullanımı) kapsamında yapılan puanlamaya göre 175 ile en yüksek puanı alan Rüsumat Parkı olmuştur. Bahsi geçen parkların kentlilerin rekreatif ihtiyaçları gözetilerek kullanımlarının çeşitli, modern tasarımlı donatı elemanlarına sahip olması ve diğer cazip özellikleri ile hem ilgi odağı haline gelmesini hem de tasarım kriterleri açısından en başarılı park olmasını sağlamıştır.

Ordu kenti kıyı parkları kentin önemli rekreasyon alanlarıdır. Yapısal ve bitkisel materyaller ile kent estetiğine önemli katkıları vardır. Bu bakımdan hem kent sakinleri hem de ziyaretçiler açısından cazibe merkezi olan kıyı parklarındaki kent mobilyaları estetik ve fonksiyon açısından önemli işlevler üstlendikleri söylenebilir. Malzeme açısından birbiri ile uyumlu donatılar kullanılmış olmasının yanında, çeşitlilik açısından da zengin olması ile dikkat çekicidir. Alanda tespit edilen birtakım eksikliklerin giderilmesi ile daha işlevli ve estetik alanlar ortaya çıkacaktır. Ordu kenti için kıyı parkları konumu ve barındırdıkları fonksiyonlar bakımından cazip bölgelerdir. Bu alanlarda her yaş grubundan ve fiziksel özellikleri farklı herkesin etkin kullanımını sağlayan donatı elemanlarının bulunması bu alanları daha çok tercih edilen mekanlar haline getirecektir. Bu durum hem kentin imajına hem de çevre kalitesine katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

1. Anonim, (2011). Dünya Engelliler Vakfı, Erişilebilir Şehir Yönetmeliği (Taslak Proje)
2. Anonim, (2014). Harita Genel Komutanlığı, İl ve İlçe Yüzölçümleri, https://www.hgk.msb.gov.tr/images/urun/il_ilce_alanlari.pdf, (Erişim: 09.03.2018).
3. Anonim, (2017a). Türkiye İstatistik Kurumu, Ordu İli Adrese Dayalı Nüfus Verileri, <https://www.nufusu.com/il/ordu-nufusu>, Erişim: 09.03.2018.

4. Anonim, (2017b). Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi istatistikler. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=ORDU>, Erişim: 12.03.2018.
5. Başal, M., Memlük. Y., Yılmaz. O. (1993). Peyzaj Konstrüksiyonu, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1322, Ders Kitabı: 381, 170S., Ankara.
6. Bekci, B., Taşkan, G. (2012). Açık yeşil alanlardaki kent donatılarının kişisel mekan uzaklığına etkisi: Bartın Kenti örneği. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 14(22), 61-71.
7. Bulut, Y., Atabeyoğlu Ö., Yeşil P., (2008). Erzurum Kent Merkezi Donatı Elemanlarının Ergonomik Özelliklerinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 14 (2), s. 131-138, Ankara.
8. Erdem, N. (1995). *Kentsel Donatı Elemanları*; İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 45, Sayı 1-2.
9. Gülgün, B., Altuğ, İ. (2006). İzmir Kıyı Bandı Uygulamalarında Ergonomik Standartlara Uygunluğun Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1).
10. Kızılkaya, B. (1996). Kıyı Mekanı Kullanımları ve Tekirdağ Örneği. (Lisans Tezi) Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Şehir Bölge Planlama Bölümü, İstanbul.
11. Moughtin, C., (1999). *Urban Design: Street and Square*, Architectural Press, 238 s.
12. Özdingiş, N. (2007). *İstanbul Kent Parklarının Bedensel, Özürlüler Açısından Değerlendirilmesine Yönelik Bir Araştırma*, T.C. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Tasarım Yüksek Lisans Programı,, Yüksek Lisans Tezi İstanbul.
13. Şimşek, D.S., Korkut, A.B. (2009); Kıyı Şeridi Rekreasyon Potansiyelinin Belirlenmesinde Bir Yöntem Uygulaması: Tekirdağ Merkez İlçe Örneği; Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, *Journal Of Tekirdag Agricultural Faculty*, Cilt 6, Sayı 3 Syf 315-327.
14. Şişman, E.E., Yetim, L. (2004). *Tekirdağ Kentinde Donatı Elemanlarının Peyzaj Mimarlığı Açısından İrdelenmesi*, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 5(1): 43-51, 2004 Issn 1302 647x
15. Uzun, G. (1990). Kentsel rekreasyon alan planlaması. Çukurova Üniversitesi Yayını Adana.

Kapula ile Küresel Borsa İndeksleri Arasındaki Bağımlılığın Araştırılması

Murat GÜL^{1*}, Merve AKŞEN¹

¹Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, Giresun

(Geliş Tarihi/Received Date: 03.10.2018; Kabul Tarihi/Accepted Date: 03.12.2018)

Öz

Bu çalışma uluslararası borsalar arasındaki bağımlılığı nispeten yeni fakat hızla gelişen bir yaklaşım olan kapulaları kullanarak incelemektedir; bu da hem bağımlılık yapısının hem de bağımlılığın derecesini incelememize olanak sağlamaktadır. Kapulanın önemi marjinal dağılımın biçimine bakmadan, rastgele değişkenler arasındaki bağımlılık yapılarını modellemesi ve yakalamasıdır. Korelasyon ölçüleri bağımlılığın derecesini yansıtır ancak bağımlılığın yapısını ve şeklini yansıtmaz. Kapula modelleri aynı dağılım ailesine ait olmayan ve heterojen olan marjinal dağılımlara dayalı olarak çok değişkenli dağılımlara izin verirler. Böylelikle araştırmacı sadece mevcut çok değişkenli dağılımları göz önünde bulundurmaktan kurtulur. Bu çalışmanın amacı kapulaların avantajlarını kullanarak, dünyada en çok işlem hacmine sahip FTSE-100, S&P-500, Nasdaq, Nikkei-225 gibi küresel borsa indeksleri arasındaki bağımlılığı kapula ile araştırmak ve indeksler arasındaki bağımlılığı uygun kapula ile modellemektir.

Anahtar kelimeler: Kapula, Borsa, Bağımlılık

Investigation of Dependence among Global Stock Exchanges via Copula

Abstract

This study examines the dependence among international stock exchanges by using copulas that is relatively new but rapidly evolving approach, which allows us to examine both the structure of dependence and the degree of dependence. The importance of this approach is modeling and capturing dependencies among random variables, regardless of the form of the marginal distribution. Correlation measures reflect the degree of dependence but not the structure and shape of dependence. Copula models allow for multivariate distributions based on marginal distributions that have not same distribution family and is heterogeneous. Thus, the researcher get rid of taking into account only the present multivariate distributions. The aim of this study is to investigate the dependence among the global stock exchange indices such as FTSE-100, S&P-500, Nasdaq, and Nikkei-225, which have the largest trading volume in the world, and to model the dependence among the indices with the appropriate copula, using the advantages of copulas

Keywords: Copula, Stock Exchange, Dependence

* Sorumlu Yazar /Corresponding Author : murat.gul@giresun.edu.tr

1. Giriş

Finansal piyasalar arasındaki bağımlılık, hem ekonomistler hem de yatırımcılar için her zaman önemli bir konu olmuştur. Bu konu uluslararası portföy çeşitlendirmesi ve piyasa entegrasyonu üzerindeki etkileri nedeniyle literatürde büyük ilgi çekmiştir. Uluslararası borsalar arasındaki karşılıklı bağımlılık, ülkeler genelinde risk yönetimini güçlü bir şekilde etkilemektedir. Borsalar arasındaki karşılıklı bağımlılık, uluslararası portföylerin ortak dağılımı ve çeşitlendirilmesi ile uluslararası portföylerin ortak riskleri ve genel getirileri üzerinde etkilidir. Bu nedenle, küresel yatırımcıların uluslararası piyasalardaki bağımlılık derecesini ve yapısını anlamaları ve ölçmeleri çok önemlidir. Bulaşma genellikle, özellikle kriz dönemlerinde ülkeler arasında iletilen şoklar veya yayılma etkileri olarak anlaşılmaktadır. Bir kriz sırasında “korelasyonun bozulmasına” yol açarak önemli bir korelasyon değişimi olacağını ima eder. (Peng & Ng 2012). Son çalışmalar ise hisse senedi piyasalarında bulaşıcılığı kanıtlamıştır (Ane & Labidi 2006; Jondeau & Rockinger 2006; Bekaert et al 2005; Poon et al 2004; Longin & Solnik 2001; Forbes & Rigobon 2002). Kapula tabanlı çok değişkenli modeller, araştırmacıya ortak bir dağılım oluşturacak şekilde marjinal dağılımları bağlayan bağımlılık yapısından ayrı olarak herhangi bir marjinal dağılıma göre çok değişkenli dağılımların modellenmesini sağlar. Bu özellik çok değişkenli dağılımların belirlenmesinde ve tahmin edilmesinde önemli ölçüde büyük bir esneklik sağlar, böylelikle araştırmacı sadece mevcut çok değişkenli dağılımları göz önünde bulundurmaktan kurtulur.

Kapular, doğrusal ve doğrusal olmayan bağımlılık, simetrik ve asimetrik bağımlılık, kuyruk bağımlılığı dahil olmak üzere rastgele değişkenler arasındaki bağımlılık yapısını çalışmak için çok kullanışlı aygıtlardır. Bilindiği gibi, lineer korelasyon katsayısı gibi geleneksel bağımlılık ölçümleri, değişkenler arasındaki ilişki doğrusal olmadıkça ve ortak dağılımı normal olmadıkça uygun değildir. Kapular rastgele değişkenlerin doğrusal olmayan artan dönüşümleri altında değişmezdir. Bu özelliğe sahip Kendall'ın τ 'su ve Spearman'ın ρ 'su gibi birkaç bağımlılık ölçüsü vardır ve doğrusal korelasyona uygun bir alternatif sunarlar. Bu bağımlılık ölçüleri sıra korelasyonu veya uyum ölçüleri olarak adlandırılır ve rastgele değişkenler arasındaki doğrusal olmayan bağımlılığı yakalarlar. Ancak doğrusal korelasyon değişkenler arasındaki doğrusal olmayan bağımlılığı yakalayamaz. Korelasyon ölçüleri bağımlılığın derecesini yansıtır ancak bağımlılığın yapısını, şeklini yansıtmaz. Bu anlamda kapular iki veya daha fazla (yüksek boyutlarda) rastgele değişken arasındaki bağımlılığın derecesini ve bağımlılığın yapısını ortaya çıkarır. Kapula yaklaşımının uygulamasının en büyük avantajı dağılım fonksiyonunu bilmeden esnek bir şekilde modellenbilmesidir.

