



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa
Bilimleri Dergisi**
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.816274>



Araştırma makalesi

Hazır Yemek Sektörü Çalışanlarının İş Sağlığı ve Güvenliğine Kadereci Bakış Açılarının Değerlendirilmesi

*Hakan Gezgel, Abdullah Dikici**

Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye

Geliş: 27 Ekim 2020

Kabul: 27 Ocak 2021 / Received: 27 October 2020

Accepted: 27 January 2021

Abstract

In this study, the fatalistic perspectives of workers in the catering sector on occupational health and safety were investigated. Although the catering sector is an important area in terms of the food industry and the size of the number of employees, it is an area where occupational health and safety is not given sufficient importance due to the insufficient attention to occupational safety or the fact that the majority of occupational accidents that occur are simple injuries. This study was conducted as a survey with 160 people working in the catering sector in Ankara. As a result of the survey, it was concluded that the employees associate the accidents with the fatalism and this varies according to the gender and occupational health and safety knowledge level. In addition, it was observed that the participants were hesitant to provide information about the measures taken by the workplace within the scope of occupational health and safety. This study reveals that the fast food sector is underestimated in terms of occupational health and safety. It is considered that the result of the study will contribute to the development of occupational health and safety awareness in the sector and to reduce the fatalism understanding of the employees to an acceptable level.

Keywords: *Catering, occupational health and safety, mass feeding.*

Özet

Bu çalışmada hazır yemek sektörü çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliğine kadereci bakış açıları araştırılmıştır. Hazır yemek sektörü, gıda sanayi ve çalışan sayısının büyüklüğü açısından önemli bir alan olmakla birlikte iş güvenliğine yeterince önem verilmemesi veya meydana gelen iş kazalarının büyük çoğunluğunun bireysel basit yaralanma ağırlıklı olmasından kaynaklı önemsenmemesi nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği açısından yeterli önemin vermediği bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma, Ankara ilinde hazır yemek sektöründe çalışan 160 kişiyle yüz yüze görüşülerek anket uygulanması şeklinde yürütülmüştür. Anket sonucunda çalışanların kazaları kaderecilik anlayışı ile örtüştürdüğü ve bu anlayışın cinsiyet ve iş sağlığı ve güvenliği bilgi seviyesine göre değiştiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca katılımcıların iş yerinin iş sağlığı ve güvenliği kapsamında aldığı tedbirlerle ilgili bilgi verme konusunda tereddüt ettiği görülmüştür. Yapılan bu çalışma, hazır yemek sektörünün iş sağlığı ve güvenliği açısından yeterince önemsenmediğini ortaya koymaktadır. Araştırma sonucunda elde edilen verilerin sektörde iş sağlığı ve güvenliği bilincinin geliştirilmesine ve çalışanların kaderecilik anlayışının kabul edilebilir bir seviyeye indirilmesine katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

*Corresponding author: Abdullah Dikici

E-mail: a.dikici@usak.edu.tr

ORCID ID: 0000-0001-7302-8766

©2021 Usak University all rights reserved.

Anahtar Kelimeler: Hazır yemek, iş sağlığı ve güvenliği, toplu beslenme.

©2021 Usak University all rights reserved.

1. Giriş

İş Sağlığı ve güvenliği, ülkemizde özellikle son yıllarda önemsenmeye başlayan ve önemi günden güne giderek artan bir kavramdır. Kavramın önemi, Avrupa Birliği uyum yasalarının yanı sıra yaşanan kazalar ve bu kazalardan kaynaklı mal ve can kayıpları ile bu kayıplardan kaynaklı tazminatlar nedeniyle de ön plana çıkmaktadır. Kavramın tanımına baktığımızda ise Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Uluslararası Çalışma Örgütü'ne (ILO) göre iş sağlığı ve güvenliği; "İş Sağlığı her meslekteki işçilerin fiziksel, ruhsal ve sosyal iyiliklerini en üst düzeyde koruma ve geliştirmeyi; işçilerin çalışma koşullarından ötürü sağlıklarını kaybetmelerinin önlenmesini; işçilerin işyerindeki sağlığa zararlı faktörlerden kaynaklanan risklerden korunmasını; işçinin fiziksel ve psikolojik donanımına uygun işte çalışmasının sağlanmasını ve özetle işin insana uyarlanması ve her insanın işine adapte edilmesini amaçlar" şeklindedir [1].

İş sağlığı ve güvenliği, henüz bir tehlikeyle karşı karşıya kalınmamışken, bir işletmede ortaya çıkabilecek risk ve tehlikelerin önlenmesine veya kabul edilebilir seviyeye indirilmesine yönelik çalışmaları kapsayan bir kavramdır [2]. Yapılan araştırmalar iş kazalarının büyük kısmının çalışanların eğitimsiz ve güvensiz davranışları nedeniyle ortaya çıktığını göstermektedir. Bu nedendir ki -yapılan işin niteliğine göre değişmekle birlikte- insan faktörü iş kazaları açısından en önemli olanıdır. Çalışanın ruh hali ve psikolojisi, çalışma arkadaşları ile arasındaki diyalog, ihmalkâr ve hatalı davranışlar, istem dışı davranışlar, bilgi ve tecrübe eksikliği, unutkanlık gibi faktörler örnek olarak gösterilebilmektedir. Ayrıca insanla ilgili sayılan bu faktörler her gün veya günden güne değişkenlik göstermektedir ve her bir çalışan için bireysel olarak değerlendirilmelidir. Gelişen teknoloji ve yürütülen bilimsel çalışmalar neticesinde iş kazası ve meslek hastalıklarının engellenmesi veya kabul edilebilir bir seviyeye indirilmesi mümkündür [2], [3]

Ülkemizde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yasal düzenleme 2003 yılında çıkarılan 4857 Sayılı İş Kanunu ile başlamış ve 2012 yılında 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun yürürlüğe girmesiyle devam etmiş ve bu tarihten itibaren bu kanun kapsamında çıkarılan tebliğ, yönetmelikler doğrultusunda iş sağlığı ve güvenliği hizmetleri yürütülmektedir [4], [5].

Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'ne göre, dünyada toplam 3 milyar çalışanın %80'inden fazlası temel iş sağlığı hizmetlerinden yoksundur. Ayrıca Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)'nün yaptığı açıklamalara göre dünyada her yıl ortalama 317 milyon iş kazası meydana gelmektedir. Ayrıca her 15 saniyede bir çalışan iş kazası sonucu yaralanmakta ve her gün 6300 kişi iş kazası veya meslek hastalıkları nedeniyle hayatını kaybetmektedir [3]. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) 2018 yılı istatistiklerine göre 22.487'si iş kazası Yiyecek ve İçecek Hizmeti faaliyetleri sektöründe olmak üzere toplam 430.985 iş kazası meydana gelmiştir. Meydana gelen iş kazaları sonucunda 21 kişi Yiyecek ve İçecek Hizmeti faaliyetleri sektöründe olmak üzere toplam 1541 kişi iş kazaları meslek hastalıkları nedeniyle hayatını kaybetmiştir [6].

Hazır yemek sektörü, gıda sanayi ile ilgili imalatların birçoğu gibi İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliğine göre "Az Tehlikeli" sınıfta yer almakta ve NACE kod sınıflandırılmasına göre 56- Yiyecek İçecek Hizmeti Faaliyetleri ana başlığı altında

sınıflandırılmaktadır. Tehlike sınıfları iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yürütülecek faaliyetler açısından temel kriter olmakla birlikte, hazır yemek sektöründe faaliyet gösteren işletme sayısı ve çalışan sayısının fazla olması, esnek çalışma saatleri, hafta sonu ve gece çalışma zorunluluğu gibi sektörün kendine has yapısı nedeniyle tehlike sınıfından bağımsız olarak değerlendirilmesi gerekmektedir [7], [8]. Türkiye genelinde 2015 yılı itibarıyla 4 bine yakın hazır yemek firması bulunmaktadır. Ayrıca sektör yıllık 6,5 milyar dolarlık iş hacmine sahiptir ve 400 bin kişiye doğrudan olmak üzere toplamda 1,5 milyon kişiye de istihdam sağlamaktadır [9].

İş kazaları çeşitli nedenlerden dolayı ortaya çıkabilmektedir. Çalışanların önemli bir etken olmasının yanı sıra çalışanın iş sağlığı ve güvenliğine bakış açısı ve güvenlik algısı da önem arz etmektedir. Bu çalışmada çalışanların kadercilik anlayışlarının iş sağlığı ve güvenliğine etkileri incelenmektedir. Kadercilik kavramı, ileride yaşanacakların önceden belirli olduğuna inanma, yaşananların kayıtsız kabulü ve öğrenilmiş çaresizlik olarak tanımlanmaktadır [10]. Kadercilik anlayışı, kişilerin hayatının ve toplumsal düzenin insanüstü bir güç tarafından önceden belirlendiği ve değiştirilmesinin mümkün olmadığı şeklinde tanımlanabilir [11].

Kader inancı ve kadercilik anlayışı neredeyse tüm inanç sistemlerinde var olmuştur [11]. Bireyler toplumsal yaşantılarında sahip oldukları kader anlayışı doğrultusunda tutum ve davranış sergilemektedirler. İş sağlığı ve güvenliği konusunda ise kişilerin risk ve önlem almadaki tutum ve davranışlarında kader anlayışının etkisi önemli bir yere sahiptir [11]. Yüksek düzeyde kader anlayışının risk almayı artırdığı, önlem almayı ise azalttığı görülmüştür [11]. Çalışanların işyerinde iş sağlığı ve güvenliğine yönelik ne yaparlarsa yapsınlar iş kazalarına engel olamayacakları algısı, işyerindeki iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları ile işyerine ait iş sağlığı ve güvenliği kültürünü olumsuz etkileyeceği söylenilebilir [10]. Türk toplumunun kadercilik anlayışı bakımından değerlendirilmesine yönelik yapılan bir çalışmada toplumun yaklaşık yarısı tarafından hayatın büyük çoğunluğunun kader ve doğaüstü güçler tarafından belirlendiği ve değiştirilemeyeceği sadece % 28'lik bir kısmının ise hayatını değiştirebileceğine inandığı tespit edilmiştir [11].

Bu çalışmada hazır yemek sektöründe faaliyet gösteren işletmelerdeki çalışanların iş sağlığı ve güvenliğine kaderci bakış açılarının bazı demografik özelliklere ve çeşitli değişkenlere göre tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu araştırma Ankara ilinde faaliyet gösteren hazır yemek şirketlerinde çalışanların iş sağlığı ve güvenliğine kaderci bakış açılarının değerlendirilmesi amacıyla yürütüldü. Ankara ilinde hazır yemek sektöründe çalışanlar bu araştırmanın evrenini oluşturmaktadır. Araştırmanın örneklemini ise sektörde çalışanlardan tesadüfi örneklem yöntemi ile seçilen 8 farklı işletmede çalışan 160 kişi oluşturmaktadır.

2.2. Metot

Anket formu 3 bölüm ve 46 sorudan oluşmaktadır. İlk bölümde katılımcıların demografik bilgileri ve çalışma hayatına ait bilgiler; ikinci bölümde 3'lü Likert Ölçeği (Katılıyorum, kararsızım, katılmıyorum) kullanılarak çalışanın ve işyerinin iş sağlığı ve güvenliğine bakış açısının ölçülmesine yönelik önermeler; 3'ncü bölümde ise çalışanın iş sağlığı ve

güvenliği konusundaki bilgi düzeyinin ölçülmesine yönelik 15 soru bulunmaktadır.

2.3. İstatistiksel analiz

Araştırma anketiyle elde edilen veriler SPSS v.22.0 istatistik paket programı ile analiz edilerek tablolar halinde yorumlandı. Katılımcılara ait demografik veriler frekans ve yüzde dağılımlarıyla birlikte tablolar halinde verildi. Çalışanların kadercilik anlayışı ile bazı demografik özellikleri ve çeşitli değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını "Ki-kare Bağımsızlık Testi" ile yapıldı.

3. Bulgular

Çalışmada, katılımcılara ait demografik bilgiler Tablo-1'de gösterilmektedir. Buna göre, araştırmaya katılan çalışanların % 63,1'inin erkek, % 36,9'unun kadın olduğu belirlenmiştir. Yaş dağılımı itibarıyla bakıldığında ise 26-40 yaş ve 41 yaşından büyük olanların çoğunlukta olduğu görülmektedir. Ayrıca katılımcıların büyük çoğunluğunun lise mezunu olduğu görülmektedir. Diğer yandan katılımcıların ortalama mesleki deneyimine bakıldığında en az 1 yıl en fazla 40 yıl olmak üzere ortalama 11 yıl tecrübeye sahip oldukları tespit edilmiştir. Son işyerindeki çalışma süresine bakıldığında en az 1 yıl en fazla 25 yıl olmak üzere ortalama çalışma süresinin 4 yıl olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan araştırmaya katılanların % 5'inin iş kazası geçirdiği tespit edilmiştir.

Tablo 1. Ankete katılan çalışanların demografik özellikleri

Özellik	Sayı	Yüzdesi	Özellik	Sayı	Yüzdesi
<i>Cinsiyet</i>			<i>Görev alanı</i>		
Kadın	59	36,9	Üretim sorumlusu	5	3,1
Erkek	101	63,1	Servis sorumlusu	6	3,8
<i>Yaş</i>			Aşçı&Aşçı yardımcısı	46	28,7
25 yaş altı	10	6,3	Kasap&Tatlıcı&Hamur ustası	5	3,1
26-40 yaş arası	72	45,0	Bulaşıkçı&Temizlikçi	31	19,4
41 yaşından büyük	78	48,8	Garson&Komi&Servis Elemanı	40	25,0
<i>Medeni durum</i>			İdari Personel	18	11,3
Evli	115	71,9	Şoför	5	3,1
Bekâr	26	16,3	Diğer	4	2,5
Diğer	19	11,9	<i>Son İşyerindeki Çalışma Süresi</i>		
Eğitim Durumu			1-5 yıl	127	79,4
İlkokul	44	27,5	6-10 yıl	19	11,9
Ortaokul	38	23,8	11-15 yıl	5	3,1
Lise	48	30,0	16 yıldan fazla	9	5,6
Ön lisans	8	5,0	<i>İş Kazası Geçirme Durumu</i>		
Lisans	17	10,6	Evet	8	5,0
Yüksek lisans ve üstü	5	3,1	Hayır	152	95,0
<i>Toplam Mesleki Deneyim</i>			<i>Son İşyerinde İş Kazası Geçirme Durumu</i>		
1-5 yıl	59	36,9	Evet	3	1,9
6-10 yıl	40	25,0	Hayır	157	98,1
11-15 yıl	30	18,8			
16 yıldan fazla	31	19,4			

Katılımcılara anketin 2'nci bölümünde "Ne yaparsam yapayım iş kazasını engelleyemem" şeklinde bir önerme yöneltilmiş ve bu önermeye "Katılıyorum" şeklinde cevap verenlerin Kadercilik anlayışının pozitif, "Katılmıyorum" şeklinde cevap verenlerin ise negatif olduğu değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda katılımcıların %45,6'sı "Katılmıyorum", % 31,9'u ise "Katılıyorum" şeklinde cevap vermiştir. Katılımcıların % 22,5'i "Kararsızım" şeklinde cevap vermiştir. Tablo-2 demografik özellikler ve bazı çeşitli değişkenler ile çalışanların kadercilik anlayışları arasındaki ilişkileri açıklamaktadır.

Tablo 2. Demografik özellikler ve çeşitli değişkenler ile kadercilik anlayışı arasındaki ilişkiler

		1	2	3			1	2	3
Cinsiyet $X^2=5,629$ df=2 p=0,060	Kadın	n 25	9	25	Görev alanı $X^2=5,271$ df= 4 p=0,261	Temizlik ve Servis personeli	n 28	14	29
		% 42,4	15,3	42,4		Üretim Personeli	% 39,4	19,7	40,8
	Erkek	n 26	27	48		Yönetici ve idari personel	% 26,7	28,3	45,0
Yaş Grubu $X^2=0,645$ df= 2 p=0,724	40 yaşından küçük	n 27	20	35	Güvenlik anlayışı $X^2=36,434$ df= 4 p=0,000	Katılıyorum	n 37	23	28
		% 32,9	24,4	42,7		Kararsızım	% 42	26,1	31,8
	41 yaşından büyük	n 24	16	38		Katılmıyorum	n 6	9	4
Medeni Durum $X^2=4,730$ df= 2 p=0,316	Evli	n 38	30	47	Risk alma tercihi $X^2=47,534$ df= 4 p=0,000	Katılıyorum	n 26	12	19
		% 33,0	26,1	40,9		Kararsızım	% 45,6	21,1	33,3
	Bekar	n 7	4	15		Katılmıyorum	n 5	18	5
Eğitim durumu $X^2=4,714$ df= 8 p=0,788	Diğer	n 6	2	11	Bilgi düzeyi yeterliliği $X^2=12,422$ df= 4 p=0,002	Yetersiz	% 17,9	64,3	17,9
		% 26,9	15,4	57,7		Katılmıyorum	n 20	6	49
	İlkokul	n 13	13	18		Yeterli	% 26,7	8,0	65,3
Toplam Mesleki Deneyim $X^2=11,801$ df= 6 p=0,067	Ortaokul	n 16	5	17	İş kazalarına yaklaşım $X^2=36,467$ df= 4 p=0,000	Katılıyorum	n 20	9	12
		% 42,1	13,2	44,7		Kararsızım	% 48,8	22	29,3
	Lise	n 13	11	24		Katılmıyorum	n 7	16	5
Ön lisans		% 27,1	22,9	50	İş kazalarına yaklaşım $X^2=36,467$ df= 4 p=0,000	Katılıyorum	n 24	11	56
		% 2	2	4		Kararsızım	% 25	57,1	17,9
	Lisans ve üzeri	n 25	25	50		Katılmıyorum	n 24	11	56
Toplam Mesleki Deneyim $X^2=11,801$ df= 6 p=0,067	1-5 yıl	n 25	10	24	İş kazalarına yaklaşım $X^2=36,467$ df= 4 p=0,000	Katılıyorum	n 20	9	12
		% 42,4	16,9	40,7		Kararsızım	% 48,8	22	29,3
	6-10 yıl	n 10	9	21		Katılmıyorum	n 7	16	5
11-15 yıl		% 25	22,5	52,5	İş kazalarına yaklaşım $X^2=36,467$ df= 4 p=0,000	Katılıyorum	n 24	11	56
		% 10	11	9		Kararsızım	% 25	57,1	17,9
	16 yıldan fazla	n 6	6	19		Katılmıyorum	n 24	11	56
19,4		% 19,4	19,4	61,3	İş kazalarına yaklaşım $X^2=36,467$ df= 4 p=0,000	Katılıyorum	n 20	9	12
		% 31,8	22,5	45,6		Kararsızım	% 48,8	22	29,3
		% 31,6	10,5	57,9		Katılmıyorum	n 7	16	5

1= Katılıyorum, 2 = Kararsızım, 3 = Katılmıyorum, n= sayı, %= yüzde oranı

Çalışanların demografik özellikleri ile çeşitli değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla ki-kare analizi yapılmıştır. Yapılan 10 adet ki-kare testi sonucunda 4 ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$), 2 ilişkinin istatistiksel olarak sınırda anlamlı ($0,05<p<0,10$) ve 4 ilişkinin ise istatistiksel olarak anlamsız olduğu ($p>0,10$) tespit edilmiştir.

Katılımcıların cinsiyetleri ile kadercilik anlayışları arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak sınırlı anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır ($p=0,060$). Cinsiyet değişkeni ile kadercilik anlayışının istatistiksel olarak anlamlılık eğiliminde olduğu ve katılımcı sayısının artırılması ile istatistiksel olarak anlamlılığın elde edileceği değerlendirilmektedir. Kadın katılımcılarda kadercilik pozitif anlayışı % 42,4 iken erkeklerde % 25,7'dir. Bu nedenle kadınların erkeklere oranla daha kaderciler bir yaklaşım sergilediği değerlendirilebilir. Erkek katılımcıların "kararsızım" şeklinde verdikleri cevabın % 26,7 oranında olması

önermeye cevap vermek istemedikleri şeklinde yorumlanmıştır. Bu oranın yüksek olmasının ilişki analizinin sınırlı anlamlı çıkmasına neden olduğu değerlendirilmektedir.

Toplam mesleki deneyim ile kadercilik anlayışı arasındaki ilişki istatistiksel olarak sınırlı anlamlı bulunmuştur ($p=0,067$). Mesleki deneyim ile kadercilik anlayışının istatistiksel olarak sınırlı anlamlılık eğiliminde olduğu ve önermeye kararsızım şeklinde cevap verenlerin oranının yüksek olması nedeniyle bu sonuca ulaşıldığı değerlendirilmektedir.

Güvenlik anlayışı ile kadercilik anlayışı arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı olarak tespit edilmiştir ($p=0,000$). Güvenlik anlayışının tespiti için çalışanlara Tablo-3'te bulunan "İşyerimde işlerin en kısa yoldan yapılması esastır" önermesi yöneltilmiştir. Önermede beklenen cevap "katılmıyorum" olmasına rağmen katılımcıların % 55'i "Katılıyorum" şeklinde cevap vermiştir. Yapılan ki-kare testi sonucunda kaderci yaklaşım sergileyenlerin % 72,5'inin güvenlik anlayışının negatif yönde olduğu tespit edilmiştir. Güvenlik anlayışı negatif olanların %63,9'u kaderci yaklaşım önermesinde "Kararsızım" şeklinde cevap vermiştir.

Risk alma tercihinin belirlenmesi amacıyla Tablo-3'te bulunan "İşimi yaparken risk almaktan kaçınmam" önermesi yöneltilmiştir. Önermede beklenen cevap "Katılmıyorum" dur ve katılımcıların % 46,9'u beklenen cevabı vermiştir. Yapılan ki-kare testi sonucunda Risk alma tercihi ile kadercilik anlayışı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($p=0,000$).

Katılımcılara anketin üçüncü bölümünde iş sağlığı ve güvenliği temel bilgi düzeylerinin ölçülmesi amacıyla 15 soru yöneltilmiş ve vermiş oldukları doğru cevap sayılarına 0-100 puan aralığında derecelendirilmiştir. Katılımcıların bilgi seviyeleri çok zayıf (0,00-39,99), zayıf (40,00-59,99), orta (60,00 - 74,99), iyi (75,00-89,99) ve çok iyi (90,00-100,00) olarak gruplandırılmıştır. Anket sonucunda katılımcıların bilgi seviyelerinin % 43,1'i orta, % 33,1'i iyi, % 12,5'i zayıf, %9,4'ü çok iyi ve % 1,9'u çok zayıf şeklinde olmak üzere ortalama seviyenin orta olduğu tespit edilmiştir. Bilgi seviyesi çok zayıf ve zayıf olanların bilgi düzeyi yetersiz, orta, iyi ve çok iyi olanların ise bilgi düzeyi yeterli olarak belirlenmiştir. Yapılan bu sınıflandırma sonucunda katılımcıların % 85,6'sının bilgi düzeyinin yeterli olduğu tespit edilmiştir. Kadercilik anlayışı ile bilgi düzeyi yeterliliği arasında ilişkinin yapılan ki-kare testi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p=0,002$).

Katılımcılara anketin 2'nci bölümünde yöneltilen ve sonuçları Tablo-3'te bulunan önermeler incelendiğinde 5 önermenin 4'ünde beklenen cevapların anket sonucu gözlenen değerlerle örtüştüğü, bir önermede ise beklenen cevabın alınmadığı görülmektedir. "Ne yaparsam yapayım iş kazalarını engelleyemem" önermesiyle çalışanın kaderci yaklaşımı tespit edilirken, "İşyerim iş kazaları için doğal bir parçası olarak görülür ve hoş karşılanır" önermesiyle işletmenin kaderci yaklaşımı değerlendirilmiştir. Önermeye katılımcıların % 56,9'u beklendiği şekilde "Katılmıyorum" şeklinde cevap vermiştir. Çalışanın kaderci yaklaşımı ile işletmenin kaderci yaklaşımı arasındaki ilişkinin tespiti için yapılan ki-kare testi sonucunda her iki kaderci yaklaşım arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($p=0,000$). Benzer şekilde "Tehlikeli durumlarda risk almamam yöneticilerim tarafından hoş karşılanır" önermesi yönetimin iş sağlığı ve güvenliği konusundaki yaklaşımını göstermektedir. Bu önermede çalışanların % 51,9'u "Katılıyorum" şeklinde cevap vererek beklenen cevabı vermişlerdir.