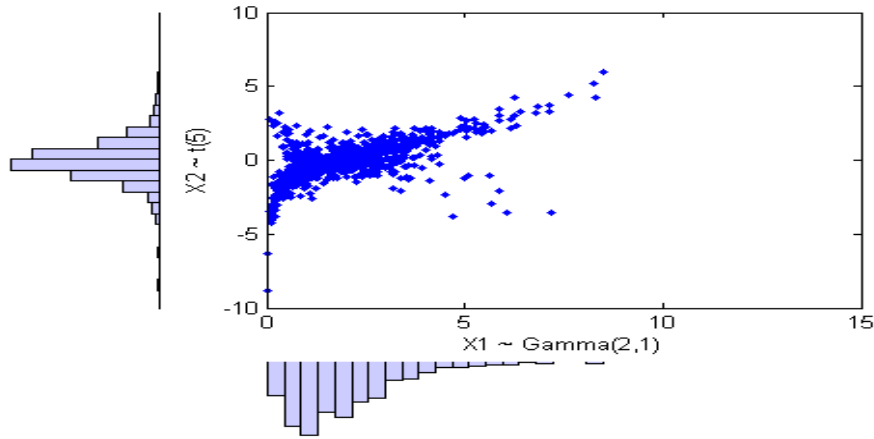
Bu çalışmanın amacı Dünya borsaları arasında önemli bir yere sahip olan NASDAQ (ABD) borsası, S&P-500(ABD), NIKKEI (Japonya) ile FTSE-100(İngiltere) arasındaki indekslerin kapula ile modellenmesine çalışıldı. Çalışmanın kısımları şu şekilde yapılandırılmıştır. İkinci bölümde materyal ve yöntem, üçüncü bölümde Bulgular ve Tartışma, dördüncü bölümde Sonuçlar kısımları verilmiştir. İstatistik literatüründe 50 yılı aşkın bir süredir iyi bilinmesine rağmen, istatistiksel modellemede Kapula teorisinin uygulamaları daha yeni bir fenomendir. Bugün, kapular ile ilgili hızlıca büyüyen bir literatür vardır. Dudley & Nimalendran (2011) ve Kang et al (2010), hedge fonlar ve diğer varlıklar arasındaki bağımlılığı incelemek için kapulara başvurdular. Abbara & Zavallos (2014) Latin Amerika (Brezilya, Meksika ve Arjantin), Avrupa (İngiltere ve Almanya), Asya (Japonya ve Singapur) ve A.B.D'nin önemli borsaları arasında 06 Ekim 1995 ve 19 Nisan 2013

tarihlerinde bulaşma ve bağımlılığın varlığını değerlendirdiler. İki değişkenli analizler borsalar arasında bulaşmanın yanında asimetrik bağımlılık olduğunu gösterdi.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Kapulalar

Bu bölümde kapulaların matematiksel ve istatistiksel özellikleri incelenmiştir. Nelsen tarafından yapılan tanıma göre kapula; “çok değişkenli dağılım fonksiyonlarını kendi tek boyutlu marjinal dağılım fonksiyonlarına bağlayan fonksiyondur. Alternatif olarak kapulalar, tek boyutlu marjinalleri (0,1) aralığı üzerinde düzgün dağılmış olan çok boyutlu dağılım fonksiyonlarıdır.” (Nelsen 2006). Kapulaların kullanıldığı alanlara bakıldığında çok değişkenli dağılımların bağımlılık yapısı, yeni çok değişkenli dağılımların elde edilmesi ve gösterilmesi, yeni değişkenler arasında bağımlılık ölçülerin geliştirilmesi ve değişkenler arasında bağımlılık gerektiren simülasyon çalışmalarında veri üretimi için kapulalar sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 1. Farklı marjinal dağılımlara sahip değişkenler için bağımlılık yapısı

Şekil 1’de Gamma ve t dağılımı gibi farklı marjinallere sahip değişkenler için kapulaları kullanarak 1000 adet bağımlı değer üretilmiştir.

2.2. Kapulaların Tanımı ve Özellikleri

$C: [0,1]^2 \rightarrow [0,1]$, fonksiyonu aşağıdaki özellikleri sağladığında kapula adını alır:

1. $C(0,v) = C(u,0) = 0$; $u,v \in [0,1]$; $C(1,v) = v$, $C(u,1) = u$; $u,v \in [0,1]$;
2. $a_1 \leq a_2$, $b_1 \leq b_2$ ve $a_1, a_2, b_1, b_2 \in [0,1]$ iken, $C(a_1, b_1) + C(a_2, b_2) - C(a_1, b_2) - C(a_2, b_1) \geq 0$ ‘dır.

Teorem 2.1. Sklar teoremi: kapulalar teorisinin yapı taşıdır. Bu teorem, çok boyutlu dağılım fonksiyonlarının tek değişkenli marjinalleri ile aralarındaki ilişkide kapulaların ne işe yaradığını açıklar (Nelsen 2006).

Sürekli marjinal dağılım fonksiyonları F_1, F_2, \dots, F_n ile verilen bir n-boyutlu dağılım fonksiyonu F için tek bir $C: [0,1]^n \rightarrow [0,1]$ kapulası vardır ve $x_i \in R, i=1,2,\dots, n$ için

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = C(F_1(x_1), F_2(x_2), \dots, F_n(x_n)) \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilir. Eğer F_1, F_2, \dots, F_n sürekli değilse $C, \text{Ran } F_1 \times \text{Ran } F_2 \times \dots \times \text{Ran } F_n$ üzerinde tek türlü tanımlanmıştır. Tersine, eğer C bir kapula ve F_1, F_2, \dots, F_n dağılım fonksiyonlarıysa, o zaman Eşitlik (2.1)'de tanımlanan F fonksiyonu, marjinalleri F_1, F_2, \dots, F_n olan bir ortak dağılım fonksiyonudur (Nelsen 2006).

Bu teorem kapulalar için hem bir yapı planı, hem de çok değişkenli dağılımların parametrelendirilmesini sağlar. Gerçekten F_1, F_2, \dots, F_n marjinalleri ile verilen çok değişkenli bir F fonksiyonu için $u_i \in [0,1], i=1,2,\dots,n$ olmak üzere,

$$C(u_1, u_2, \dots, u_n) = F(F_1^{-1}(u_1), F_2^{-1}(u_2), \dots, F_n^{-1}(u_n)) \quad (2.2)$$

fonksiyonu otomatik olarak bir kapuladır (Nelsen 2006; Malevergne & Sornette 2003).

2.3. Arşimedyen kapulalar ve özellikleri

Kapulaların en önemli sınıflarından biri Arşimedyen kapulalardır. Birçok kapula fonksiyonu Sklar Teoremi kullanılarak oluşturulmalarına karşın Arşimedyen kapulaları kendi üretici fonksiyonları ile elde edilir. Basitlik olması açısından, iki değişkenli bir kapula düşünelim. $\varphi : [0,1] \rightarrow [0, \infty)$, sürekli, kesin azalan, konveks ve $\varphi(1) = 0$ olacak şekilde bir fonksiyon olsun. φ 'nin ters fonksiyonu için φ^{-1} 'i kullanalım. Bir Arşimedyen kapulayı

$$C(u, v) = \varphi^{-1}(\varphi(u) + \varphi(v)) \quad u, v \in [0,1] \text{ için} \quad (2.3)$$

biçiminde yazabiliriz ve φ 'yi C kapulasının üreticisi (toplumsal üreticisi) olarak adlandırırız. Dolayısıyla bir üretici bir Arşimedyen kapula belirler. Birçok kapula fonksiyonu vardır. Arşimedyen kapula ailesinden en çok kullanılan bazı kapulalar Ali-Mikhail-Haq, Clayton, Frank ve Gumbel Hougaard'dır. Bu kapula aileleri ve bunların üreticilerine ilişkin eşitlikler Çizelge 1'de görülmektedir (Frees & Valdez 1998).

Çizelge 1. Bazı Arşimedyen kapula ailelerine ilişkin fonksiyonlar ve üreticiler

Aileler	Kapulanın Genel Formu	$C(u,v)$	Üreticiler $\varphi(t)$
Ali- Mikail- Haq	$uv[1 - \theta(1-u)(1-v)]^{-1}$		$\ln \frac{1 - \theta(1-t)}{t}$
2.4. Clayton	$[u^{-\theta} + v^{-\theta} - 1]^{-\frac{1}{\theta}}$		$\frac{1}{\theta}(t^{-\theta} - 1)$
Frank	$-\frac{1}{\theta} \ln \left[1 + \frac{(e^{-\theta u} - 1)(e^{-\theta v} - 1)}{(e^{-\theta} - 1)} \right]$		$-\ln \frac{e^{-\theta t} - 1}{e^{-\theta} - 1}$
Gumbel - Hougaard	$\exp \left\{ - \left[(-\ln u)^\theta + (-\ln v)^\theta \right]^{\frac{1}{\theta}} \right\}$		$(-\ln t)^\theta$

Bağımlılık Kavramları

Kapula fonksiyonları rasgele değişkenler arasındaki bağımlılık yapısını gösterdiğinden, bağımlılık ölçüleri kapula yardımıyla ifade edilebilir. Dolayısıyla, kapulanın çok değişkenli bir dağılımın bağımlılık yapısını ve uygunsa, yani doğru seçilmişse, verilerin bağımlılık yapısını gösterdiği düşünülebilir.

Tanım 2.1. Tam (Mükemmel) Bağımlılık: Her n - kapula C için Fréchet-Hoeffding eşitsizliği

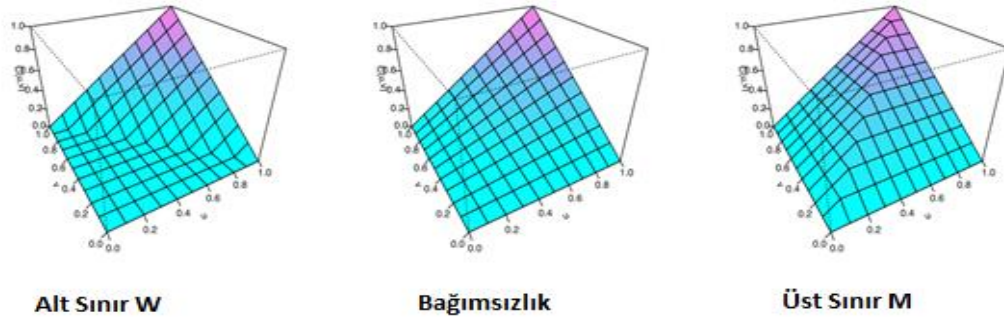
$$W^n(u_1, \dots, u_n) \leq C(u_1, \dots, u_n) \leq M^n(u_1, \dots, u_n) \quad (2.4)$$

vardır. $n = 2$ için alt ve üst sınırların kendileri birer kapuladır ve W, M sırasıyla $(U, 1-U)^T$ ve $(U, U)^T$ rastgele değişkenlerinin iki değişkenli dağılım fonksiyonlarıdır; burada $U \sim U(0,1)$ 'dir ($U, [0,1]$ 'de tekdüze dağılır). Bu durumda, W tam negatif bağımlılığı ve M 'de tam pozitif bağımlılığı belirtir.

Tanım 2.2. Birleşik Dağılım Fonksiyonları için Fréchet-Hoeffding Sınırları: $[0,1]^n$ de değer alan M^n, Π^n ve W^n fonksiyonlarını düşünelim:

$$M^n(u) = \min(u_1, \dots, u_n), \quad \Pi^n(u) = u_1, \dots, u_n, \quad W^n(u) = \max(u_1 + \dots + u_n - n + 1, 0).$$

M^n ve Π^n fonksiyonları her $n \geq 2$ için birer n -kapuladır. Bununla birlikte W^n herhangi bir $n \geq 3$ için bir kapula değildir. Ancak W^n fonksiyonuna istenildiği kadar yaklaşılabilen bir kapula bulunabilir (Nelsen 2006).



Şekil 2. İki değişken için Fréchet-Hoeffding sınırları ve Bağımsızlık kapulası

Şekil 2'de solda Fréchet-Hoeffding alt sınırı, ortada bağımsızlık kapulası, sağda ise Fréchet-Hoeffding üst sınırı gösterilmiştir.

Tanım 2.3. Kendall'in τ 'su ve Spearman'ın ρ 'su: Kapula aileleri söz konusu iken, Kendall'in τ 'su veya Spearman'ın ρ 'su kullanılır. Kendall'in τ 'su ve Spearman'ın ρ 'su kapula aileleri üzerinden tahmin edilebilir. Bu işlem aşağıdaki izleyen eşitlikler ile gerçekleştirilebilir:

$$\tau(X_1, X_2) = 4 \iint C(u, v) dC(u, v) - 1 \quad (2.5)$$

Spearman ρ 'sunu aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$\rho_{X,Y} = 12 \iint C(u, v) du dv - 3 \quad (2.6)$$

Aşağıdaki çizelgede Kapula ailelerine ilişkin parametrelerle ilişki katsayıları arasındaki matematiksel bağıntılar verilmiştir (Frees & Valdez 1998).