Tablo 3. Katılımcıların kadercilikle ilgili önermelere verdikleri cevapların dağılımı

Önerme	Katılıyorum		Kararsızım		Katılmıyorum	
	Sayı	Yüzdesi	Sayı	Yüzdesi	Sayı	Yüzdesi
Kadercilik yaklaşımı-Ne yaparsam yapayım iş kazalarını engelleyemem	51	31,9	36	22,5	73*	45,6**
Güvenlik anlayışı-İşyerimde işlerin en kısa yoldan yapılması esastır	88	55,0**	19	11,9	53*	33,1
Risk alma Tercihi-İşimi yaparken risk almaktan kaçınmam	57	35,6	28	17,5	75*	46,9**
İş Kazalarına Yaklaşım-İşyerimde iş kazaları işin doğal bir parçası olarak görülür ve hoş karşılanır	41	25,6	28	17,5	91*	56,9**
İşletme Yaklaşımı-Tehlikeli durumlarda risk almamam yöneticilerim tarafından hoş karşılanır	83*	51,9**	32	20,0	45	28,1

* Beklenen cevap, **Gözlenen yüksek oran

Ayrıca yapılan ki-kare testi sonucunda kadercilik yaklaşımıyla, yaş grubu, medeni durum, eğitim durumu ve görev alanı arasında istatistiksel olarak anlamlılık tespit edilememiştir.

Katılımcıların % 5,0'i (8 kişi) meslek hayatı boyunca iş kazası geçirmiş, % 5,6'sı (9 kişi) ramak kala olayla karşı karşıya kaldıklarını belirtmişlerdir. İş kazası geçirenlerin ve ramak olayı yaşayanların sayılarının istatistiksel analiz yapılmasına yeterli olmaması nedeniyle ki-kare testi uygulanmamıştır. İş kazası geçiren 8 kişiden 2'si son çalıştığı işyerinde iş kazası geçirmiş ve iş kazası sonucu çalışanların işten ayrı kalma süreleri en az 1 gün, en fazla 60 gün ve ortalama 23 gündür. İş kazası geçirenler demografik verilerine göre incelendiğinde; cinsiyetlerine göre 6'sı erkek, 2'si kadın çalışan, eğitim durumlarına göre; 1'i ilköğretim, 2'si ortaokul ve 5'i lise mezunu, görev alanlarına göre ise; 2'si üretim Aşçı&Aşçı yardımcısı, 1'i bulaşıkçı&temizlikçi, 2'si garson&komi&servis elemanı ve 3'ü ise şoför ve idari personeldir. Ramak kala olayı yaşayan 9 çalışandan 1 kişinin daha önce iş kazası geçirdiği tespit edilmiştir.

4. Tartışma

İş sağlığı ve güvenliği konusundaki önceki çalışmaların inşaat, maden gibi riskli alanlar başta olmak üzere birçok alanda yapıldığı görülmektedir. Sektör bazında hazır yemek alanında çeşitli çalışmalar bulunmasına rağmen sektörde çalışanların iş sağlığı ve güvenliğine kadercilik bakış açılarına yönelik bir araştırmaya rastlanılmamıştır. İnsanların ileride karşılaşabileceği olayları değiştiremeyeceğine inanması kadercilik iken işyerinde karşılaşabileceği risklerden kaynaklı kazaların kaçınılmaz olduğuna inanması ise çalışma ortamında kadercilik yaklaşımı olarak değerlendirilmiştir.

Araştırmaya katılan çalışanların büyük çoğunluğu (% 63,1) erkektir. Jeong (2015) [12], Eren ve ark. (2017) [13], Üner (2019) [14] ve Demirel (2009) [15] tarafından yapılan çalışmalarda da erkek çalışanların çoğunlukta olması (sırasıyla % 80, % 88,6, % 58 ve %69) hazır yemek sektöründe erkek egemen bir çalışma ortamının bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca SGK 2017 ve 2018 yılları verilerine göre tüm sektörlerde çalışanların % 70'ini erkekler oluşturmaktadır [6]. Yapılan ki-kare testi sonucunda kadın çalışanların kadercilik anlayışlarının (% 42,4) erkek çalışanlardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Atan ve ark. (2017) [1] ve Dursun (2011) [16] tarafından yapılan çalışma sonucunda da kadınların erkeklere oranla kadercilik yaklaşım sergilediği belirlenmiş olup kadınların kadercilik anlayışlarının yüksek oluşu her iki çalışma neticesinde ortaya konulmuştur. Kadın çalışanların kadercilik anlayışlarının yüksek olması verilecek olan eğitimlerde sektörde sayıca az olan kadınların kadercilik bakış

açılarını değiştirebilecektir.

Katılımcıların yaş gruplarına bakıldığında en küçük çalışanın 18, en büyük çalışanın ise 63 olduğu ve çalışanların yaş ortalamasının 40,70 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışanların % 48,8'inin 41 yaşından büyük olduğu, % 45'inin ise 26-40 yaş arasında olduğu tespit edilmiştir. Üner ve Ayberk (2019) [14] ve Eren ve ark. (2017) [13] tarafından yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar (sırasıyla, 31 yaş üzeri %60,5; 18-40 yaş arası çalışan % 95) elde edilmiştir. Yapılan ki-kare testinde çalışanların yaşları ile kadercilik anlayışı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmemiş olup sektör farkı olmasına rağmen Aydın ve Ceylan (2020) [17]'da benzer şekilde anlamlı bir ilişki olmadığı sonucunu elde etmiştir. Atan ve ark. (2017) [1] tarafından yapılan çalışmada ise en yüksek kaderci olan yaş grubunun 35-54 yaş arası olduğu ve en düşük kaderci yaklaşım sergileyen yaş grubunun ise 18-24 yaş arası olduğu tespit edilmiştir.

Katılımcıların % 71,9'u evli, % 16,3'ü ise bekârdır. Yapılan ki-kare testi sonucunda kaderci yaklaşım ile medeni durum arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Acar ve Kılıç (2019) [18] yaptıkları çalışmada katılımcıların güvenlik iklimi ile medeni durumları arasında anlamlı bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşmıştır. Ancak Yıldız ve Yılmaz (2017) [19] inşaat sektöründe yaptıkları araştırmada evli çalışanların kaderci yaklaşımlarının bekâr çalışanlara göre daha yüksek olduğu sonucunu elde etmiştir.

Katılımcıların eğitim seviyelerine bakıldığında % 51,2'sinin ilköğretim, % 30'unun ise lise mezunu, yüksek okul ve üniversite mezunu olanların ise % 18,8 olduğu tespit edilmiştir. Görev alanlarına göre eğitim seviyelerinde ise Temizlik ve servis personelinin % 39,4'ü ilkokul ve % 29,6'sı ortaokul olmak üzere % 69'unun ilköğretim mezunu, Üretim personelinin % 46,7'sinin lise mezunu ve yönetici ve idari personelin ise % 65,5'inin yüksekokul ve üniversite mezunu olduğu tespit edilmiştir. Bindu ve Reddy (2015) [20], Üner (2019) [21], Eren ve ark. (2017) [13] ve Kabacık (2013) [22] tarafından yapılan çalışmalarda da çalışanların eğitim seviyeleri (sırasıyla; %55,5'i ilkokul, %74,5'i ilkokul, ortaokul, lise, %51,4'ünün ilköğretim, % 42,1'i lise mezunu ve % 32,6'sı ilkokul, % 20,2'si ortaokul, % 43,5'i lise mezunu) benzer şekildedir.

Bu nedenle iş sağlığı ve güvenliği anlamında daha fazla tehlikeye maruz kalan çalışanların eğitim seviyesi de göz önüne alınarak verilen eğitimlerin güncellenmesi, özellikle düşük eğitim seviyesine sahip çalışanlar tarafından da anlaşılır hale getirilmesi gerekmektedir. Yapılan ki-kare testi sonucunda eğitim durumu ile kaderci yaklaşım arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir. Aydın ve Ceylan (2020) [17] tarafından orman ürünleri sanayinde çalışanların eğitim durumu ile kaderci yaklaşımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Benzer şekilde Yıldız ve Yılmaz (2017) [19] inşaat sektöründe çalışanların eğitim seviyeleri ile kadercilik anlayışı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu tespit etmiştir. Atan ve ark. (2017) [1] yaptıkları araştırma sonucunda en yüksek kaderci olan grubun eğitim seviyesi yüksek lisans/doktora olanlar olduğunu, en düşük kaderci olan grubun ise lise mezunu olanlar olduğunu tespit etmişlerdir.

Hazır yemek sektörü emek yoğun bir sektördür. Çalışanların yaptıkları işlere göre üretim personeli, servis ve temizlik personeli ve yönetici ve idari personel olarak 3 ana başlık altında toplamak mümkündür. Araştırmada katılımcıların % 44,4'ü temizlik ve servis personeli, % 37,5'i Üretim personeli olarak ve % 18,1'i yönetici ve idari personel olarak görev yapmaktadır. Yapılan ki-kare testi sonucunda görev alanı ile kadercilik yaklaşımı arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki olmadığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Atan

ve ark. (2017) [1] yaptıkları çalışmada katılımcıları yönetici ve çalışan olarak gruplandırmış ve görev alanı ile kadercilik yaklaşımı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Katılımcıların % 36,9'u (59 kişi) 1-5 yıl arasında mesleki tecrübeye sahip olup 16 yıl ve üzerinde toplam mesleki tecrübesi olanların oranı % 19,4'tür (31 kişi). Aynı şekilde Eren ve ark. (2017) [1] tarafından yapılan çalışmada da 1-5 yıl arası tecrübeye sahip kişilerin çoğunlukta (% 37,1) olması hazır yemek sektöründe iş değiştirmenin sık yaşandığı göstermektedir. Ayrıca katılımcıların % 79,4'ünün son işyerindeki çalışma süresi 1-5 yıldır. Yaş gruplarına göre belirli bir tecrübeye ulaştığı ve daha az iş değişikliği yapması beklenen 41 yaş ve üzeri katılımcıların % 75,6'sının son işyerinde çalışma süresi 1-5 yıldır. Atan ve ark. (2017) [1] tarafından sektör farkı gözetmeksizin tüm Türkiye'yi temsil edecek şekilde 12 ilde 2018 kişi üzerinde yapılan araştırma sonucunda son işyerinde çalışma süresi katılımcıların % 55'inde 5 yıldan az olarak tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz sonuç diğer çalışmalarla benzerlik göstermekle birlikte hazır yemek sektöründe çalışanların sık iş değiştirme nedenleri arasında çalışan tecrübesinin mesleki ve maddi bir karşılığının olmaması bulunmaktadır. Aşçı, kasap, tatlı ustası gibi özellik arz eden görev alanı haricindeki görevler için mesleki tecrübenin işveren açısından önemi bulunmamakta ve tecrübeyle doğru orantılı olması beklenen maaş karşılığının çalışana sağlanmasından imtina edilmektedir. Çalışanlar tecrübe arttıkça beklenen maddi karşılığı elde edememeleri nedeniyle iş değişikliğine başvurumaktadırlar. Son işyerindeki çalışma süresinin kısa olmasının bir diğer nedeni ise hazır yemek hizmetinin özellikle üniversiteler, hastaneler ve Türk Silahlı Kuvvetleri gibi kamu kurumları, tarafından belirli bir süreyi kapsayacak şekilde sağlanmasıdır. İhale veya proje şeklinde yürütülen hazır yemek hizmetleri nedeniyle hazır yemek şirketlerin çalışan sayıları ihale ve proje bazlı olarak ciddi oranlarda değişmektedir. Bu nedenle de proje veya ihalenin el değiştirmesi durumunda çalışanlarında büyük çoğunluğu görev yeri ve görev alanı aynı kalmasına rağmen şirket değiştirmek zorunda kalmaktadır. Bu nedenle sektörde iş değişiklikleri çok sık yaşanmaktadır.