Çizelge 2. Bazı kapula ailelerine ilişkin parametre aralıkları ve ilişki katsayıları

Aileler	Parametre Aralığı	Kendall'ın τ 'su	Spearman'ın ρ 'su
Clayton	$\theta \geq 0$	$\frac{\theta}{\theta + 2}$	—
Farlie-Gumbel-Morgestern	$-1 \leq \theta \leq 1$	$\frac{2}{9}\theta$	$\frac{1}{3}\theta$
Frank	$\theta \neq 0$	$1 - \frac{4}{\theta}[D_1(-\theta) - 1]$	$1 - \frac{12}{\theta}[D_2(-\theta) - D_1(-\theta)]$
Gumbel-Hougaard	$\theta \geq 1$	$1 - \theta^{-1}$	—
Plackett	$\theta \geq 0$	—	$\frac{(\theta + 1)}{(\theta - 1)} - \frac{2\theta \ln \theta}{(\theta - 1)^2}$

Not: D_1 ve D_2 Debye fonksiyonu olarak adlandırılır ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$D_k(x) = \frac{k}{x} \int_0^x \frac{t^k}{e^t - 1} dt, \quad D_k(-x) = D_k(x) + \frac{kx}{k + 1} \quad (2.7)$$

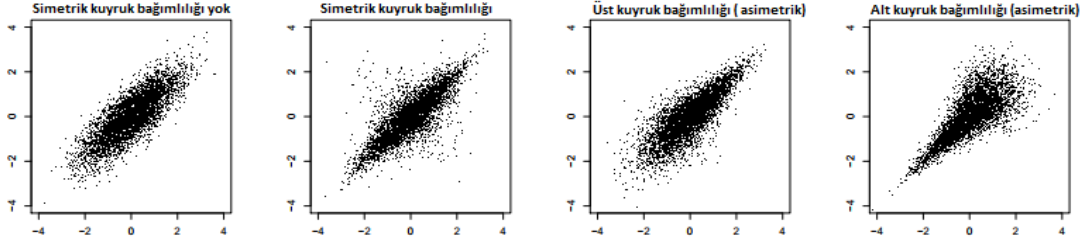
Tanım 2.4. Kuyruk Bağımlılığı: Kuyruk bağımlılığı, ortak dağılımın kuyruğunda olan iki rastgele değişken arasındaki aşırı (extreme) birlikte hareketi tanımlar. Gauss, Frank, Plackett gibi kapulalar alt ve üst kuyruk bağımlılık katsayıları sıfır olduğundan kuyruk bağımlılığına sahip değildirler ancak bu katsayılar eşit olduklarından simetrik kapulalar olarak kabul edilirler. Clayton, Gumbel gibi kapulalar alt veya üst kuyruk bağımlılığına sahiptirler ve asimetric kapulalar olarak adlandırılırlar. t-kapula ve simetrik Joe-Clayton gibi kapulalar aynı anda üst ve alt kuyruk bağımlılığına sahip olduğundan hem simetrik hemde asimetric kapulalar olarak bilinirler (Borovkova 2011). Kuyruk bağımlılığı iki değişkenli dağılımın alt ve üst kuyruklardaki bağımlılığın derecesini açıklar.

$$\lambda_L = \lim_{u \rightarrow 0} P[F_Y(y) < u | F_X(x) < u] = \lim_{u \rightarrow 0} \frac{C(u, u)}{u} \quad (2.8)$$

λ_L ile gösterilen alt kuyruk bağımlılığı katsayısı Y değişkeni çok düşük değer aldığımda, X değişkeninin çok düşük değer aldığı koşullu bir olasılıktır.

$$\lambda_U = \lim_{u \rightarrow 1} P[F_Y(y) \geq u | F_X(x) \geq u] = \lim_{u \rightarrow 1} \frac{1 - 2u + C(u, u)}{1 - u} \quad (2.9)$$

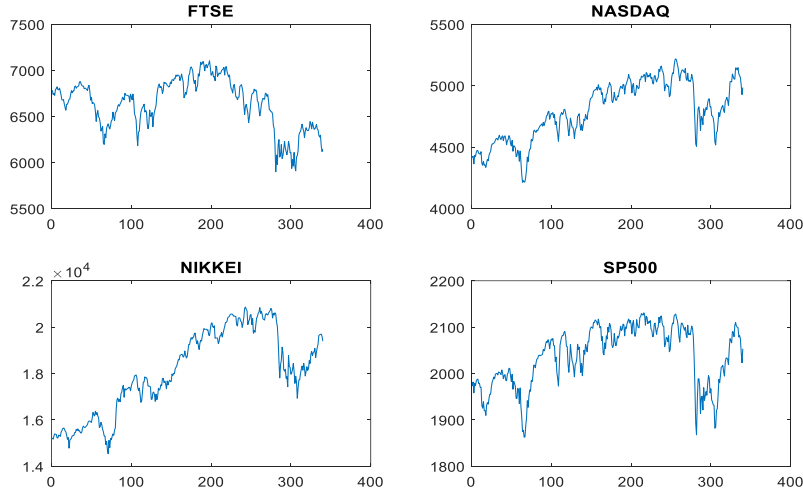
λ_U ile gösterilen üst kuyruk bağımlılığı katsayısı Y değişkeni çok büyük değer aldığı anda, X değişkeninin çok büyük değer aldığı koşullu bir olasılıktır. λ_U ve $\lambda_L \in [0,1]$. Eğer λ_L veya λ_U pozitif ise X ve Y değişkenleri, sırasıyla alt(sol) veya üst(sağ) kuyruk bağımlıdır. Eğer $\lambda_L > 0$ ise büyük kayıpların aynı anda olma eğilimi vardır. $\lambda_U > 0$ büyük kazançların aynı anda olma eğilimi vardır (Joe 2014; Nelsen 2006). $\lambda_L=0$ ve $\lambda_U=0$ olursa X ve Y değişkenlerinin kuyrukları bağımsızdır. Eğer $\lambda_U = \lambda_L$ ise X ve Y değişkenlerinin simetrik kuyruk bağımlılığı olduğu kabul edilir. Aksi durumunda ($\lambda_U \neq \lambda_L$) bağımlılık yapısı asimetriktr.



Şekil 3. Kuyruk bağımlılıklarına göre bağımlılık yapısı

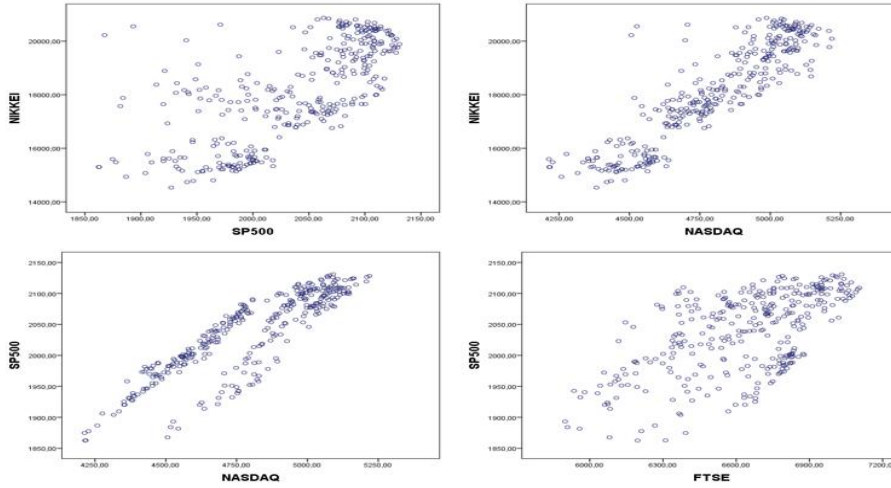
3. Bulgular ve Tartışma

Dünya üzerinde en çok işlem gören 4 hisse senedi borsası üzerinde gerçekleştirilen çalışma Temmuz 2014-Kasım 2015 tarihleri arasındaki NIKKEI(Japonya), FTSE(İngiltere), NASDAQ(ABD), SP500(ABD) borsaların arasındaki 340 veri dönemine ilişkindir.



Şekil 4. Borsa indekslerinin kapanış değerlerine göre grafikleri

Şekil 4’de NIKKEI, FTSE, SP500 VE NASDAQ borsalarının Temmuz 2014 ile Kasım 2015 tarihleri arasında kapanış işlem değerlerine göre grafiklerini göstermektedir.



Şekil 5. Borsa indeksleri arasındaki saçılım grafikleri

Şekil 5’de NIKKEI-SP500 ; NIKKEI-NASDAQ; SP500-NASDAQ; SP500-FTSE Borsaları arasındaki saçılım grafikleri verilmiştir. Bu grafiklerden borsaların farklı bağımlılık yapılarına sahip oldukları anlaşılmaktadır. Kapulalar ile bağımlılık ölçüleri arasındaki ilişki bilindiğinden Çizelge 3 ve Çizelge 4 hazırlanmıştır.

Çizelge 3. Borsa indeksleri arasındaki bağımlılık ölçüsü (Kendall's τ)

Kendall's τ	NIKKEI	FTSE	NASDAQ	SP-500
NIKKEI	1.000	0.101	0.715	0.506
FTSE	0.101	1.000	0.200	0.421
NASDAQ	0.715	0.200	1.000	0.712
SP-500	0.506	0.421	0.712	1.000

Çizelge 4. Borsa indeksleri arasındaki bağımlılık ölçüsü (Spearman's ρ)

Spearman's ρ	NIKKEI	FTSE	NASDAQ	SP-500
NIKKEI	1.000	0.171	0.888	0.703
FTSE	0.171	1.000	0.289	0.588
NASDAQ	0.888	0.289	1.000	0.881
SP-500	0.703	0.588	0.881	1.000

Çizelge 3 ve Çizelge 4’de küresel borsalar arasındaki parametrik olmayan bağımlılık ölçülerinin (Kendall's τ ve Spearman's ρ) değerleri verilmiştir. Bu tablolardan Nikkei ile Nasdaq arasında, Nikkei ile SP-500 arasında, FTSE ile SP-500 arasında, Nasdaq ile SP500 arasında pozitif yönde güçlü ilişki olduğu görülmektedir.

Kapula tahmin yöntemi olarak, parametrik olmayan, gözlenen frekanslar ile teorik frekanslar arasındaki farklara dayanan ve $sd=(I-1)(J-1)-p(q-1)$ serbestlik derecesi ile Ki-Kare testi kullanıldı. Burada p tahmin edilen parametre sayısını, q birleştirilen hücre sayısını, I satır sayısını ve J ise sütün sayısını gösterir. İki değişkenin gözlenen frekanslarınının 4x4 'lük çapraz tablosunu göstermektedir. Bu iki değişken için hücre sınırları j=1,2,3,4 için yaklaşık olarak $[340*j/4]$ sıra sayısına sahip sıra istatistiklerine karşı gelen değerler olarak alınmıştır. Daha açık bir şekilde ifade edilecek olunursa, Nikkei endeks değerlerine bakıldığında 85.

birim için 16,796; 170.birim için 18,070; 255.birim için 19,698 değeri bulunmuştur. SPSS paket programında Compute seçeneği kullanılarak ve Nikkei $\leq 16,796$ değerleri için “1” kodu, $16,796 < \text{Nikkei} \leq 18,070$ için “2” kodu, $18,070 < \text{Nikkei} \leq 19,698$ için “3” kodu ve $\text{Nikkei} > 19,698$ için “4” kodu kullanılarak sıra istatistik değerleri atanmıştır. Benzer işlemler Nasdaq için gerçekleştirildiğinde 85. birim için 4,605, 170. birim için 4,801 ve 255. birim için 5,009 değeri bulunmuş ve Nasdaq $\leq 4,605$ değerleri için “1” kodu, $4,605 < \text{Nasdaq} \leq 4,801$ için “2” kodu, $4,801 < \text{Nasdaq} \leq 5,009$ için “3” kodu ve $\text{Nasdaq} > 5,009$ için “4” kodu kullanılarak sıra istatistik değerleri atanmıştır. Daha sonra Tabloda Nikkei-Nasdaq kodlarına karşılık gelen çapraz tablo oluşturulmuştur. İlişki katsayıları kullanılarak veri kümesine en uygun kapula ailesi ve parametresi tahmin edilmeye çalışılmıştır.

H_0 : Nikkei ve Nasdaq indeksleri arasındaki bağımlılık Plackett kapula ailesine uyuyor. H_1 : Nikkei ve Nasdaq indeksleri arasındaki bağımlılık Plackett kapula ailesine uymuyor.

Çizelge 5. Nikkei ve Nasdaq indekslerine ilişkin gözlenen frekanslar

	NASDAQ				Toplam
	1,00	2,00	3,00	4,00	
NIKKEI	1,00	77	8	0	85
	2,00	6	65	14	85
	3,00	0	10	54	85
	4,00	2	2	17	85
Toplam	85	85	85	85	340

Nikkei ve Nasdaq indekslerine ait Spearman’ın ρ ’su 0,888, Kendall’ın τ ’su da 0,715 olarak tahmin edilmiştir. Bundan sonraki aşama, bu bağımlılık yapısını Spearman’ın ρ ’su ve Kendall’ın τ ’suna dayanan yöntemler ile en iyi tahmin edecek kapula ailesini bulmak ve bu kapulanın parametresini tahmin etmektir. Bunu gerçekleştirmek için çeşitli kapula ailelerini ele alındı ve verilere en uygun düşen kapula ailesi bulunmaya çalışıldı.

Çizelge 6. Plackett kapula ailesine ilişkin beklenen frekanslar

	NASDAQ				Toplam
	1,00	2,00	3,00	4,00	
NIKKEI	1,00	68	14	2	85
	2,00	14	54	15	85
	3,00	2	15	54	85
	4,00	1	2	14	85
Toplam	85	85	85	85	340

Çizelge 5’de Nikkei ve Nasdaq endeksinden elde edilen gözlenen frekanslar ile Çizelge 6’daki $\theta=57$ için Plackett kapula ailesinden elde edilen beklenen frekanslar arasındaki ki-kare değeri 11,06 bulunmuştur. Böylece; 7 serbestlik derecesinde 0,95 güvenilirlik düzeyinde ki-kare tablo değeri 14,07 olduğundan, Nasdaq ile Nikkei indeksleri arasındaki bağımlılığın Plackett kapula ailesine uyduğunu

söyleyen H_0 hipotezi istatistiksel olarak reddedilemez. Nikkei ve Nasdaq endekleri arasındaki bağımlılık yapısının Plackett kapula ailesine uygun olduğu sonucu çıkarılabilir.

Çizelge 7. Gumbel Hougaard kapula ailesine ilişkin beklenen frekanslar

	NASDAQ				Toplam	
	1,00	2,00	3,00	4,00		
NIKKEI	1,00	63	19	3	0	85
	2,00	19	45	20	1	85
	3,00	3	20	49	14	86
	4,00	0	1	14	69	84
Toplam	85	85	86	84		340

Çizelge 5’de Nikkei ve Nasdaq endeksinden elde edilen gözlenen frekanslar ile Çizelge 7’deki $\theta=3,508772$ için Gumbel-Hougaard kapula ailesinden elde edilen beklenen frekanslar arasındaki ki-kare değeri 21,77 bulunmuştur. Böylece; 7 serbestlik derecesinde 0,95 güvenilirlik düzeyinde ki-kare tablo değeri 14,07 olduğundan, Nasdaq ile Nikkei indeksleri arasındaki bağımlılığın Gumbel Hougaard kapula ailesine uyduğunu söyleyen H_0 hipotezi istatistiksel olarak reddedilir. Nikkei ve Nasdaq endekleri arasındaki bağımlılık yapısının Gumbel Hougaard kapula ailesine uygun olmadığı sonucu çıkarılabilir.

Çizelge 8. Nikkei & Nasdaq borsa indeksleri arasındaki bağımlılığı modelleyen kapula ailesinin seçimi

Kendall & Spearman	Kapula Ailesi	θ	Hesaplanan Ki kare	Ho kabul/red
0,715	Clayton	5,02	0,8697	Ho kabul
	Frank	12,14	13,66	Ho kabul
0,888	Gumbel Hougaard	3,51	21,77	Ho red
	Plackett	57	11,06	Ho kabul

Yukarıda yapılan işlemlerin daha anlaşılır olması amacıyla diğer kapula aileleri de dahil edilerek Çizelge 8 hazırlanmıştır. Nikkei ile Nasdaq borsa indekslerine ait Kendall’ın τ ’su 0,715, Spearman’ın ρ ’su da 0,888 olarak tahmin edilmiştir. Hesaplanan en küçük Ki-Kare değerine göre Clayton Kapula ailesi, Nikkei ile Nasdaq arasındaki bağımlılığı daha iyi modellemiştir.

Çizelge 9. Nikkei & Ftse borsa indeksleri arasındaki bağımlılığı modelleyen kapula ailesinin seçimi

Kendall & Spearman	Kapula Ailesi	θ	Hesaplanan Ki kare	Ho kabul/red
0,101	Clayton	0,22	108,33	Ho red
	Frank	0,92	96,98	Ho red
0,171	Gumbel Hougaard	1,11	95,26	Ho red
	Plackett	1,87	95,96	Ho red

Çizelge 9’da özetlendiği gibi Nikkei ile Ftse borsa indekslerine ait Kendall’ın τ ’su 0,101, Spearman’ın ρ ’su da 0,171 olarak tahmin edilmiştir. Hesaplanan Ki-Kare değerlerine göre incelenen hiçbir kapula ailesi Nikkei ile Ftse arasındaki bağımlılığı modelleyememiştir.

Çizelge 10. Sp500 & Ftse borsa indeksleri arasındaki bağımlılığı modelleyen kapula ailesinin seçimi

Kendall & Spearman	Kapula Ailesi	θ	Hesaplanan Ki kare	Ho kabul/red
0,421	Clayton	1,45	48,46	Ho red
	Frank	4,46	23,81	Ho red
0,588	Gumbel Hougaard	1,73	13,64	Ho kabul
	Plackett	7,86	24,37	Ho red

Çizelge 10’da özetlendiği gibi Sp500 ile Ftse borsa indekslerine ait Kendall’ın τ ’su 0,421, Spearman’ın ρ ’su da 0,588 olarak tahmin edilmiştir. Hesaplanan en küçük Ki-Kare değerlerine göre Gumbel Hougaard kapula ailesi Sp500 ile Ftse arasındaki bağımlılığı daha iyi modellemiştir.

Çizelge 11. Nasdaq & Sp500 borsa indeksleri arasındaki bağımlılığı modelleyen kapula ailesinin seçimi

Kendall & Spearman	Kapula Ailesi	θ	Hesaplanan Ki kare	Ho kabul/red
0,712	Clayton	4,94	20,09	Ho red
	Frank	11,99	1,29	Ho kabul
0,881	Gumbel Hougaard	3,47	1,11	Ho kabul
	Plackett	52	2,10	Ho kabul

Çizelge 11’de özetlendiği gibi Nasdaq ile Sp500 borsa indekslerine ait Kendall’ın τ ’su 0,712, Spearman’ın ρ ’su da 0,881 olarak tahmin edilmiştir. Hesaplanan en küçük Ki-Kare değerlerine göre Gumbel Hougaard kapula ailesi Sp500 ile Ftse arasındaki bağımlılığı daha iyi modellemiştir.

Çizelge 12. Nasdaq & Ftse borsa indeksleri arasındaki bağımlılığı modelleyen kapula ailesinin seçimi

Kendall & Spearman	Kapula Ailesi	θ	Hesaplanan Ki kare	Ho kabul/red
0,200	Clayton	0,50	83,02	Ho red
	Frank	1,87	67,66	Ho red
0,289	Gumbel Hougaard	1,25	70,80	Ho red
	Plackett	2,44	61,82	Ho red

Çizelge 12’de özetlendiği gibi Nasdaq ile Ftse borsa indekslerine ait Kendall’ın τ ’su 0,200, Spearman’ın ρ ’su da 0,289 olarak tahmin edilmiştir. Hesaplanan Ki-Kare değerlerine göre incelenen hiçbir kapula ailesi Nasdaq ile Ftse arasındaki bağımlılığı modelleyememiştir.

Çizelge 13. Nikkei & Sp500 borsa indeksleri arasındaki bağımlılığı modelleyen kapula ailesinin seçimi

Kendall & Spearman	Kapula Ailesi	θ	Hesaplanan Ki kare	Ho kabul/red
0,506	Clayton	2,05	34,39	Ho red
	Frank	5,85	22,41	Ho red
0,703	Gumbel Hougaard	2,02	30,78	Ho red
	Plackett	12,14	25,85	Ho red

Çizelge 13’de özetlendiği gibi Nikkei ile Sp500 borsa indekslerine ait Kendall’ın τ ’su 0,506, Spearman’ın ρ ’su da 0,703 olarak tahmin edilmiştir. Hesaplanan Ki-Kare değerlerine göre incelenen hiçbir kapula ailesi Nikkei ile Sp500 arasındaki bağımlılığı modelleyememiştir.

4. Sonuçlar

Dünyada en çok işlem hacmine sahip FTSE-100, S&P-500, Nasdaq, Nikkei-225 gibi borsa indeksleri arasındaki bağımlılığı kapula ile araştırdık. Piyasa özelliklerine göre şekillenen bağımlılık yapıları da farklı kapula formlarının kullanılmasını gerektirmektedir. Analiz sonuçlarına göre Nikkei ile Ftse; Nasdaq ile Ftse; Nikkei ile S&P-500 arasındaki bağımlılık incelenen kapula ailelerine göre modellenemedi. Bu yüzden bu borsa indeksleri arasındaki bağımlılık için diğer kapula ailelerini kullanmak gerekir.

Nikkei ile Nasdaq arasındaki bağımlılık Clayton kapula ailesi ile (Ki kare=0,8697; $\theta=5,02$), S&P-500 ile Ftse arasındaki bağımlılık Gumbel Hougaard ile (Ki kare=13,64; $\theta=1,73$), Nasdaq ile S&P-500 arasındaki bağımlılık Gumbel Hougaard Ki kare=1,11; $\theta=3,47$) kapula ailesi ile modellenenir.

Çalışmanın önemli bir sonucu ise Clayton ve Gumbel kapulaların asimetric bağımlılığı ifade etmesinden dolayı, Nikke ile Nasdaq, S&P-500 ile Ftse, Nasdaq ile S&P-500 arasındaki bağımlılığın asimetric bir yapıda olduğudur.

Çalışma sonunda birbirine coğrafi olarak yakın olan borsalar arasındaki bağımlılığın daha yüksek olduğunu gördük. Örneğin; NIKKEI (Japonya) indeksinin, NASDAQ (ABD) ve SP-500 (ABD) borsalarına daha fazla bağımlı ($\rho_{Nikkei,Nasdaq}=0,888$; $\rho_{Nikkei,SP500} = 0,703$) olduğu bulundu. Bu sonuç, NIKKEI’de bir sorun olduğunda, ABD’deki borsa indeksleri için ortak bir çarpışma olasılığının yüksek olacağını göstermektedir. Böylece portföy yöneticileri bu ortak hareketlere daha fazla dikkat etmelidir. Bu sonuç, yatırım stratejisi olarak portföy çeşitlendirmesini coğrafi olarak birbirine yakın borsalara yapmamamız gerektiğini ifade etmektedir.

Finansal piyasalarda asimetric etkenleri göz ardı etmek, alt kuyruk veya üst kuyruk riskinin daha az tahmin edilmesinden ötürü uygun olmayan bir portföy çeşitliliğine yol açacaktır. Bu nedenle, asimetric bağımlılığı yakalayan bir kapula modeli uluslararası portföy risk yönetimi için kullanılabilir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, yatırımcılar için küresel yatırım risk yönetiminde kullanılabilir. İlerideki çalışmalarda kapulalar, borsa indeksleri arasında daha gerçekçi bağımlılığı yakalamada ve bağımlı veriler ile çalışılmak istendiğinde, bağımlılığı yansıtan verileri üretmede kullanılabilir. Bu çalışma ikiden fazla (daha yüksek boyutlarda) borsa indeksi arasındaki bağımlılık ve asimetric bağımlılığı bulmak için genişletilebilir.