Yapılan ki-kare testi sonucunda mesleki deneyim ile kadercilik anlayışı arasında sınırda anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiş ve yüksek oranda (% 42,4) kadercilik yaklaşım sergileyenlerin 1-5 yıl arasında tecrübeye sahip olanlar, en düşük ise (% 19,4) 16 yıldan fazla mesleki tecrübeye sahip olanlarda olduğu tespit edilmiştir. 6-10 yıl tecrübeye sahip olanların % 25,0'i, 11-15 yıl arası tecrübeye sahip olanların ise % 33,3'ünün kadercilik yaklaşım sergilediği tespit edilmiştir. 11-15 yıl tecrübeye sahip çalışanlar haricinde, kadercilik yaklaşım mesleki tecrübe arttıkça azalır şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca 11-15 yıl tecrübeye sahip olan katılımcıların % 36,7'si "kararsızım" şeklinde cevaplayarak önermeyi cevaplamaktan kaçınmışlardır.

Çalışmada katılımcıların iş sağlığı ve güvenliği bilgi düzeyi belirlenmiş ve % 85,6'sının yeterli olduğu tespit edilmiştir. Sormaz ve ark. (2014) [3], yaptıkları çalışmada katılımcıların % 18,6'sının sorulan 10 sorudan 6 ve daha fazlasına doğru cevap verdiklerini tespit etmişlerdir. Katılımcıların bilgi düzeylerine göre kadercilik yaklaşımları incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Yapılan ki-kare testi sonucunda bilgi düzeyi yeterli olan katılımcıların kadercilik yaklaşımlarının, bilgi düzeyi yetersiz olanlara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bilgi düzeyi yetersiz olarak değerlendirilen katılımcıların % 47,8'i "kararsızım" şeklinde cevap vererek önermeyi cevaplamaktan kaçınmışlardır. Elde edilen sonuçlar iş sağlığı ve güvenliği konusunda verilecek eğitimlerin önemini ortaya koymaktadır. İnsanların ileride karşılaşılabileceği olayları değiştiremeyeceğine inanması kadercilik iken işyerinde karşılaşılabileceği risklerden kaynaklı kazaların kaçınılmaz olduğuna inanması

ise çalışma ortamında kadercilik yaklaşımı olarak değerlendirilmiştir. Kaderciler yaklaşım kişilerin dini inançları, yetiştirilme tarzları gibi birçok nedenden kaynaklanabiliyor olmakla birlikte verilen eğitimle değiştirilebilir bir yaklaşım olduğu görülmektedir. Araştırma sonucunda çeşitli demografik veriyle ilişkisini incelediğimiz yaklaşımın çalışanın eğitilmesi ile değiştirilebilir olduğu ve çalışanlara verilecek eğitimlerin çalışanın cinsiyet, eğitim durumu, medeni durum gibi özelliklerine göre dizayn edilmesi gerekmektedir. İş sağlığı ve güvenliği eğitimleri, çalışanların demografik özellikleri dikkate alınarak içerik ve tekrar sıklığı belirlenmeli ve kadercilik yaklaşımının en aza indirilmesi hedeflenmelidir.

Katılımcıların % 5'i iş kazası geçirdiğini beyan etmiştir. İş kazası geçirenlerin 6'sı erkek, 2'si kadın olmak üzere toplam 8 kişidir. Atan ve ark. (2017) [1] yaptıkları çalışmada çalışanların % 84,7'sinin iş kazası geçirdiği tespit edilmiştir. SGK 2018 yılına ait verilerde kadınların iş kazası geçirme oranı Yiyecek ve İçecek Hizmeti Faaliyeti sektöründe % 34,7 iken tüm sektörlerde bakıldığında % 17,8'dir [6]. Araştırma sonucunda Yiyecek ve İçecek Hizmeti Faaliyeti sektörüne yakın bir oran elde edilmiştir. İş kazaları sonucu işyerinden ayrı kalınan süreler incelendiğinde en az 1 gün, en fazla 60 gün olmak üzere çalışanların ortalama 23 gün işyerinden ayrı kaldığı tespit edilmiştir. Atan ve ark. (2017) [1] yapmış oldukları çalışmada iş kazası geçirenlerin % 71,4'ü işyerinden ayrı kalma süresini 30 günden az olarak belirtmişlerdir.

Araştırma sonucunda "İşyerimde işlerin en kısa yoldan yapılması esastır" şeklindeki önermeye katılımcıların % 55'inin "Katılıyorum" şeklinde cevap verdikleri görülmektedir. Bu önerme için beklenen cevap katılımcıların büyük çoğunluğundan alınmamıştır. Bilindiği üzere işlerin yapılmasında en kısa yol çoğu zaman en güvenli yol değildir. Aslında verilen bu cevapla çalışanlar, tembellik, iş çokluğu veya zaman yetersizliği gibi nedenleri gerekçe göstererek güvenli yolu terk ettiklerini ve işin yapılmasına odaklandıklarını beyan etmişlerdir. Çalışanlara verilen eğitimlerde bu konunun tekrar hatırlatılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir. Katılımcıların güvenlik anlayışları ile kaderciler yaklaşım arasındaki ilişkinin incelenmesi sonucunda güvenlik anlayışı ile kaderciler yaklaşım arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Çalışanların işin yapılması esnasında önceliklerinin güvenlik olduğu verilen eğitimlerde hatırlatılmalıdır. Ayrıca çalışanlar arasında kaderciler yaklaşımın azalmasının kişilerin güvenlik anlayışlarının değişmesinde de etkili olacağı değerlendirilmektedir.

"İşimi yaparken risk almaktan kaçınmam" şeklindeki önermeye katılımcıların büyük çoğunluğu (% 46,9) beklendiği şekilde "Katılmıyorum" şeklinde cevap vermişlerdir. Katılımcıların risk alma tercihi ile kaderciler yaklaşımları arasındaki ilişkiye bakıldığında, yapılan ki-kare testi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Çalışanların risk almaktan kaçınmama oranları iş kazalarının olasılıklarını veya ramak kala olay yaşama olasılıklarını artırmaktadır. Kaderciler yaklaşım sergileyen çalışanların risk alma konusunda da aynı yaklaşım içerisinde oldukları görülmektedir (% 45,6). Bu nedenle çalışanların kaderciler bakış açılarının değiştirilmesi ile yapmış oldukları işle ilgili risk almaktan kaçınacakları ve bunun doğal bir sonucu olarak iş kazalarının engellenebileceği veya azaltılabileceği değerlendirilmektedir.

Benzer şekilde "Tehlikeli durumlarda risk almamam yöneticilerim tarafından hoş karşılanır" ve "İşyerimde iş kazaları işin doğal bir parçası olarak görülür ve hoş karşılanır" önermeleri yönetimin iş sağlığı ve güvenliği konusundaki yaklaşımını göstermektedir. Bu önermelerde çalışanların çoğunluğundan beklenen cevap alınmıştır. İşletmede kazaların işin doğal bir parçası olarak görülmesi çalışanın kaderciler yaklaşımını

desteklemektedir. Çalışan tarafından tehlikeli durumlarda risk almaması ise kazaların önüne geçecektir ancak risk alınmayan durumlarda işlerin yapılma hızı etkilenecektir. Yöneticiler bu durumlarda çalışanların güvenliğinin işlerin yapılmasından önce geldiğini çalışanlara aktarabilmelidir. Çalışanın kadercı yaklaşımı işletmenin yaklaşımının göstergesidir ve işletme yaklaşımının değiştirilmesi ile çalışanın kadercı yaklaşımı değiştirilebilecektir. Bu nedenle işletmede iş kazaları olağan karşılanmamalı mümkünse kaza olmadan eğer mümkün değil ise kazadan sonra tekrarlanmaması için tedbirler alınmalıdır. Ayrıca önermelerde “kararsızım” şeklinde verilen cevapların yaklaşık % 20 düzeyinde olduğu görülmektedir. Bu şekilde cevap verilen önermeler incelendiğinde işyerinin iş sağlığı ve güvenliği konusunda önlem alıp almadığının sorgulandığı önermeler olduğu ve anket sonuçlarının ileride yönetim tarafından incelenmesi durumunda zor durumda kalınacağı endişesi ile bu şekilde işaretlendiği değerlendirilmektedir. Bu nedenle “Kararsızım” oranının yüksek olduğu sorularda istenmeyen durumun o işletmede veya çalışanda var olduğunu ancak beyan etmekten kaçındığını değerlendirmek mümkündür.

İş Sağlığı ve güvenliği, işyerinde meydana gelebilecek kaza ve olaylardan korunmayı hedeflemekle birlikte çalışanların fiziksel ve ruhsal yaşantılarını da etkilemektedir. Önlemlerin alındığı ve güvenli bir çalışma ortamının yaratıldığı bir işletmede çalışmak çalışan açısından moral ve motivasyon kaynağı olacak ve bu bireylerin üretime olan katkıları artacaktır [3]. Hazır yemek sektörü insan gücü ağırlıklı bir sektördür [12]. Hazır yemek sektöründe üretimin yapıldığı alan mutfaktır ve mutfak en genel anlamıyla yiyeceklerin hazırlandığı, kısa süreli depolandığı ve pişirildiği alandır [23], [24]. Sektör “Az Tehlikeli” sınıfta olmasına rağmen gerek karşı karşıya kalınan riskler ve gerekse çalışan sayısının yüksek olması nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği açısından yeterli önemin verilmesi gerekmektedir. Sektörde meydana gelen kaza sayısına göre ölüm oranı düşük olsa da sektörde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili tedbirlerin gözden geçirilmesi ve alınacak tedbirlerin artırılmasına yönelik tehlike sınıfının yeniden gözden geçirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir [6].

Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri cinsiyet, eğitim durumu, yaş, görev alanı ve mesleki tecrübe gibi değişkenlere göre tasarlanmalı ve eğitimlerin içerik ve sıklıklarında bu veriler dikkate alınmalıdır. İşyerinde karşı karşıya kalınan tehlikeye ait riskin büyüklüğüyle çalışanın kadercı yönelimi doğru orantılıdır. Çünkü tehlikeli durumlarda alınan önlemlerle işin tam olarak güvenli hale getirilemediği durumlarda çaresizlik duygusu nedeniyle kadercilik anlayışı öne çıkmaktadır [10]. Çalışanların iş kazalarının kaderden kaynaklandığı ve bu nedenle engellenemeyeceği algısının değiştirilmesinin eğitimle mümkün olduğu ve bu nedenle verilecek eğitimlerde bu konu üzerinde hassasiyetle durulması sektör çalışanlarının daha güvenli hale gelmesini sağlayacaktır.