5. Kaynaklar

1. Abbara O & Zavallos M (2014). Assessing stock market dependence and contagion, *Quantitative Finance*, 14(9), 1627-1641
2. Ane T & Labidi C (2006). Spillover effects and conditional dependence. *International Review of Economics and Finance*, 15, 417-442
3. Bekaert G, Harvey C R & Ng A (2005). Market integration and contagion. *Journal of Business*, 78, 39-69
4. Borovkova S (2011). Risk management with tail copulas for emerging market portfolios. *International Journal of Economics and Finance Studies*,3(1), 48-61
5. Dudley E & Nimalendran M (2011). Margins and hedge fund contagion, *J. Finan. Quant. Anal.* 46,1227–1257
6. Forbes K J & Rigobon R (2002). No contagion, only interdependence: Measuring stock market co-movements. *Journal of Finance*, 57, 2223-2261
7. Frees E W, Valdez E A (1998). Understanding Relationships Using Copulas. *North American Actuarial Journal*, 2(1): 1-25
8. Joe H (2014). *Dependence Modeling with Copulas*, CRC Monographs on Statistics & Applied Probability
9. Jondeau É & Rockinger M (2006). The copula-GARCH model of conditional dependencies: an international stock market application, *J. Internat. Money, Finance* 25, 827–853
10. Kang B U, In F, Kim G & Kim Y S (2010). A longer look at the asymmetric dependence between hedge funds and the equity market, *J. Finan. Quant. Anal.* 45, 763–789
11. Longin F & Solnik B (2001). Extreme correlation of international equity market. *Journal of Finance*, 56, 649-676
12. Malevergne Y & Sornette D (2003). Testing the Gaussian Copula Hypothesis for Financial Assets Dependencies. *Quantitative Finance*, 14:231-250
13. Nelsen R B (2006). *An Introduction to Copulas*, Second Edition, Springer Series in Statistics, New York
14. Peng Y & Ng W L (2012). Analysing financial contagion and asymmetric market dependence with volatility indices via copulas. *Annals of Finance*, 8(1), 49-74
15. Poon S H, Rockinger M & Tawn J (2004). Extreme value dependence in financial markets: Diagnostics, models, and financial implications. *Review of Financial Studies*, 17, 581-610

Su Kaynaklarında İleri Oksidasyon Prosesleri (İOP) ile Ötrofikasyon Kontrolü

Zeynep EREN* 

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Erzurum

(Geliş Tarihi/Recived Date: 01.10.2018; Kabul Tarihi/Accepted Date: 10.12.2018)

Öz

Su kaynaklarındaki ötrofikasyon (alg patlaması) problemi tüm dünyada ve özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde önemli bir su kirliliği problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Sucul ortamda Siyanobakterilerin sebep olduğu bu problem dünya genelinde hem halk sağlığı hem de ekolojik döngü üzerinde önemli etkileri olan çevresel bir problemdir. Göller, nehirler, körfezler ve su rezervuarları için önemli bir tehdit haline gelmeye başlayan ötrofikasyon, çoğunlukla tam arıtılmamış atıksuların deşarjı, şehirleşme ve tarımsal faaliyetler nedeniyle su ortamına aşırı besi maddesi girişinden kaynaklanmaktadır. Siyanobakteriler, ötrofikasyon süresince insanlar, hayvanlar ve su canlıları üzerinde zararlı olan Siyanobakteriyel toksin olarak adlandırılan birçok mikrokirletici bileşikler üretirler. Bu mikrokirleticiler hem su hayatını ve su canlılarını olumsuz etkilemekte hem de yüzey suları vasıtasıyla içme suyu kaynaklarına karışarak insan sağlığını tehdit etmektedirler. Bu nedenle son yıllarda yapılan çalışmalar Siyanobakterilerin ürettiği Siyanobakteriyel toksinlerin (siyanotoksinler) İleri Oksidasyon Prosesleri (İOP) ile arıtılması üzerine yoğunlaşmıştır.

Bu çalışma ise ötrofikasyona sebep olan Siyanobakterilerin ve Siyanobakteriyel toksinlerin genel bir tanımlanmasını yaparak, İOP ile arıtılabilirliği konusunda yapılmış çalışmaları özetlemektedir. Siyanobakterilerin ve Siyanobakteriyel toksinlerin İOP ile arıtıldığı çalışmaların, elektrokimyasal arıtım, ozonlama, fotokatalitik oksidasyon, Fenton oksidasyonu, ultrases gibi prosesler üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Bunlar arasında ultrases, son yıllarda Siyanobakteriler ve Siyanobakteriyel toksinler için popüler bir arıtma tekniği olarak ön plana çıkmakta ve büyük ölçekli arıtma çalışmaları ile yerinde uygulama başarısı gösterdiği için ötrofikasyon kontrolünde gelecek vadeden bir arıtma metodu olarak değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Siyanobakteri, ötrofikasyon, İleri Oksidasyon Prosesleri (İOP), ultrases

The Eutrophication control in Water Resources via Advanced Oxidation Processes

Abstract

The eutrophication (algal bloom) caused by Cyanobacteria in the aquatic environment is faced a significant water pollution problem throughout the world especillay in the developing countries like Turkey. It is known as a serious environmental problem which has important effects on both human health and ecological cycle caused by Cyanobacteria in water resources. Eutrophication, which becomes a major threat to lakes, rivers, gulfs and water reservoirs, is often caused by the introduction of nutrients overloading into the aquatic environment due to the discharge of incomplete treated wastewater, urbanization and agricultural activities. During the eutrophication, Cyanobacteria produce many toxic compunds called as cyanotoxins which are harmful to humans, animals and aquatic creatures. These toxic compounds have adverse effect on aquatic life, as well as human health by interfering with drinking water sources through surface waters. Therefore, recent studies have focused on the degradation of these toxins (cyanotoxins) produced by Cyanobacteria with Advanced Oxidation Processes (AOPs).

This study summarizes the researches on the degradability of Cyanobacteria and Cyanobacterial toxins by AOPs by making a general definition of Cyanobacteria and Cyanobacterial toxins causing

eutrophication. The researches that Cyanobacteria and Cyanobacterial toxins are treated by IOP have focused on the processes such as electrochemical treatment, ozonation, photocatalytic oxidation, Fenton oxidation and ultrasound. Among them, ultrasound has become a popular treatment method and has been evaluated a promising treatment technique due to its success of in-situ application in addition to its large-scale using.

Keywords: *Cyanobacteria, eutrophication, Advanced Oxidation Processes (AOPs), ultrasound*

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: zeren@atauni.edu.edu.tr

1. Giriş

Siyanobakterilerden kaynaklanan ötrofikasyon problemi son yıllarda su kirliliği açısından en dikkat çeken çevre sorunlarından biri haline gelmiştir. Ötrofikasyon sanayi ve şehirleşmenin artışı ile ya arıtılmamış ya da eksik arıtılmış atıksuların deşarjından, noktasal olmayan tarımsal faaliyetlerden, yüzey akışlarından ve katı atık depolama sahasından gelen sızıntı sularının ihtiva ettiği zengin nütrientlerden dolayı nehirlerde, göllerde, kıyı alanlarında, halıçelerde ve baraj göletlerinde aşırı azot ve fosfor birikmesi ve buna bağlı olarak artan aşırı alg büyümesi olarak tanımlanabilir. Su ortamında fotosentez yapan tek hücreli su canlıları olan fitoplanktonların sınırlayıcı azot ve fosfor bileşiklerinin artışı ile koloniler halinde aşırı bir şekilde büyümesi su ortamında çıplak gözle görülebilecek seviyelere ulaşabildiği için ötrofikasyon alg patlaması olarak da adlandırılmaktadır. Fitoplanktonlar mavi yeşil algler ya da Siyanobakteriler olarak bilinmekte ve çoğunlukla ötrofikasyondan sorumlu algler olarak tanımlanmaktadır. Ötrofikasyonun en önemli etkisi su ortamındaki canlı yaşamını sona erdiren oksijen azalmasıdır. Alg patlaması ile hızlı bir şekilde artan fitoplankton popülasyonu fotosentezin olmadığı karanlık saatlerde üretilenden fazla oksijen kullanarak su ortamındaki oksijeni tüketmektedir. Oksijen, ölmeye başlayan fitoplankton kütlelerini tüketen bakteriler nedeniyle de azalabilmektedir. Ötrofikasyonun bir diğer önemli etkisi su ortamına güneş ışığının penetrasyonunun engellenmesidir. Güneş ışığı fotosentezin önemli bir parçası olduğu için derinlerde yaşayan su canlılarının aktivitelerini ve dolaylı olarak su ekosistemini tehlikeye sokacaktır. Bu nedenle güneş ışığı ve oksijen ötrofikasyonu değerlendirmek için iki önemli parametre olarak kabul edilir. Diğer önemli parametreler ise besi maddesi konsantrasyonları (toplam azot ve fosfor) ve algal klorofil miktarı olarak sıralanabilir. Ötrofikasyonun su ekosistemi açısından meydana gelen bu zararlı etkilerinin yanında, zararlı alg patlaması (Harmful Algal Blooms-HABs) olarak bilinen ve Siyanobakteriler başta olmak üzere belli alg türlerinin salgıladıkları Siyanobakteriyel toksinlerden (siyanotoksin) ileri gelen diğer önemli bir etkisi daha bulunmaktadır. Ötrofikasyon süresince Siyanobakterilerin yaydığı bu toksik bileşikler, başta kabuklu su canlıları olmak üzere diğer birçok su canlısı, insan ve hatta hayvan sağlığı için zararlı etkiye sahiptir. Siyanobakteriyel toksinler klasik arıtma tesislerinde arıtılmadıkları için içme suyu kanalıyla insan sağlığına kolaylıkla etki edebilmekte ve baş ağrısı, mide, karaciğer rahatsızlıkları, egzama, sinir sistemi hastalıkları gibi önemli sorunlar meydana getirmektedirler (Rose et al 2014; Yang et al 2008; WHO 2002; EPA 2017; Sağlamtimur ve Sağlamtimur 2018).

Siyanobakteriyel toksin bileşiklerinin genel olarak yüzey sularında en sık rastlanan türleri Mikrosistinler (MCs), Cylindrospermopsin (CYN), Nodularin (NOD) ve Anatoksin-a bileşikleridir. Bu bileşikler aynı zamanda potansiyel kanser etkilerinden dolayı literatürde üzerinde en çok çalışılan Siyanobakteriyel toksinler olarak da bilinmektedirler. Bu toksik bileşiklerin akut etkisi su ortamının yüzme, balık tutma, eğlenme vb. sportif faaliyetler için kullanılmasyla meydana gelmektedir. Az gelişmiş ülkelerde ya da kırsal bölgelerde ötrofiye

olmuş yüzey suları arıtılmaksızın içme suyu olarak kullanılması da akut zehirlenmelere sebep olmaktadır (Zegura et al 2011; Hitzfeld et al 2000).