Kaynaklar

1. Murat A, Erdem C, Elif Ç, Berna AY, Deniz EB. Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği algısı. Ankara; 2017.
2. Bayraktaroğlu S, Aras M, Atay E. Çalışanlarda iş güvenliği ve iş kazası algısı: Mavi yakalılar üzerine bir araştırma. Uluslararası Yönetim ve Sos Araştırmalar Dergisi [Erişim tarihi: 21 Ekim 2018]. 20 Ocak 2018;5(9):1-15. Erişim adresi: <http://dergipark.gov.tr/uysad/issue/37764/436003>
3. Sormaz Ü, Demirçivi BM, Yeşiltaş M. Dışarıya yemek hizmeti veren (Catering) işletmelerde çalışanların iş güvenliği bilgilerinin değerlendirilmesi. Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim Fakültesi Dergisi [Erişim tarihi:06 Kasım

- 2018]. 2014;6(2):61-76. Erişim adresi:
<http://dergipark.gov.tr/aksarayiibd/issue/22547/240957>
4. 4857 sayılı iş kanunu. T.C. Resmi Gazete [Erişim tarihi: 06 Kasım 2018], 2003. Erişim adresi:
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2003/06/20030610.htm>
 5. İş sağlığı ve güvenliği kanunu. T.C. Resmi Gazete [Erişim tarihi: 11 Kasım 2018], 2015. Erişim adresi:
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/06/20120630-1.htm>
 6. SGK Yıllık İstatistikleri. Erişim adresi:
http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yil_liklari. [Erişim tarihi: 09 Kasım 2018]. Erişim adresi:
http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yil_liklari
 7. Özer S, Tüzünkan D, Köse BÇ. Turizm sektöründe iş kazaları ve meslek hastalıklarına yönelik tespitler ve tedbirler. 14 Turizm Kongresi. Kayseri; 2013. s. 1136-1149.
 8. İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği. T.C. Resmi Gazete [Erişim tarihi: 13 Mayıs 2019], 2012. Erişim adresi:
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121226.htm>
 9. Kaya K, Sevinç G, Sevinç MR, Asoğlu V. Hazır yemek işletmelerinin sorunları ve çözüm önerileri: Şanlıurfa örneği. Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim Fakültesi Dergisi. 2015;5(8):1-9.
 10. Çalışkan BÖÖ, Tüzüner VL. Çalışanların kadercilik algılarının iş güvenliği endişelerine ilişkin algılarına etkisi: depo çalışanları üzerinde bir araştırma. Kesit Akad Dergisi. 2019;18:60-70.
 11. Akkuş Hİ, Taş K. Türkiye’de iş kazaları ve kader anlayışı üzerine tipolojik bir araştırma: iş kazaları ve kader ölçeği. Turkish Stud Relig Stud. 2019;14(4):591-602.
 12. Jeong BY. Cooking processes and occupational accidents in commercial restaurant kitchens. Safety Science [Erişim tarihi: 27 Ekim 2019]. 2015;80:87-93. Erişim adresi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.07.014>
 13. Eren R, Nebioğlu O, Şık A. Knowledge levels on food safety of employees working in hotel enterprises’ kitchen: the example of Alanya. Journal Multidisciplinary Academic Tourism [Erişim tarihi: 29 Nisan 2020] 2017;2(1):47-64. Erişim adresi: <http://dergipark.gov.tr/doi/10.31822/jomat.350175>
 14. Üner MH, Ayberk HS. Düzce ilindeki mutfak çalışanlarının genel bilgileri ile kaza geçirme oranlarının incelenmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi [Erişim tarihi: 29 Nisan 2020] 2019;7(1):861-71. Erişim adresi: <http://dergipark.gov.tr/doi/10.29130/dubited.502022>
 15. Demirel S. Hazır yemek üretimi yapan işletmelerde çalışanların hijyen bilgi düzeylerinin belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi; 2009.
 16. Dursun S. Güvenlik kültürünün güvenlik performansı üzerine etkisine yönelik bir uygulama. Uludağ Üniversitesi; 2011.
 17. Aydın A, Ceylan G. Orman ürünleri sanayi çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliğine kaderci bakış açılarının tespit edilmesine yönelik bir araştırma. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi [Erişim tarihi: 29 Nisan 2020] 2020;8(1):1033-41. Erişim adresi:
<https://dergipark.org.tr/tr/doi/10.29130/dubited.652938>
 18. Acar P, Kılıç S. Güvenlik iklimi algısının demografik faktörlere göre alan kuramı bağlamında incelenmesi: inşaat sektöründe bir uygulama. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi [Erişim tarihi: 02 Mayıs 2020] 2019;18(71):1066-88. Erişim adresi: <http://dergipark.org.tr/doi/10.17755/esosder.453410>

19. Yıldız S, Yılmaz M. Türk inşaat sektöründe çalışanların güvenlik kültürü düzeyinin ve güvenlik performansı ile ilişkisinin incelenmesi. *Politeknik Dergisi* [Erişim tarihi: 02 Mayıs 2020] 2017;20(1):137-49. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/politeknik/issue/36869/420511>
20. Bindu ESH, Reddy M V. Occupational hazards among cooks in commercial kitchens. *International Journal of Science and Research*. 2013;5(6):970-4.
21. Üner MH. Düzce ilindeki mutfak çalışanlarının iş güvenliği bilgi düzeylerinin saptanması ve kaza geçirme oranlarıyla karşılaştırılması. *Okan Üniversitesi*; 2019.
22. Kabacık M. Dört ve beş yıldızlı otel mutfaklarında çalışan mutfak personelinin gıda güvenliği konusunda bilgi düzeylerinin saptanması. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 2013;7:112-20.
23. Doğdubay M, Karan İ. Otel mutfaklarında sistematik işyeri düzenleme planı (SİDP) modelinin uygulanması. *Aydın Gastronomy*. 2017;1(1):9-23.
24. Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete [Erişim tarihi: 21 Aralık 2018], 2013. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130724-24.htm>



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa
Bilimleri Dergisi**
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.852600>



Araştırma makalesi

Prime Numbers in Layers

Cengiz ŞENER

Ministry of Education, Bafra Üçpınar Secondary School, Samsun, TURKEY

Geliş: 2 Ocak 2021 Kabul: 8 Haziran 2021 / Received: 2 January 2021 Accepted: 8 June 2021

Abstract

In this article, unlike the known deterministic and probabilistic methods used in determining prime numbers, a new type of deterministic method based on only matrix analysis will be proven without creating a designed equation and without writing preliminary assumptions and prerequisites. For this, it will be shown that the places $30k+1$, $30k+7$, $30k+11$, $30k+13$, $30k+17$, $30k+19$, $30k+23$, $30k+29$ form equivalence classes of the elements of the group $U(30)$. These eight locations will be referred to as eight layers and it will also be proven that the prime numbers are distributed equally across eight layers (equidistribution principle) in the closed system. With this new matrices method, it is also reduced the processing load considerably.

Keywords: *Prime numbers in equivalence classes, regular primes, equal distribution, unconditional new deterministic matrices method.*

Özet

Bu yazıda, asal sayıların belirlenmesinde kullanılan, bilinen deterministik ve olasılıkçı yöntemlerden farklı olarak, tasarlanan bir denklem oluşturmadan, ön kabuller ve ön şartlar yazmadan, sadece matris analizlerine dayanan, yeni bir tip deterministik yöntemi kanıtlamaktır. Bunun için, $30k+1$, $30k+7$, $30k+11$, $30k+13$, $30k+17$, $30k+19$, $30k+23$, $30k+29$, $U(30)$ grubunun eşitlik sınıflarından birisini oluşturduğu gösterilecektir. Bu sekiz yer, sekiz katman olarak adlandırılıp, kapalı sistem içinde asal sayıların sekiz katmana eşit olarak dağıldığı da (eşit dağılım ilkesi/ equidistribution principle) kanıtlanacaktır. Bu yeni matrisler yöntemiyle, işlem yükünün oldukça azaltıldığı da gösterilecektir.

Anahtar Kelimeler: *Eşitlik sınıflarındaki asal sayılar, düzenli asallar, eşit dağılım, şartsız yeni deterministik matrisler yöntemi.*

©2021 Usak University all rights reserved.

1. Introduction

For centuries, in mathematics one of the most important problems in the field of number theory is the determination of prime numbers. For this purpose, the process that started with the Sieve of Eratosthenes (240 BC) and gained momentum with Fermat's

*Corresponding author:

E-mail: cengizsener299@gmail.com

ORCID ID: 0000-0002-5988-3472

©2021 Usak University all rights reserved.

Little Theorem. For the prime number p , which does not divide a number a ; it is based on the satisfaction of the equality $a^{p-1} = 1 \pmod{p}$. Although this method is not exactly correct, it has formed the basis of many new deterministic algebraic methods in the future. Some of these are the AKS [1] primality test in 2004, the Miller [2] primality test in 1975 and the Rabin [3] primality test in 1980. Also in 1974, Solovay and Strassen [4] developed the primality test that could work under the extended Riemann's Hypothesis. In 1983, Adleman, Pomerance and Rumely [5] created a method based on Miller's primality test. In 1986, Goldwasser and Killian [6] found a primality method by using elliptic curves. In 1992, Adleman and Huang [7] developed this method.

Besides all these deterministic tests, in 1996 Ronald Joseph Burthe, Jr. [8], in 1995 F. Arnault [9] and in 1998 J. Grantham [10] developed some of the probabilistic tests. However, with the contributions of various complexity theorems that emerged in the 1960s, primality tests had more effective and productive ways of usage. In 1967, Blum [11] and Hartley Rogers Jr. [12], and in 1972, Borodin [13] published some of the studies about complexity theories.

The purpose of this article is to introduce a new type of unconditional deterministic primality test, different from all known deterministic and probabilistic primality tests. For this purpose, in section 2, the layers system that forms the basis of the new type of primality test and the results of this system will be shown. In section 3, a new type of primality test will be introduced.

2. Preliminaries: The Foundatin of Eight Layers

The basic idea of the article starts with the knowledge that primes after 7 cannot be placed in places where multiples of the primes 2,3,5. Since the products of the primes 2,3 and 5 is 30, other primes can be only located in the places $30k + 1$, $30k + 7$, $30k + 11$, $30k + 13$, $30k + 17$, $30k + 19$, $30k + 23$, $30k + 29$. After that, each section of $30k$ and $30k + 29$ will be called 'package' (B). (The section 1-30 taken as the zeroth package.) We named it this way because the matrice method is based on determining in which 30 section each prime number is. Also, there are two reasons why the eight places are called 'layers'. The first reason is; there are more than one equvailance classes of the elements of the group $U(30)$. For example; even numbers form an equvailance class in modula 30 or also odd numbers do. Furthermore, it can be added other examples. But, in modula 30, only one equvailance class which is formed by the places $30k+1$, $30k+7$, $30k+11$, $30k+13$, $30k+17$, $30k+19$, $30k+23$, $30k+29$ is significant for distribution of prime numbers. So it has to be emphasized the difference of this equvailance class from others. Then the second reason is that if it is thought that the sections of 30's are placed side by side, the numbers in the form of 1,31,61,91,... ($30k+1$) are arranged side by side. This situation horizontally forms a layer. This is class [1] which is also K_1 . $[1]=K_1$. For the numbers 7,37,67,97,..., ($30k+7$) are arranged side by side. They form class [7] which is also K_2 . $[7]=K_2$. Similar sequences occur for the other 11, 13, 17, 19, 23 and 29 primes. Thus, the values of these eight prime numbers arranged side by side in 30 steps form their classes. So it is obtained $[11]=K_3$, $[13]=K_4$, $[17]=K_5$, $[19]=K_6$, $[23]=K_7$, $[29]=K_8$. These classes

compose equivalence class that is proved in Lemma 2.1. Furthermore, when the prime number is mentioned from now on, only the prime numbers, except the primes 2,3 and 5, which are placed in layers, will be meant. Also, after that, eight layers will be used instead of eight classes, $[1]=K_1, [7]=K_2, [11]=K_3, [13]=K_4, [17]=K_5, [19]=K_6, [23]=K_7, [29]=K_8$.

Lemma 2.1. The set $S = \{1, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29\}$ form a group under the operation of multiplication in mod 30.

Proof. The Cayley table of set S in $U(30)$ proves Lemma 2. 1.

U(30)	1	7	11	13	17	19	23	29	
1	1	7	11	13	17	19	23	29	
7	7	19	17	1	29	13	11	23	
11	11	17	1	23	7	29	13	19	
13	13	1	23	19	11	7	29	17	(1)
17	17	29	7	11	19	23	1	13	
19	19	13	29	7	23	1	17	11	
23	23	11	13	29	1	17	19	7	
29	29	23	19	17	13	11	7	1	

Furthermore, according to lemma 2.1 and its proof, corollary 2.2 and corollary 2.3 are true.

Corollary 2.2. The set S forms an equivalence class.

After that, 'pseudo prime (PP)' expression will be used for numbers that are not prime numbers in the closed system. This expression was defined by many mathematicians in the process that started with Fermat's little theorem. The reason for using the same expression, this known expression is suitable for the purpose of understanding non-prime numbers in layers.

Corollary 2.3. When one of the layer is multiplied with all layers, it is again obtained all layers one by one.

Theorem 2.4. Let $n \in \mathbb{N}, n \geq 4, p_n$ be the n th prime number and $C_n = 2.3.5.7.11...p_n$

For every p_n in the range of C_n , there are only

$$PP_n = (p_{n-1} - 1). (p_{n-2} - 1). (p_{n-3} - 1)....(17 - 1).(13 - 1). (11 - 1). (7 - 1).8 \tag{2}$$

number of multiples which contains itself and the primes after itself as a multiplier.

Proof. The number of total packages (B_T) up to C_n is

$$B_T = \frac{C_n}{30} = \frac{2.3.5.7.11...p_n}{30} = 7.11...p_n$$

Then total place of layers up to C_n is

$$8. \mathfrak{B}_T = 8.7.11.13.17... p_n \tag{3}$$

In these layer places, the number of multiple of 7 is;

$$PP_4 = \frac{p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 13.11.7.8}{7} = p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 13.11.8$$

The number of multiples of 11 is;

$$PP_5 = \frac{8. \mathfrak{B}_T - PP_7}{11} = \frac{p_n \dots 13.11.7.8 - \frac{p_n \cdot p_{n-1} \dots 13.11.7.8}{7}}{11} = \frac{p_n \cdot p_{n-1} \cdot 13.11.7.8 \cdot (1 - \frac{1}{7})}{11} = p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 13.6.8$$

$$PP_5 = p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 13. (7 - 1).8$$

The number of multiples of 13 is;

$$PP_6 = \frac{8. \mathfrak{B}_T - PP_7 - PP_{11}}{13}$$

$$PP_6 = \frac{p_n \cdot p_{n-1} \dots 13.11.7.8 - p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 13.11.8 - p_n \cdot p_{n-1} \dots 13. (7-1).8}{13}$$

$$PP_6 = p_n \cdot p_{n-1} \dots 19.17.10.6.8 = p_n \cdot p_{n-1} \dots 19.17. (11 - 1). (7 - 1).8$$

$$\vdots$$

$$PP_{n-k} = p_n \cdot p_{n-1} \dots p_{n-k+1} \cdot (p_{n-k-1} - 1) \dots (17 - 1). (13 - 1). (11 - 1). (7 - 1).8$$

$$\vdots$$

$$PP_n = (p_{n-1} - 1). (p_{n-2} - 1). (p_{n-3} - 1) \dots (17 - 1). (13 - 1). (11 - 1). (7 - 1).8.$$

Corollary 2.5. Let $n \in \mathbb{N}$, $n \geq 4$, p_n be the n th prime number and $C_n = 2.3.5.7.11. \dots p_n$. For all prime numbers from 7 to p_n , the multiples that cannot contain primes before itself, are always placed in layers with equal distribution in the width of C_n .

Proof. The first prime in the layers is 7 ($n = 4$ and $p_4 = 7$ and $C_4 = 2.3.5.7 = 210$), by Theorem 2.4 the number of multiples of 7 in the width of C_4 is equal to $PP_4 = \frac{7.8}{7} =$

8. When 7 is multiplied with layers in an interval $[30p - 30(p + 1)]$, it gives 8 results in an interval $[210p - 210(p + 1)]$. According to the Cayley table of layers (proof of Lemma 2.1), these 8 results are equally distributed in 8 layers. Only in the range of (1-210), there are 7 multiples of prime 7. Because the number 1 appears as an exception. But all the other 210 pieces up to infinity includes 8 multiples of prime 7. Within 210 pieces ($210/30 = 7$ packages), there are $7.8 = 56$ layer places are in equal distribution. When we subtract the 8 multiples of prime 7 with equal distribution, 48 places with equal distribution remains. Although these places are not in the standard layer order (1,7,11,13,17,19,23,29), when a multiple of 7 is subtracted from every layer, there are 6 places remain in every layers. These 48 places are also found when Theorem 2.4 is applied for $n = 5$. After that, when prime 11 is multiplied by remaining 48 places in an interval $[210p - 210(p + 1)]$, the results expand in an interval $[2310p - 2310(p + 1)]$. So, these new 48 results is in equal distribution, in the width of all $11.210 = 2310$

pieces except the first one. Also, these multiples do not includes 7. After that, the interval of $13 \cdot 2310 = 30030$ is reached. When multiples of 7 in every 210 pieces and multiples of 11 (not includes 7) in every pieces of 2310 are subtracted from the total layer places in the closed system, which are equally distributed, only remains places for multiples of 13 with equal distribution. That is, when equal distribution parts are removed from the total equal distribution, the number of places remains in the equal distribution. If we generalize, as a result of all primes before p_n are placed by equal distribution, the multiples whose count is defined according to the Theorem 2.4, placed with equal distribution in the width of C_n . According to this, all primes and multiples from 7 to p_n are placed with equal distribution in the width of C_n . Also, while every sequence of multiples of primes continue equal distribution separately in themselves, even if the first primes are removed from every equidistributive sequence of multiples of each prime numbers, the equal distribution property of the sequence of multiples of prime numbers continue. It means that prime numbers go to equal distribution in closed layers system because of equal distribution of pseudo-primes. Furthermore, the proof of the theorem 2.4 gives the algebraic explanation of the corollary 2.5 and corollary 2.13 will give the algebraic proof of the corollary 2.5.

Corollary 2.6. Let $n \in \mathbb{N}$, $n \geq 4$, p_n be the n th prime number and $C_n = 2.3.5.7.11. \dots p_n$. The ratio (δ_n^+) of p_n regular prime and its pseudo primes in the layers becomes

$$\delta_n^+ = \frac{(p_{n-1}-1) \cdot (p_{n-2}-1) \cdot (p_{n-3}-1) \dots (13-1) \cdot (11-1) \cdot (7-1)}{p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 13 \cdot 11 \cdot 7} \quad (4)$$

Proof. Total places in the layers up to C_n boundary is $8. \bar{b}_s = 8.7.11.13.17. \dots p_n$. Generalization of δ^+ will be reached by proportioning the multiples of a prime of p_n to the total layer places in C_n . The number of multiples of each prime is obtained from Theorem 2.4.

$$\text{For } 7; \quad \delta_4^+ = \frac{PP_4}{8. \bar{b}_T} = \frac{p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 13 \cdot 11 \cdot 8}{p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 13 \cdot 11 \cdot 7 \cdot 8} = \frac{1}{7} .$$

$$\text{For } 11; \quad \delta_5^+ = \frac{PP_5}{8. \bar{b}_T} = \frac{p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 13 \cdot 6 \cdot 8}{p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 13 \cdot 11 \cdot 7 \cdot 8} = \frac{6}{7 \cdot 11} .$$

$$\text{For } 13; \quad \delta_6^+ = \frac{PP_6}{8. \bar{b}_T} = \frac{p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 17 \cdot 10 \cdot 6 \cdot 8}{p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 17 \cdot 13 \cdot 11 \cdot 7 \cdot 8} = \frac{6 \cdot 10}{7 \cdot 11 \cdot 13} .$$

$$\text{For } 17; \quad \delta_7^+ = \frac{PP_7}{8. \bar{b}_T} = \frac{p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 19 \cdot 12 \cdot 10 \cdot 6 \cdot 8}{p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2} \dots 19 \cdot 17 \cdot 13 \cdot 11 \cdot 7 \cdot 8} = \frac{6 \cdot 10 \cdot 12}{7 \cdot 11 \cdot 13 \cdot 17} .$$

⋮

For p_n ; $\delta_n^+ = \frac{PP_n}{8.5T} = \frac{(p_{n-1}-1).(p_{n-2}-1).(p_{n-3}-1)....(13-1).(11-1).(7-1)}{p_n \cdot p_{n-1} \cdot p_{n-2}....13.11.7}$.

Corollary 2.7.: When the sum of the proportions of the multiples of all regular primes in the layers is; $\delta^+ = \delta_4^+ + \delta_5^+ + \delta_6^+ + \dots + \delta_n^+$, so δ^+ become

$$\delta^+ = \sum_{k=4}^n \left[\prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) - \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_r} \right) \right] \tag{5}$$

Also in the term $\left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right)$ when $p_{r-1} = p_3$ for $r = 4$, $p_3 = 5$ and $\left(1 - \frac{1}{p_3} \right) = 1$ is used because the prime 5 is not in layers.

Proof. If the sum $\delta^+ = \delta_4^+ + \delta_5^+ + \delta_6^+ + \dots + \delta_n^+$ is written in detailed, it is obtained that

$$\delta^+ = \frac{1}{7} + \frac{(7-1)}{7.11} + \frac{(7-1).(11-1)}{7.11.13} + \frac{(7-1).(11-1).(13-1)}{7.11.13.17} + \dots + \frac{(p_{n-1}-1).(p_{n-2}-1)....(13-1).(11-1).(7-1)}{p_n.p_{n-1}....13.11.7}$$

$$\delta^+ = \sum_{k=4}^n \left[\left(\frac{1}{p_k} \right) \cdot \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) \right] = \sum_{k=4}^n \left[\left(- \left(1 - \frac{1}{p_k} \right) + 1 \right) \cdot \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) \right]$$

$$\delta^+ = \sum_{k=4}^n \left[\prod_{r=4}^k \left(- \left(1 - \frac{1}{p_r} \right) \right) \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) + \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) \right]$$

$$\delta^+ = \sum_{k=4}^n \left[\prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) - \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_r} \right) \right].$$

Corollary 2.8. Let $n \in N$, $n \geq 4$, p_n be the n th prime number and $C_n = 2.3.5.7.11. \dots p_n$. Up to C_n the sum of the ratios of the primes that couldn't get regular in layers (irregular primes) and the multiples they have created among themselves is

$$\delta_n^- = \delta^- = \prod_{k=4}^n \left(1 - \frac{1}{p_k} \right) \tag{6}$$

Proof. In the closed layer system, it is obvious that the sum of the total ratio of multiples of regular primes and the total ratio of multiples of irregular primes becomes 1. That is

$$\delta^+ + \delta^- = 1 \tag{7}$$

Then $\delta^- = 1 - \delta^+$. Let's generalize the ratio of multiples of irregular primes by finding them separately for each term. Let δ_n^- be after n -th prime starting with the $(n + 1)$ th prime up to C_n the total ratio of irregular primes and the pseudo primes formed between themselves. Then we obtain

$$\delta_4^- = 1 - \delta_4^+ = 1 - \frac{1}{7} = \frac{6}{7}$$

$$\delta_5^- = 1 - \delta_4^+ - \delta_5^+ = \frac{6}{7} - \frac{6}{7 \cdot 11} = \frac{6}{7} \left(1 - \frac{1}{11}\right) = \frac{6}{7} \cdot \frac{10}{11} = \left(1 - \frac{1}{7}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{11}\right)$$

$$\delta_6^- = 1 - \delta_4^+ - \delta_5^+ - \delta_6^+$$

$$\delta_6^- = \frac{6}{7} \cdot \frac{10}{11} - \frac{6 \cdot 10}{7 \cdot 11 \cdot 13} = \frac{6}{7} \cdot \frac{10}{11} \cdot \left(1 - \frac{1}{13}\right) = \frac{6}{7} \cdot \frac{10}{11} \cdot \frac{12}{13} = \left(1 - \frac{1}{7}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{11}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{13}\right)$$

⋮

$$\delta_n^- = 1 - \delta_4^+ - \delta_5^+ - \delta_6^+ - \dots - \delta_n^+ = \left(1 - \frac{1}{7}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{11}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{13}\right) \dots \left(1 - \frac{1}{p_n}\right)$$

Then when the limit goes to $C_n = 2.3.5.7.11 \dots p_n$, $\delta_n^- = \delta^- = \prod_{k=4}^n \left(1 - \frac{1}{p_k}\right)$ is obtained.

Corollary 2.9. In the closed layers system, within the conditions of the Corollary 2.7., Corollary 2.8. and the equation (7), the total ratio of all primes and pseudo primes is

$$\sum_{k=4}^n \left[\left(\frac{1}{p_k}\right) \cdot \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}}\right) \right] + \prod_{k=4}^n \left(1 - \frac{1}{p_k}\right) = 1 \quad (8)$$

The distribution of all prime numbers except the primes of 2,3,5 occurs according to the equality of (8).