Siyanobakteriyel toksinlerin sebep olduğu akut zehirlenmelerin en büyük örneği 1996 yılında Brezilya’da bir diyaliz merkezinde bulunan 101 böbrek hastasından 50’sinin ölümü ile sonuçlanan zehirlenme olayıdır. Daha sonra yapılan çalışmalarda diyaliz merkezinin su kaynağının herhangi bir arıtma işlemi uygulanmadan doğrudan kullanıldığı ve kullanılan su kaynağının Siyanobakterilerin salgıladığı MCs ile kirlendiği belirtilmiştir (Jochimsen et al 1998). 2014 yılında Ohio’da Erie Gölü’nde meydana gelen ötrofikasyon probleminden kaynaklanan Siyanobakteriler ve salgıladıkları toksik bileşikler Toledo şehrinin su dağıtım şebekesine yayılarak insan sağlığını tehdit eder duruma gelmiştir. Halkın olumsuz etkilenmesini önlemek için şehir şebekesi suyu 3 gün süreyle kesilmiştir (Anonim 2014). Siyanobakteriyel toksinlerin akut etkilerinin yanında kanserojen ve genotoksik önemli kronik etkileri de meydana gelmektedir. Dünya Sağlık Örgütü 1998 yılında yayınladığı raporda MCs bileşiklerinden Mikrosistin-LR (MC-LR) bileşiğinin içme sularındaki sınır değerini 1 µg/L olarak belirlemiştir çünkü Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı MC-LR bileşiğini insan sağlığı için potansiyel kanserojen madde olarak sınıflandırmıştır. MCs bileşiklerinin diğer türleri ile ilgili literatürde çok fazla çalışma bulunmasa da, MC-LR’nin in vitro ve in vivo testleri sonucu hücrelerde potansiyel birikim mekanizmasından dolayı sitotoksik ve genotoksik etkisinin bulunduğu belirtilmiştir. Anatoksin-a bileşiği ise nörotoksin olarak bilinmektedir. Siyanobakterilerin salgıladığı toksik bileşiklerin ayrıca böbrek rahatsızlıkları, deri tahrişi ve mide-bağırsak problemleri meydana getirdikleri bilinmektedir (WHO 1998; Zegura et al 2011).

2. Siyanobakterilerin Mevcut Arıtılma Yöntemleri

Ötrofikasyon kontrolü, temel olarak toplam azot (TN) ve toplam fosfor (TP) besin elementlerinin deşarj konsantrasyonlarının sınırlandırılması ile mümkündür. Literatür çalışmaları, durgun su ortamlarında TN değerinin 300 µg/L ve TP değerinin 20 µg/L’yi aşmasıyla ötrofikasyonun başlayacağını göstermektedir. Bu yüzden sınırlayıcı element olan TP değerinin 15 µg/L’yi geçmemesi istenir (Richardson et al 2007; Cheng & Li 2006). Ülkemiz Orman ve Su İşleri Bakanlığının 30.11.2012 tarih ve 28483 sayı ile Resmi Gazete’de yayınladığı “Yer Üstü Su Kalite Yönetmeliği”nde sınırlayıcı besin elementi olan TP değerinin 30 µg/L’nin altında olması gerektiği belirtilmiştir (CSB 2012).

Ötrofikasyonun önlenemediği durumlarda içme sularının Siyanobakteri türleri ve ürettikleri toksik bileşikler ile kirlenme ihtimali yüksektir. Halk sağlığının korunması için bu tip kaynaklardan temin edilen içme suları şebekeye verilmeden önce mutlaka arıtılmalıdır. Klasik arıtma tesislerinde içme sularına koagülasyon, flokülasyon, çöktürme, filtrasyon, dezenfeksiyon ve adsorpsiyon gibi bir dizi fiziksel ve kimyasal işlem uygulanmaktadır. Koagülasyon ve flokülasyonun su arıtmadaki başarısı Siyanobakteriler için eksik kalmaktadır. Çünkü inorganik kirleticilerle kıyaslandığında Siyanobakteriler düşük yoğunluk ve spesifik morfolojik özelliklere sahiptirler ve bu da çöktürme esnasında floklaşmada sorunlar meydana getirmektedir (Gheraout et al 2010). Klorlama ile dezenfeksiyon içme sularına başarı ile uygulanan bir yöntem olup, bu yöntemle Siyanobakterilerin hücre duvarları da etkili şekilde parçalanabilmektedir. Ancak bakteriyel hücre duvarlarının parçalanması esnasında koku ve tat oluşturan pekçok toksik yan ürün meydana geldiği bilinmektedir (He et al 2016). Ayrıca ozon ve klor kullanımı Siyanobakteriler için etkili olsa da yüksek doz gerektirmeleri nedeniyle toksik yan ürün

oluşturma riski taşımaktadırlar (Lee & Walker 2008). Siyanobakteriyel toksinlerin ozon, klor, klor dioksit ve kloraminler ile parçalanmasının incelendiği bir çalışmada ozonun diğer maddelerden daha etkili bir oksidant olduğu belirtilmiştir ancak hedef MC bileşiklerinin tümünde tam bir hücre parçalanması sağlanamamıştır (Wert et al 2013). Adsorpsiyon ile Siyanobakterilerin arıtılması işleminde Siyanobakterilerin boyutları göz önünde bulundurularak adsorbent por büyüklüğü dikkatle seçilmelidir. Ancak su ortamında bulunan doğal organik maddelerin varlığı adsorpsiyonun başarısını düşürecektir çünkü Siyanobakteriler ve salgıladıkları toksinler ile doğal organik maddeler yarışmalı bir adsorpsiyon tutumu sergilemektedir (Ho et al 2012; Donati et al 1994). Membran filtrasyonu yöntemi de bazı Siyanobakteriyel toksinlerin nanofiltrasyondan geçebilecek boyutta olması nedeniyle yetersiz kalabilmektedir (Teixeira et al 2005). Klasik yöntemlerin Siyanobakteriyel toksinleri arıtmada yetersiz kalması membran teknolojileri, biyofiltreler, ileri oksidasyon gibi ileri arıtım yöntemlerinin kullanılmasını gerekli kılmıştır.

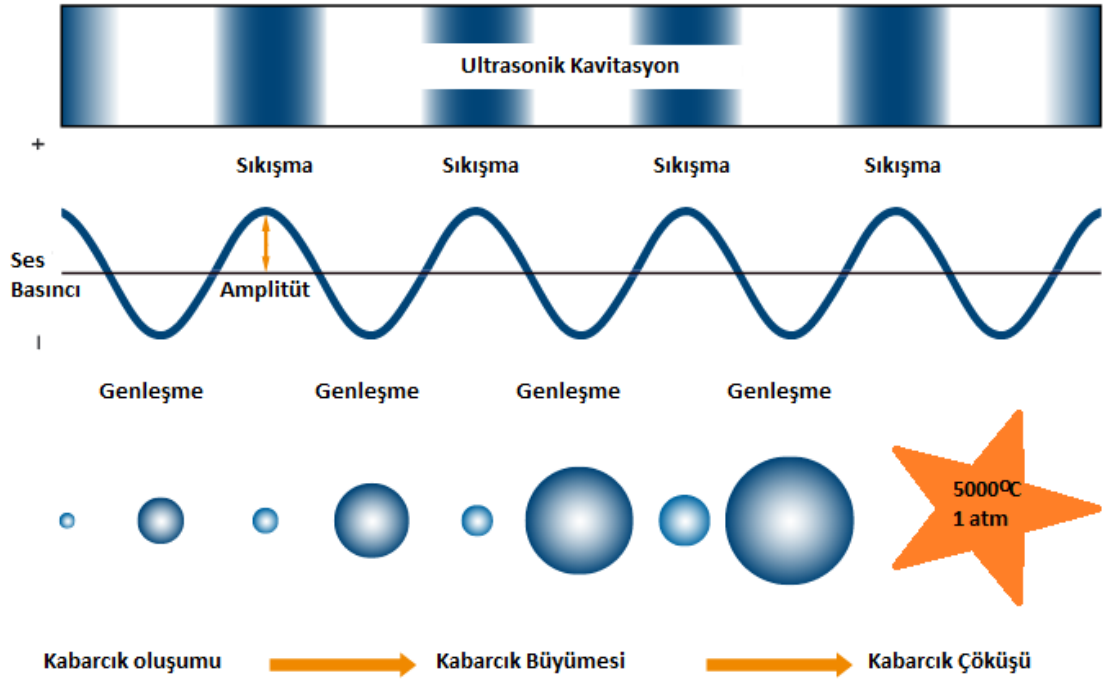
İleri Oksidasyon Proseslerinin (İOP) yüksek reaktif özellikli hidroksil radikalleri ($\bullet\text{OH}$) oluşturmadaki başarıları göz önüne alınarak su ortamında geniş bir aralıkta birçok organik bileşiğin parçalanmasında kullanıldığı bilinmektedir. Ultrasonik oksidasyon, UV radyasyonu, fotokataliz, elektrokimyasal oksidasyon, Fenton oksidasyonu gibi İOP'leri, su ortamındaki Siyanobakterilerin ve Siyanobakteriyel toksinlerin parçalanması için etkili ve gelecek vaadeden teknolojiler olarak karşımıza çıkmaktadır.

3. İleri Oksidasyon Prosesleri (İOP)

Organik maddeleri hızlı ve seçici olmadan oksitleyen $\bullet\text{OH}$ radikallerini üreten İOP, klasik arıtma yöntemlerine alternatif olarak son yıllarda büyük önem kazanmaya başlamıştır. $\bullet\text{OH}$ radikalleri homojen veya heterojen İOP'den biriyle üretilebilmektedir (Vinodgopal et al 1998). Homojen İOP'nde ultrases, UV oksidasyonu, Fenton oksidasyonu gibi prosesler ortamda bir katalizör olmadan kullanılırken, heterojen İOP, TiO_2 , ZnO ve sıfır değerlikli demir gibi heterojen bir katalizör varlığında UV oksidasyonu, ultrases, elektrokimyasal proseslerin kullanılmasını esas alır.

Ultrases

Ultrasesin bir İOP olarak kullanımı son yıllarda en ilgi çekici araştırma konulardan biri haline gelmiştir. Ultrasesin kimyasal etkisi "kavitasyon" olayına dayanır. Akustik kavitasyon kısaca bir sıvıda oluşturulan ses dalgalarının sebep olduğu kabarcıkların, çok küçük zaman aralıklarında, çok büyük miktarlarda enerji açığa çıkararak oluşması, büyümesi ve çökmesi olarak tanımlanır. Sonokimyada elde edilen bu olağan üstü kimyasal değişimlerin ve dönüşümlerin altında yatan sebep ise bu kabarcıkların çöküşüyle oluşan enerjidir. Kavitasyon kabarcıkları ultrasonik dalgalardan gelen enerjiyi etkili bir şekilde absorplamaktadırlar. Kabarcık aşırı büyüdüğünde artık enerjiyi absorplayamaz ve çevreleyen sıvı kabarcığın içine dolarak, kabarcığın şiddetle patlamasına sebep olur (Şekil 1). Çöken kavitasyon kabarcığının içinde çok yüksek bir ısıtma ve soğutma hızıyla ($>10^{10}$ K sn^{-1}) sıcaklık yaklaşık 5000 K'e, basınç yaklaşık 1000 atm'e kadar çıkabilmektedir. Böylelikle kavitasyon soğuk bir sıvıda olağanüstü fiziksel ve kimyasal şartlar meydana getirebilmektedir. Bu aşırı şiddetli şartlar radikal zincir reaksiyonlarını başlatan son derece yüksek reaktif türleri oluştururlar ($\bullet\text{OH}$, $\bullet\text{H}$, $\bullet\text{HO}_2$, H_2O_2) (Mason 1990; Suslick 1990; Vonnica & Le-Marechal 2003).