Corollary 2.10. Let $n \in N$, $n \geq 4$, p_n be the n th prime number and $C_n = 2.3.5.7.11 \dots p_n$. According to the Corollary 2.5., all regular primes and multiples from 7 to p_n are in equal distribution, when this regular region is subtracted from the total equal distribution in the closed system, the primes in the remaining irregular region and the pseudo primes they create among themselves are also placed in layers with equal distribution. In other words, like the sum of the regular region, the sum of the irregular region is placed on the layers with equal distribution.

Corollary 2.11. Let $n \in N$, $n \geq 4$, p_n be the n th prime number and $C_n = 2.3.5.7.11 \dots p_n$. The placement of irregular primes in the layers maintains its equal distribution character within the irregular region.

Proof. (1) Primes and multiples from 7 to p_n , forming the regular region, are equally distributed in C_n parts according to the Corollary 2.5.

(2) According to Corollary 2.10., like the sum of the regular region, the sum of the irregular region is placed on the layers with equal distribution.

(30) According to Lemma 2.1. and Corollary 2.4, pseudo primes maintain their equal distribution order.

(4) Let k irregular primes be from the prime p_n to C_n . There is a C_{n+k} boundary where all of these primes will become regular. As n goes to infinity, for all irregular primes in the interval $[p_n, C_n]$ there exist a C_{n+k} boundary such that these irregular primes must be in absolute equal distribution. The algebraic proof and result of this item is given in Corollary 2.13.

After all; according to the items (1), (2), (3) and (4), irregular primes within each C_n limit have the character of maintaining equal distribution, even if they are not in absolute equal distribution before reaching their boundaries. The main difference of equal distribution between regular and irregular regions is; in each C_n boundary while regular primes and multiples are in absolutely equal distribution, there is no absolute equal distribution in the primes of the irregular section. While in some layer the number of primes are equal, in some other layers there may be minor differences. At each new boundary, the number of primes in any layer cannot be dominant to the number of primes in other layers, that is, the number of primes in one continuous layer is more or less than the number of primes in other layers, they maintain equal distribution by fluctuating. In the equivalence classes (layers system), since the existence of a C_n boundary in which each prime will become regular is certain and the formation of pseudo primes maintains their equal distribution, all regular and irregular primes maintain equal distribution.

Corollary 2.12. Let $n \in \mathbb{N}$, $n \geq 4$, p_n be the n th prime number and $C_n = 2.3.5.7.11. \dots p_n$. The total number of places (D^-) of the primes (D_p^-) in irregular region and the pseudo primes (D_{pp}^-) that they created among themselves in the C_n range is $D^- = (D_p^-) + (D_{pp}^-)$ and

$$D^- = 8.(7-1).(11-1).(13-1) \dots (p_n - 1). \tag{9}$$

Proof. The result is obtained by the product of equation (3) which is the total number of places and equation (6) which is the ratio of the irregular region in the C_n range.

Corollary 2.13. Let $n \in \mathbb{N}$, p_n be the n th prime number, then

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[\sum_{k=4}^n \left[\left(\frac{1}{p_k} \right) \cdot \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) \right] \right] = 1. \tag{10}$$

Proof. According to the equation (8),

$$\sum_{k=4}^n \left[\left(\frac{1}{p_k} \right) \cdot \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) \right] + \prod_{k=4}^n \left(1 - \frac{1}{p_k} \right) = 1$$

If we take the limit of both sides, we obtain

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[\sum_{k=4}^n \left[\left(\frac{1}{p_k} \right) \cdot \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) \right] + \prod_{k=4}^n \left(1 - \frac{1}{p_k} \right) \right] = \lim_{n \rightarrow \infty} 1$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[\sum_{k=4}^n \left[\left(\frac{1}{p_k} \right) \cdot \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) \right] \right] + \lim_{n \rightarrow \infty} \left[\prod_{k=4}^n \left(1 - \frac{1}{p_k} \right) \right] = 1$$

In the Euler product, let $\zeta(s) = \prod_{k=1}^{\infty} \left(1 - \frac{1}{p_k^s}\right)^{-1}$; p_k be k-th prime. Then it is obtained

$$\zeta(1)^{-1} = \prod_{k=1}^{\infty} \left(1 - \frac{1}{p_k}\right).$$

Since $p_k = p_n$, it gets;

$$\prod_{k=1}^n \left(1 - \frac{1}{p_n}\right) = \prod_{k=1}^{\infty} \left(1 - \frac{1}{p_k}\right) \text{ and}$$

$$\prod_{k=4}^n \left(1 - \frac{1}{p_n}\right) < \prod_{k=1}^{\infty} \left(1 - \frac{1}{p_n}\right) = \zeta(1)^{-1}.$$

Since $\zeta(1) = \infty$ [14], $\zeta(1)^{-1} = 0$ Then it is obtained

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[\prod_{k=4}^n \left(1 - \frac{1}{p_k}\right) \right] \leq \lim_{n \rightarrow \infty} \left[\zeta(1)^{-1} \right] = 0.$$

Since all terms of $\prod_{k=4}^n \left(1 - \frac{1}{p_k}\right)$ are non-negative,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[\prod_{k=4}^n \left(1 - \frac{1}{p_k}\right) \right] = 0. \tag{11}$$

Then it is obtained,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[\sum_{k=4}^n \left[\left(\frac{1}{p_k}\right) \cdot \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}}\right) \right] \right] + \lim_{n \rightarrow \infty} \left[\prod_{k=4}^n \left(1 - \frac{1}{p_k}\right) \right] = 1$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[\sum_{k=4}^n \left[\left(\frac{1}{p_k}\right) \cdot \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}}\right) \right] \right] + 0 = 1$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[\sum_{k=4}^n \left[\left(\frac{1}{p_k}\right) \cdot \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}}\right) \right] \right] = 1$$

Corollary 2.13 is the algebraic proof of the equidistribution of pseudo-primes which are in regular region as mentioned in corollary 2.5 and pseudo-primes in equivalence classes as mentioned in forth item of proof of corollary 2.11.

Corollary 2.14. Let $n \in \mathbb{N}$, A_n be the nth prime number, then

$$\sum_{k=4}^n \left[\left(\frac{1}{p_k}\right) \cdot \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}}\right) \right] = \sum_{k=1}^n \left[\left(\frac{1}{p_k}\right) \cdot \prod_{r=1}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}}\right) \right] = 1 \tag{12}$$

Proof. According to the Corollary 2.7 and Corollary 2.13, it is obtained

$$\sum_{k=4}^n \left[\left(\frac{1}{p_k}\right) \cdot \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}}\right) \right] = \frac{1}{7} + \frac{6}{7.11} + \frac{6.10}{7.11.13} + \frac{6.10.12}{7.11.13.17} + \dots = 1$$

Then if the right part of the equation (12) written explicitly,

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n \left[\left(\frac{1}{p_k} \right) \cdot \prod_{r=1}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) \right] &= \frac{1}{2} + \frac{1}{2.3} + \frac{2}{2.3.5} + \frac{2.4}{2.3.5.7} + \frac{2.4.6}{2.3.5.7.11} + \\ &\frac{2.4.6.10}{2.3.5.7.11.13} + \frac{2.4.6.10.12}{2.3.5.7.11.13.17} + \dots \\ &= \frac{1}{2} + \frac{1}{6} + \frac{1}{15} + \frac{4}{15.7} + \frac{4.6}{15.7.11} + \frac{4.6.10}{15.7.11.13} + \frac{4.6.10.12}{15.7.11.13.17} + \dots \\ &= \frac{1}{2} + \frac{1}{6} + \frac{1}{15} + \frac{4}{15} \cdot \left(\frac{1}{7} + \frac{6}{7.11} + \frac{6.10}{7.11.13} + \dots \right) \end{aligned}$$

In paranthesis;

$$\sum_{k=4}^n \left[\left(\frac{1}{p_k} \right) \cdot \prod_{r=4}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) \right] = \frac{1}{7} + \frac{6}{7.11} + \frac{6.10}{7.11.13} + \frac{6.10.12}{7.11.13.17} + \dots = 1$$

So, it is obtained;

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n \left[\left(\frac{1}{p_k} \right) \cdot \prod_{r=1}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) \right] &= \frac{1}{2} + \frac{1}{6} + \frac{1}{15} + \frac{4}{15} \cdot (1) \\ \sum_{k=1}^n \left[\left(\frac{1}{p_k} \right) \cdot \prod_{r=1}^k \left(1 - \frac{1}{p_{r-1}} \right) \right] &= \frac{1}{2} + \frac{1}{6} + \frac{5}{15} = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = 1 \end{aligned}$$

3. The Method of Package Numbers Matrixes

3.1. Preliminaries: The Linear Algebra of Pseudo-Prime Numbers

Lemma 3.1.1. Let $(\mathbb{B}_1, \mathbb{B}_2, \mathbb{B}_3) \in \mathbb{N}$, $x, y, s = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8$. K_x, K_y, K_s be layers and B is number checked. In the product; K_s is result layer and layer of checked number B . Also, \mathbb{B}_s is result package number and package number of checked number B .

$$(30\mathbb{B}_1 + K_x)(30\mathbb{B}_2 + K_y) = (30\mathbb{B}_s + K_s) = B \tag{13}$$

The values of \mathbb{B}_s form a matrix which has all rows and columns are arithmetic sequences.

Proof: In product (1), it is obtained;

$$(30 \mathbb{B}_1 + K_x).(30 \mathbb{B}_2 + K_y) = 30 \mathbb{B}_1.30 \mathbb{B}_2 + 30 \mathbb{B}_1.K_y + 30 \mathbb{B}_2.K_x + K_x.K_y \tag{14}$$

$$\text{According to Lemma 2.1, } K_x.K_y = 30 \mathbb{B}' + K_s. \tag{15}$$

So the equation (14) turns into;

$$(30 \mathbb{B}_1 + K_x).(30 \mathbb{B}_2 + K_y) = 30 \mathbb{B}_1.30 \mathbb{B}_2 + 30 \mathbb{B}_1.K_y + 30 \mathbb{B}_2.K_x + 30 \mathbb{B}' + K_s \tag{16}$$

the first four terms on the right are taken into 30 parenthesis and it is obtained;

$$(30 \bar{B}_1 + K_x).(30 \bar{B}_2 + K_y) = 30(30 \bar{B}_1. \bar{B}_2 + \bar{B}_1.K_y + \bar{B}_2.K_x + \bar{B}') + K_s \quad (17)$$

$$So; \quad \bar{B}_s = 30 \bar{B}_1. \bar{B}_2 + \bar{B}_1.K_y + \bar{B}_2.K_x + \bar{B}' \quad (18)$$

It is assumed that \bar{B}_1 values are rows and \bar{B}_2 values are columns.

For rows (r_i);

$$(r_1 = 1, \bar{B}_1 = 0), (r_2 = 2, \bar{B}_2 = 1), (r_3 = 3, \bar{B}_3 = 2), \dots, (r_i = i, \bar{B}_x = (i-1)), \dots \quad (19)$$

For columns (c_j);

$$(c_1 = 1, \bar{B}_1 = 0), (c_2 = 2, \bar{B}_2 = 1), (c_3 = 3, \bar{B}_3 = 2), \dots, (c_j = j, \bar{B}_y = (j-1)), \dots \quad (20)$$

It will be composed matrixes using either \bar{B}_1 values or \bar{B}_2 values in equation (18). Also, both can be used at the same time.