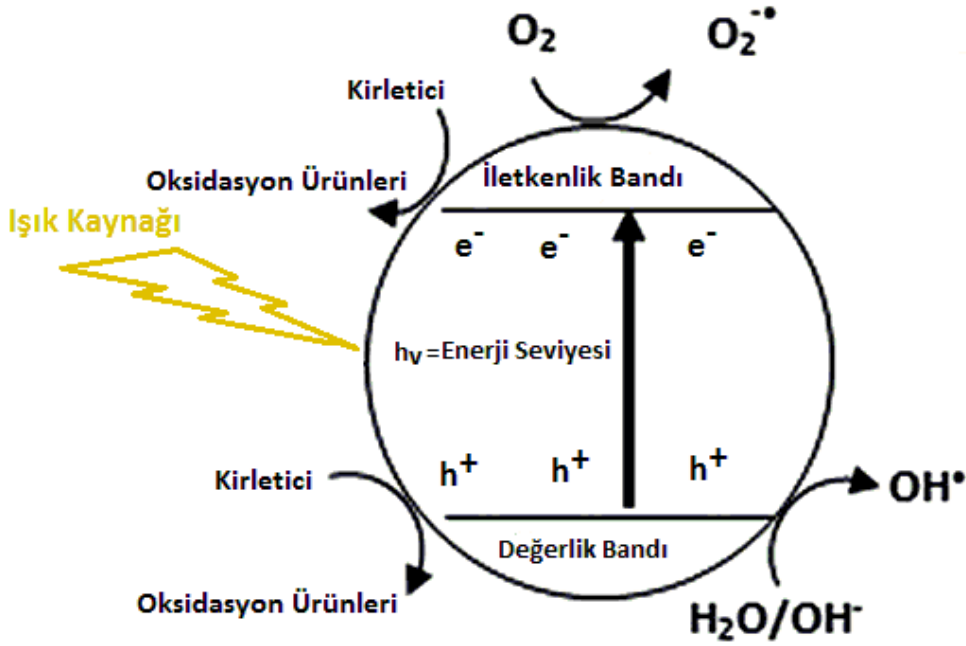


Şekil 1. Bir kaviteasyon kabarcığının akustik oluşumu (Wu et al 2013)

UV oksidasyonu

UV ışını $300 \text{ kJ Einstein}^{-1}$ (UV-A ışınım) enerji ile $1200 \text{ kJ Einstein}^{-1}$ (vakum UV)'e kadar olan enerjiden oluşur. Literatürde UV ışının farklı türlerinin organik maddeleri parçalamada kullanıldığı çalışmalar yer almasına rağmen, genellikle UV-C ışını dezenfeksiyon ve oksidasyon amaçlı kullanılır. UV ışınım, ozon gibi ilk olarak dezenfeksiyon amaçlı kullanılmıştır. Fotokimyaadaki reaksiyon mekanizmalarının (Şekil 2) gelişmesi ile UV ışınımın oksidasyon teknolojilerinde kullanılabilirliği keşfedilmiştir (Tarr 2003). Literatür çalışmaları 280-315 nm aralığında kullanılan UV ışınımın DNA kırılımı ve hücre toksisitesi ile Siyanobakteri hücrelerine direk zarar verdiği belirtilmiştir (Rastogi et al 2014).

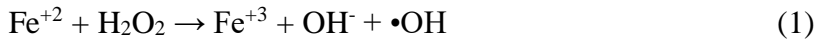
Organik bileşikler etkin bir ışınlama kaynağı ile (UV, ultrases vb.) iyi bir katalizör kullanılarak (TiO_2 , ZnO, sıfır değerlikli demir, bakır bileşikleri vb.) son ürünler CO_2 ve suya kadar parçalanabilirler. Fotokataliz olarak adlandırılan bu süreçte; TiO_2 , kararlı, uygun bir enerji aralığına (3,2 eV) ve yüksek fotoaktiviteye sahiptir. Ancak son yıllarda yapılan bazı çalışmalarda ZnO'nin de TiO_2 kadar etkili bir yarı iletken olduğu tespit edilmiştir. TiO_2 ile aynı enerji aralığı değerine sahip olan ZnO'nin (3,2 eV) parçalanma mekanizmasının da TiO_2 ile benzerlik gösterdiği belirtilmiştir (Eren 2009).



Şekil 2. UV oksidasyonu reaksiyon mekanizması (Youssef et al 2018)

Fenton oksidasyonu

Fenton oksidasyonu Fe^{+2} ve H_2O_2 'nin sulu karışımını ifade eder. Fe^{+2} ve organik madde içeren sulu bir çözeltiye H_2O_2 eklenirse asidik şartlarda ($2 < pH < 5$) hidroksil radikalleri başta olmak üzere pek çok radikal türü meydana getirir. Oluşan radikaller organik maddeye saldırır ve CO_2 ve su gibi son ürünlere kadar parçalar, Eşitlik 1 (Eren & Acar 2006):



4. Siyanobakterilerin ve Siyanobakteriyel Toksinlerin İOP ile Oksidasyonuna Ait Literatür Çalışmaları

İOP ile Siyanobakterilerin ve siyanotoksinler artırıldığı çalışmalar çoğunlukla fotokataliz proseslerinin kullanımına dayanmaktadır. Fotokataliz proseslerinde genellikle TiO_2 kullanılmakla birlikte alternatif ve etkili katalizörlerin arayışı devam etmektedir. İOP'lerinin en önemlilerinden biri olan ultrasonik oksidasyon çalışmaları ise son yıllarda geniş bir aralıktaki siyanobakteriyel toksinlerin başarılı bir şekilde son ürünlere kadar parçalandığını göstermektedir. Ancak ultrasonik oksidasyonun bu başarısı göz önüne alındığında literatürdeki çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir.

Ozon (O_3) ve hidrojen peroksitin (H_2O_2) birlikte kullanıldığı ve Washington Gölü'nden alınmış numunelerde MC-LR'nin parçalanmasının incelendiği bir çalışmada, (H_2O_2/O_3) oranının 0'dan 0.8'e yükseltilmesi ile parçalanma verimi %80'lerden %100'e çıkmıştır. Yalnız O_3 ile yapılan oksidasyon çalışmaları için etkin pH değerinin 9 olduğu belirlenirken, sisteme H_2O_2 eklenmesi ile etkin pH değerinin 5 olduğu gözlenmiştir (Jasim & Saththasivam

2017). O₃, H₂O₂, O₃/H₂O₂, O₃/Fe(II) ve Fenton oksidasyonlarının kullanıldığı bir çalışmada MC-LR ve Mikrosistin-RR (MC-RR) toksinlerinin parçalanması incelenmiştir. Çalışma sonucunda MC-RR parçalama verimleri açısından en iyi sistemlerin Fenton ve O₃/H₂O₂ olduğu belirtilmiştir. Fenton prosesinde Fe(II)/H₂O₂ oranının 40/1 kullanılması ile 1 mg/L MC-RR konsantrasyonunda 60 saniyede tam bir parçalanma verimi elde edilmiştir. Çalışmada ayrıca ortamdaki doğal organik maddelerin oksidasyon hızını etkilediği belirtilmiştir (Momani et al 2008). MC-LR ve MC-RR'nin UV/H₂O₂ oksidasyonu kullanılarak oksitlenmesinin incelendiği başka bir çalışmada, UV oksidasyonun tek başına MC-LR parçalama veriminin 90 dakikada %85 olduğu, sisteme H₂O₂ eklendiğinde ise parçalama veriminin %95'ten fazla olduğu belirtilmiştir. H₂O₂'nin tek başına herhangi bir parçalama etkisi gözlemlenmemiştir. Sistemin pH değerlerinin 3'ten 9'a çıkarılması ile MC-LR parçalanma verimi %98'lerden %86 değerlerine düşmüştür. Ortama ilave edilen nitrat, klorür, sülfat ve karbonat iyonlarının ise MC-LR'nin parçalanma verimini düşürdüğü gözlenmiştir. Saflaştırılmış MC-LR bileşiği için UV/H₂O₂ sisteminin çözünmüş organik karbon giderimi ise sıfır olarak belirlenmiştir (Li et al 2009). Siyanobakterilerin UV oksidasyonu ile ilgili yapılan çalışmalar bakteri hücrelerinin fotosentez kabiliyetine hasar verildiğini ve bakterinin askıda kalmasını sağlayan gaz keseciklerinin zarar gördüğünü göstermiştir. Bu durum ise bakterinin çöktürülerek ortandan uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır (Ou et al 2012). TiO₂'in perlit ile kaplandığı ve serbest bir fotokatalizör olarak kullanıldığı bir çalışmada görünür ışık ile *Microcystis aeruginosa* hücrelerinin oksidasyonu incelenmiştir ve 9 saatte alg hücrelerinin %98.1 oranında parçalandığı tesbit edilmiştir. Alg hücrelerinin parçalanırken salgıladığı MC-LR bileşiğinin de fotokatalitik oksidasyon sürecinde uzaklaştırıldığı belirlenmiştir (Wang et al 2017). Elektro kimyasal oksidasyon kullanılarak Siyanobakterilerin inaktivasyonunun sağlandığı başka bir çalışmada organik madde mineralizasyonun da başarılı bir şekilde gerçekleştiği görülmüş ve Siyanobakterilerin hepatoksisitesinin azaltıldığı belirtilmiştir (Meglic et al 2017).

Siyanobakteriyel bir toksin olan MC-LR 640 kHz ultrasonik sistemde parçalanmasının incelendiği bir çalışmada, parçalanma mekanizmasının •OH ile gerçekleştiği, parçalanmanın özellikle düşük pH'larda daha hızlı ilerlediği bunun da MC-LR'nin hidrofobik karakterinden kaynaklandığı belirtilmiştir. MC-LR başlangıç halinin ve ultrasonik oksidasyona tabi tutulduktan sonra meydana gelen ürünlerinin fare karaciğeri üzerinde test edilmesi ile elde edilen toksisite deneyleri sonucunda oluşan ürünün hepatotoksisitesinin azaldığı belirtilmiştir (Hudder et al 2007). MC-LR bileşiğinin aynı sistemdeki parçalanma mekanizmasının incelendiği başka bir çalışmada 3 µM konsantrasyonunda MC-LR'nin ultrasonik parçalanmasının •OH ile meydana geldiği ayrıca hidroliz ve piroliz reaksiyonlarının da etkin olduğu belirtilmiştir. Parçalanma ürünlerinin ise herhangi bir biyolojik aktivite sergilemediği protein fosfataz aktivitesi ölçülerek belirlenmiştir (Song et al 2005). Mikrosistinlerin 20, 150, 410 kHz ve 1.7 MHz ultrasonik frekanslarda oksidasyonunun incelendiği bir çalışmada 30 dakikalık reaksiyon süresinde 2 µg/L MC konsantrasyonunun 20, 150, 410 kHz ve 1.7 MHz ultrasonik oksidasyonundan elde edilen parçalanma verimleri sırasıyla %54.7, %70.6, %65.2 ve %53.9 olmuştur. Çalışmada ultrasonik oksidasyonun alg gideriminde ve hücre büyümelerini inhibe etmede başarılı bir yöntem olduğu belirtilmiştir (Ma et al 20005).

Siyanobakterilerin ultrasonik oksidasyonunun incelendiği pekçok çalışmada ultrasenin büyümeyi inhibe ettiği, hücreyi parçaladığı, hücre konsantrasyonunu azalttığı, fotosentetik aktiviteyi düşürdüğü ve sedimentasyon hızını artırdığı belirtilmiştir (He et al 2016). Ultrasonik oksidasyonun belirtilen kimyasal etkilerinin yanında, bakteri hücrelerini

etkileyebilecek fiziksel etkileri de bulunmaktadır. Ultrasesin yarattığı fiziksel etkiler mikroakım, mikrojet oluşumu, şok dalga ve yüksek kesme kuvvetleridir. Bu fiziksel etkiler arasında hücre duvarını inaktive etme etkisi, hücreyi parçalama etkisi, hücre içine veya dışına madde taşınımına yaptığı etki sayılabilir. Ultrasesin algal hücreleri etkili bir şekilde inaktive etmede gösterdiği başarı araştırmacıları yerinde ultrasesin uygulaması ile ötrofikasyon kontrolünün incelendiği çalışmalar yapmaya itmiştir (Suslick & Price 1999). Ultrasesin algal hücreleri etkili bir şekilde inaktive ettiği bilinmektedir ve algal toksinleri ortamdaki uzaklaştırırken yerinde ötrofikasyon kontrolü sağlayabilmektedir (Wu et al 2011). Bu sebeple Japonya’da ortalama derinliği 1 metre ve hacmi 365.000 m³ olan Senba Gölü üzerinde 200 kHz frekansa sahip 10 adet yüzen ultrasonik ekipman ile yerinde ötrofikasyon kontrolü çalışması yapılmıştır. Çalışma sonunda gölde klorofil-A seviyesinde düşüş elde edilmiştir (Lee et al 2002). Yine Çin’de 400 m²’lik ötrofik bir göl olan Taihu Gölü üzerinde her iki yanına 20 kHz frekansa ve 40 W güce sahip 10’ar adet ultrasonik prob döşenmiş bir bot ile yerinde ötrofikasyon kontrolü yapılmıştır. Sonuçların oldukça etkili olduğu görülmüş ve kısa sürede algal hücre sayısında başlangıç durumuna göre 100 kat azalma elde edilmiştir (Ding et al 2009). Ultrasesin yerinde uygulama avantajına sahip olması ve literatürde Siyanobakterilerin salgıladıkları toksinlerin çeşitliliği de göz önünde bulundurularak ötrofikasyon kontrolü için ultrasonik oksidasyon çalışmalarının yetersiz olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin Siyanobakterilerin ve Siyanobakteriyel toksinlerin analiz metodlarının standartlaştırılması için harcanan zaman ve parçalanma mekanizmasının incelenmesindeki zorluklar olarak gösterilebilir.

5. Sonuçlar

Yüzeysularında meydana gelen ötrofikasyon problemine bağlı olarak ortaya çıkan siyanobakterilerin ve ürettikleri toksik bileşiklerin son yıllarda yaygın olarak görülmesi, su kaynaklarının korunmasını her geçen gün zorlaştırmaktadır. İçme sularında ötrofikasyon kontrolü için kaynak kontrolü, arıtma yöntemlerinin optimize edilmesi ve izleme adımlarının birlikte takip edilmesi gerekmektedir. Bu çok katmanlı yaklaşımın en kritik unsuru ötrofikasyon bakterilerinin ve ürettikleri toksinlerin etkili bir şekilde arıtılması ve tam bir ötrofikasyon kontrolünün sağlanması aşamasıdır. Bu amaçla İOP’leri etkili, nihai arıtım ve mineralizasyon sağlayan ve yerinde uygulama özelliklerine sahip teknolojiler olarak kullanılması yaygınlaşmaktadır. Gelecekte yapılacak araştırmalar için aşağıdaki sonuçlar ve önerilerin verilmesi uygun görülmüştür:

- Siyanobakterilerin ve salgıladıkları bileşiklerin toksisiteleri bilinmesine rağmen ultrasonik oksidasyondan sonraki ürün toksisiteleri ile ilgili ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.
- Siyanobakteriyel toksinlerin içme sularındaki varlığının ve miktarının belirlenmesi için standart bir analiz altyapısının oluşturulması ve düşük konsantrasyonlardaki miktarlarını belirlemek için basit ve ucuz analiz yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir.
- Ultrasonik oksidasyon ile Siyanobakteriyel toksinlerin arıtılmasında parçalanma reaksiyon mekanizmalarının daha net tanımlanması gereklidir.
- Siyanobakteriler ve Siyanobakteriyel toksinlerin homojen (hidrojen peroksit, persülfat vb.) ve heterojen ortamda (özellikle yüzey modifikasyonu ile aktifleştirilmiş nanokatalizörler vb.) ultrasonik parçalanmasının incelendiği çalışmalar yok denecek kadar azdır. Ultrasonik oksidasyonun homojen ve heterojen ortamdaki artan oksidasyon başarıları göz önüne alınarak Siyanobakteriyel toksinler için etkin bir arıtma yöntemi olabileceği düşünülmektedir.

- Ultrasonik oksidasyonun yerinde ötrofikasyon kontrolü için gösterdiği başarısına rağmen hala büyük ölçekli arıtım çalışmalarının eksikliği göze çarpmaktadır.

Kaynaklar

1. Anonim, 2014. Toxin leaves 500,000 in northwest Ohio without drinking water, <https://www.reuters.com/article/us-usa-water-ohio/toxin-leaves-500000-in-northwest-ohio-without-drinking-water-idUSKBN0G20L120140802?feedType=RSS> (Erişim Tarihi: 08.12.2017)
2. Cheng X Y & Li S J (2006). An analysis on the evolvement processes of lake eutrophication and their characteristics of the typical lakes in the middle and lower reaches of Yangtze River. *Chinese Science Bulletin* 51(13): 1603-1613
3. CSB (2012). Yer Üstü Su Kalitesi Yönetmeliği, T. C. Resmi Gazete, 28483, Değişik ibare: RG-15/4/2015-29327, 30.11.2012
4. Ding Y et al (2009). Parameters optimization of ultrasound algae removal technology and bloom removal study in Taihu Lake. *Journal of Southeast University* (Natural Science Edition)
5. Donati C, Drikas M, Hayes R, Newcombe G (1994). Microcystin-LR adsorption by powdered activated carbon *Water Res.* 28 (8): 1735–1742
6. EPA (2017). Nutrient Pollution, The Effects: Human Health, United States Environmental Protection Agency
7. Eren Z (2009). İleri Oksidasyon Prosesleri İle Tekstil Boyar Maddelerinin ve Tekstil Atıksularının Arıtılması. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Basılmış)
8. Eren Z & Acar F N (2006). Effect of Fenton's reagent on the degradability of CI Reactive Yellow 15. *Color. Technol.* 122: 259-263
9. Ghernaout B, Ghernaout D, Saiba A (2010). Algae and cyanotoxins removal by coagulation/flocculation: a review. *Desalination Water Treat.* 20 (1–3): 133–143
10. He X, Liu Y L, Conklin A, Westrick J, Weavers L K, Dionysiou D D, Lenhart J J, Mouser P J, Szlag D, Walker H W (2016). Toxic Cyanobacteria and drinking water: Impacts, detection, and treatment. *Harmful Algae* 54: 174–193
11. Hitzfeld B C, Hoger S J, Dietrich D R (2000). Cyanobacterial toxins: removal during drinking water treatment, and human risk assessment. *Environ. Health Perspect* 108: 113–122
12. Ho L, Dreyfus J, Boyer J, Lowe T, Bustamante H, Duker P, Meli T, Newcombe G (2012). Fate of Cyanobacteria and their metabolites during water treatment sludge management processes. *Sci. Total Environ.* 424: 232–238
13. Hudder A, Song W, O'Shea K E, Walsh P J (2007). Toxicogenomic evaluation of microcystin-LR treated with ultrasonic oxidation. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 220 (3): 357–364
14. Jasim S Y, Saththasivam J (2017). Advanced oxidation processes to remove cyanotoxins in water. *Desalination* 406: 83–87
15. Jochimsen E M, Carmichael W W, An J S, Cardo D M, Cookson S T, Holmes C E, Antunes M B, de Melo Filho D A, Lyra T M, Bareto V S, Azevedo S M, Jarvis W R (1998). Liver failure and death after exposure to microcystins at a hemodialysis center in Brazil. *N. Engl. J. Med.* 338: 873–878

16. Lee J, Walker H W (2008). Mechanisms and factors influencing the removal of microcystin-LR by ultrafiltration membranes. *Journal of Membrane Science* 320: 240–247
17. Li L, Gao N Y, Deng Y, Yao J J, Zhang K J, Li H J, Yin D D, Ou H S, Guo J W (2009). Experimental and model comparisons of H₂O₂ assisted UV photodegradation of Microcystin-LR in simulated drinking water. *J. Zhejiang Univ. Sci. A* 10: 1660–1669
18. Lee T J, Nakano K, Matsumura M (2002). A novel strategy for Cyanobacterial bloom control by ultrasonic irradiation. *Water Science Technology* 46 (6–7): 207–215
19. Ma B Z, Chen Y F, Hao H W, Wu M S, Wang B, Lv H G, Zhang G M (2005). Influence of ultrasonic field on microcystins produced by bloom-forming algae. *Colloids Surf. B: Biointerfaces* 41 (2–3): 197–201
20. Mason T J (1990). Chemistry with Ultrasound. Critical Reports on Applied Chemistry: 28, 189 p, Newyork, USA
21. Meglic A, Pecman A, Rozina T, Lestan D, Sedmak B (2017). Electrochemical inactivation of Cyanobacteria and microcystin degradation using a boron-doped diamond anode — A potential tool for Cyanobacterial bloom control. *Journal of Environmental Sciences* 53: 248–261
22. Momani F A, Smith D W, El-Din M G (2008). Degradation of Cyanobacteria toxin by advanced oxidation processes. *Journal of Hazardous Materials* 150: 238–249
23. Ou H, Gao N, Deng Y, Qiao J, Wang H (2012). Immediate and long-term impacts of UV-C irradiation on photosynthetic capacity, survival and microcystin-LR release risk of *Microcystis aeruginosa*. *Water Res.* 46 (4): 1241–1250
24. Rastogi R P, Sinha R P, Moh S H, Lee T K, Kottuparambil S, Kim Y J, Rhee J S, Choi E M, Brown M T, Haider D P (2014). Ultraviolet radiation and cyano- bacteria. *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.* 141: 154–169
25. Richardson C J, King R S, Qian S S, Vaithyanathan P, Qualls R G, Stow C A (2007). Estimating ecological thresholds for phosphorus in the Everglades. *Environmental Science and Technology* 41(23): 8084-8091
26. Rose K, Kelly D, Kemker C, Fitch K, Card A (2014). Algae, Phytoplankton and Chlorophyl, Fondriest Environmental, Inc. Fundamentals of Environmental Measurements
27. Sağlamtimur N D & Sağlamtimur B (2018). Sucul ortamlarda ötrofikasyon durumu ve senaryoları. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7:1, 75-82
28. Song W H, Teshiba T, Rein K, O’Shea K E (2005). Ultrasonically Induced Degradation and Detoxification of Microcystin-LR (Cyanobacterial Toxin). *Environ. Sci. Technol.* 39 (16): 6300–6305
29. Suslick K S (1990). Sonochemistry *Science* 247: 1439-45
30. Suslick K S & Price G J (1999). Applications of ultrasound to materials chemistry. *Annu. Rev. Mater. Sci.* 29: 295–326
31. Tarr M A (2003). Chemical Degradation Methods for Wastes and Pollutants, Environmental and Industrial Applications, University of New Orleans, USA
32. Teixeira M R & Rosa M J (2005). Microcystins removal by nanofiltration membranes. *Sep. Purif. Technol.* 46 (3): 192–201
33. Vinodgopal K, Peller J, Makogon O, Kamat P V (1998). Ultrasonic mineralization of a reactive textile azo dye, Remazol Black B. *Water Research* 32 (12): 3646-3650
34. Voncina D B & Le-Marechal A M (2003). Reactive dye decolorization using combined ultrasound/H₂O₂. *Dyes and Pigments* 59: 173-179

35. Wang X, Wang X, Zhao J, Song J, Wang J, Ma R, Ma J (2017). Solar light-driven photocatalytic destruction of Cyanobacteria by F-Ce-TiO₂/expanded perlite floating composites. *Chemical Engineering Journal* 320: 253–263
36. Wert E C, Dong M M, Rosario-Ortiz F L (2013). Using digital flow cytometry to assess the degradation of three Cyanobacteria species after oxidation processes. *Water Res.* 47 (11): 3752–3761
37. WHO (1998). Guidelines for Drinking-Water Quality Second Edition – Volume 2, Health Criteria and Other Supporting Information – Addendum, World Health Organization, Geneva
38. WHO (2002). Eutrophication and health, World Health Organization Regional Office for Europe, France
39. Wu T Y Guo N, Teh C Y, Hay J X W (2013). Theory and Fundamentals of Ultrasound. Advances in Ultrasound Technology for Environmental Remediation Chapter 2, Springer, Netherlands
40. Wu X, Joyce E M, Mason T J (2011). The effects of ultrasound on Cyanobacteria. *Harmful Algae* 10: 738–743
41. Yang X, Wu X, Hao H, He Z (2008). Mechanisms and assessment of water eutrophication. *J Zhejiang Univ Sci B*, 9(3): 197-209
42. Youssef Z, Colombeau L, Yesmurzayeva N, Baros F, Vanderesse R, Hamieh T, Toufaily J, Frochot C, Roques-Carmes T (2018). Dye-sensitized nanoparticles for heterogeneous photocatalysis: Cases studies with TiO₂, ZnO, fullerene and graphene for water purification. *Dyes and Pigments* 159: 49-71
43. Zegura B, Straser A, Filipic M (2011). Genotoxicity and potential carcinogenicity of Cyanobacterial toxins – a review. *Mutation Research* 727: 16–41