In addition, when used \bar{B}_1, \bar{B}', K_x and K_y are constants, value of each row changes according to \bar{B}_2 as follows;

Subtracting consecutive elements of a row, it is obtained;

$$[30\bar{B}_1.(\bar{B}_2 + 1) + \bar{B}_1.K_y + (\bar{B}_2 + 1).K_x + \bar{B}'] - [30\bar{B}_1.\bar{B}_2 + \bar{B}_1.K_y + \bar{B}_2.K_x + \bar{B}']$$

$$= 30\bar{B}_1.\bar{B}_2 + 30\bar{B}_1 + \bar{B}_1.K_y + \bar{B}_2.K_x + K_x + \bar{B}' - 30\bar{B}_1.\bar{B}_2 - \bar{B}_1.K_y - \bar{B}_2.K_x - \bar{B}'$$

$$= 30\bar{B}_1 + K_x \quad (21)$$

Or, when used \bar{B}_2, \bar{B}', K_x and K_y are constants, value of each column changes according to \bar{B}_1 like obtaining equation (21), it is accessed that;

$$[30\bar{B}_2.(\bar{B}_1 + 1) + \bar{B}_2.K_x + (\bar{B}_1 + 1).K_y + \bar{B}'] - [30\bar{B}_1.\bar{B}_2 + \bar{B}_1.K_y + \bar{B}_2.K_x + \bar{B}']$$

$$= 30\bar{B}_2 + K_y \quad (22)$$

Consequently, according to equations (21) and (22), all rows and columns of the matrixes are arithmetic sequence. That is, all rows and columns of the matrixes have linear relations within themselves.

The Result Matrix (23)

According to equalities (18), (19), (20), (21), (22) and equation $K_x.K_y = 30 \bar{B}' + K_s$; \bar{B}_1 's are rows and \bar{B}_2 's are columns.

$$\begin{bmatrix} \bar{B}' & \bar{B}' + 1.K_x & \bar{B}' + 2.K_x & \dots & \bar{B}' + n.K_x & \dots \\ \bar{B}' + 1.K_y & \bar{B}' + 1.K_y + 1.1.30 + 1.K_x & \bar{B}' + 1.K_y + 1.2.30 + 2.K_x & \dots & \bar{B}' + 1.K_y + 1.n.30 + n.K_x & \dots \\ \bar{B}' + 2.K_y & \bar{B}' + 2.K_y + 2.1.30 + 1.K_x & \bar{B}' + 2.K_y + 2.2.30 + 2.K_x & \dots & \bar{B}' + 2.K_y + 2.n.30 + n.K_x & \dots \\ \bar{B}' + 3.K_y & \bar{B}' + 3.K_y + 3.1.30 + 1.K_x & \bar{B}' + 3.K_y + 3.2.30 + 2.K_x & \dots & \bar{B}' + 3.K_y + 3.n.30 + n.K_x & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \bar{B}' + m.K_y & \bar{B}' + m.K_y + m.1.30 + 1.K_x & \bar{B}' + m.K_y + m.2.30 + 2.K_x & \dots & \bar{B}' + m.K_y + m.n.30 + n.K_x & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

(23)

Corollary 3.1.2. According to the matrix (23) and equalities (21) and (22);

$$(\bar{b}_s)_{ixj} = \bar{b}' + m \cdot K_y + m \cdot n \cdot 30 + n \cdot K_x ,$$

$$\text{so} \quad m = (i - 1) = \bar{b}_1 \quad \text{and} \quad n = (j - 1) = \bar{b}_2 \quad (24)$$

Corollary 3.1.3. There are 36 multiplication possibilities of equation (15); $K_x \cdot K_y = 30 \bar{b}' + K_s$.

Proof:

Table 1. Multiplication Possibilities of Equation $K_x \cdot K_y = 30 \bar{b}' + K_s$

K_s	$K_x \cdot K_y$
1	(1.1), (7.13), (11.11), (17.23), (19.19), (29.29)
7	(1.7), (11.17), (13.19), (23.29)
11	(1.11), (7.23), (13.17), (19.29)
13	(1.13), (7.19), (11.23), (17.29)
17	(1.17), (7.11), (19.23), (13.29)
19	(1.19), (7.7), (11.29), (13.13), (17.17), (23.23)
23	(1.23), (11.13), (17.19), (7.29)
29	(1.29), (7.17), (13.23), (11.19)

In 8 layers, for the K_s layers 7, 11, 13, 17, 23 and 29, there are 4 different multiplication possibilities giving as a result. There are 6 different multiplication possibilities, giving 1 and 19 layers as a result. Consequently, there are, totally, 36 multiplication possibilities of equation (15); $K_x \cdot K_y = 30 \bar{b}' + K_s$.

Corollary 3.1.4. There are 36 result matrix possibilities according to corollary 3.1.3 and its proof.

Corollary 3.1.5. When it is taken $K_x = 1$ and $\bar{b}_1 = 0$ in result matrices of multiplication possibilities of (1,7), (1,11), (1,13), (1,17), (1,19), (1,23), (1,29), some elements of the first rows of these seven results matrices are package numbers of the pseudo-prime numbers and some are package numbers of the prime numbers. Also, when it is taken $K_x = 1$, $K_y = 1$, $\bar{b}_1 = 0$ and $\bar{b}_2 = 0$ in result matrix of multiplication possibility of (1,1), some elements of the first row and the first column of this result matrix are package numbers of the pseudo-prime numbers and some are package numbers of the prime numbers.

Proof: $K_x = 1$ and $\bar{b}_1 = 0$, so $30\bar{b}_1 + K_x = 1$. The values of \bar{b}_2 as integers are multiplied by 1. So these multiplications do not turn the package numbers of prime numbers to the package numbers of pseudo-prime numbers. The first rows of these seven results matrices are composed 0,1,2,3,4,... as integers. In conclusion, some elements of the first rows of these seven results matrices are package numbers of the pseudo-prime numbers and some are package numbers of the prime numbers. In addition, the first row and the first column of result matrix of

multiplication possibility of (1,1) is in same situation. These rows or/and columns are exceptional first rows and columns.

Corollary 3.1.6. Except for the elements of the exceptional rows and columns in corollary 3.1.5, all elements of 36 matrix possibilities of the result matrix(23) are package numbers of the pseudo-prime numbers according to corollaries 3.1.2, 3.1.3 and 3.1.4.

Theorem 3.1.7. $B' \in \mathbb{N}$, K_s is the layer and $B = 30 B' + K_s$. According to corollary 3.1.5 and corollary 3.1.6, the number B is a prime number if the value B' is not an element of one of the resulting matrices that yields K_s without using exceptional rows or/and columns.

Theorem 3.1.8. The determinant of a square matrix formed by four elements with locations $((a+1),(b+1))$, $((a+1),(d+1))$, $((c+1),(b+1))$ and $((c+1),(d+1))$ in any 36 result matrices is:

$$\det \begin{bmatrix} B' + a.K_y + a.b.30 + b.K_x & B' + a.K_y + a.d.30 + d.K_x \\ B' + c.K_y + c.b.30 + b.K_x & B' + c.K_y + c.d.30 + d.K_x \end{bmatrix} = -K_s \cdot (c-a) \cdot (d-b). \quad (25)$$

Proof: According to equalities (19) and (20), For rows (r_i) ; $r_1 = (a+1)$, $p_1 = a$ and $r_2 = (c+1)$, $p_2 = c$

For columns (c_j) ; $c_1 = (b+1)$, $p_3 = b$ and $c_2 = (d+1)$, $p_4 = d$. When a,b,c,d values are substituted in a 2x2 square matrix according to equation (18), it is formed;

$$\begin{bmatrix} B' + a.K_y + a.b.30 + b.K_x & B' + a.K_y + a.d.30 + d.K_x \\ B' + c.K_y + c.b.30 + b.K_x & B' + c.K_y + c.d.30 + d.K_x \end{bmatrix} \quad (26)$$

When it is calculated the determinant of the matrix (26);

$$\det[(26)] = (B' + a.K_y + a.b.30 + b.K_x) \cdot (B' + c.K_y + c.d.30 + d.K_x) - (B' + a.K_y + a.d.30 + d.K_x) \cdot (B' + c.K_y + c.b.30 + b.K_x)$$

$$\begin{aligned} \det[(26)] = & B' \cdot B' + B' \cdot c.K_y + B' \cdot c.d.30 + B' \cdot d.K_x + a.K_y \cdot B' + a.K_y \cdot c.K_y \\ & + a.K_y \cdot c.d.30 + a.K_y \cdot d.K_x + a.b.30 \cdot B' + a.b.30 \cdot c.K_y + a.b.30 \cdot c.d.30 \\ & + a.b.30 \cdot d.K_x + b.K_x \cdot B' + b.K_x \cdot c.K_y + b.K_x \cdot c.d.30 + b.K_x \cdot d.K_x - B' \cdot B' - B' \cdot c.K_y \\ & - B' \cdot c.b.30 - B' \cdot b.K_x - a.K_y \cdot B' - a.K_y \cdot c.K_y - a.K_y \cdot c.b.30 - a.K_y \cdot b.K_x \\ & - a.d.30 \cdot B' - a.d.30 \cdot c.K_y - a.d.30 \cdot c.b.30 - a.d.30 \cdot b.K_x - d.K_x \cdot B' - d.K_x \cdot c.K_y \\ & - d.K_x \cdot c.b.30 - d.K_x \cdot b.K_x \end{aligned}$$

$$\det[(26)] = B' \cdot c.d.30 + a.K_y \cdot d.K_x + a.b.30 \cdot B' + b.K_x \cdot c.K_y - B' \cdot c.b.30 - a.K_y \cdot b.K_x - a.d.30 \cdot B' - d.K_x \cdot c.K_y$$

$$\det[(26)] = 30 \cdot B' \cdot (c \cdot d + a \cdot b - cb - a \cdot d) - K_x \cdot K_y \cdot (-a \cdot d - b \cdot c + a \cdot b + c \cdot d)$$

$$\det[(26)] = (30 \cdot B' - K_x \cdot K_y) \cdot (c \cdot d + a \cdot b - cb - a \cdot d)$$

According to equation (15) $K_x \cdot K_y = 30 B' + K_s$, so; $-K_s = 30 B' - K_x \cdot K_y$

$$\det[(26)] = -K_s \cdot (c \cdot d + a \cdot b - cb - a \cdot d) = -K_s \cdot [c \cdot (d - b) - a \cdot (d - b)]$$

$$\det[(26)] = -K_s \cdot (c - a) \cdot (d - b)$$

3.2. The Method of Finding Prime Numbers by Using Matrixes of Package Numbers of Pseudo-Prime Numbers:

Definition 3.2.1. The method of finding prime numbers by using matrixes of package numbers of pseudo-prime numbers will be defined step by step:

Step 1: Using equation (13), it is reached B_s, K_s values.

Step 2: In equation ; $K_x \cdot K_y = 30 B' + K_s$ and according to the table 1, it is obtained K_x, K_y and B' values.

Step 3: Substituting the values obtained from step 1 and 2 to the matrix (23). So, it is composed all matrixe possibilites (4 or 6, according to table 1) of K_s .

Step 4: It is checked whether B_s value is an element of one of the possible matrixes except for the elements of the exeptional first rows or/and columns in corollary 3.1.5.

Step 5: If it is not an element of any possible matrixes, B is a prime number (Theorem 3.1.7).

Step 6: If, at least, it is one of an element of any possible result matrixes (without exeptional rows or/and columns), B is a pseudo-prime number.

Step 7: For B_s values which is found in all possible matrixes, it is obtained all multipliers of number B according to equalities (24) and equation (13).

$$(30(i-1) + K_x) \cdot (30(j-1) + K_y) = (30B_1 + K_x)(30B_2 + K_y) = (30B_s + K_s) = B \quad (27)$$

Examples 3.2.2. :

1) $B = 553243$, is it a prime number?

$553243 = 30 \cdot 18441 + 13$, so $B_s = 18441$ and $K_s = 13$.

It has 4 matrixe possibilities which are (1.13), (7.19), (11.23), (17.29).

Only the element of matrixe possibility of (17.29 = 30.16 + 13) gives $B_s = 18441$ value. Also, $B' = 16$.

Using matrix (23), with respect to equation $(30B_1 + 17)(30B_2 + 29) = (30B_s + 13)=B$, the equality (18) which gives $(B_s = 30B_1 \cdot B_2 + B_1 \cdot 29 + B_2 \cdot 17 + 16)$ generates the matrix where B_1 's are rows and B_2 's are columns.

$$\begin{bmatrix} 16 & 33 & 50 & 67 & \dots \\ 45 & 92 & 139 & 186 & \dots \\ 74 & 151 & 228 & 305 & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \dots \\ (9064)_{313,1} & (18441)_{313,2} & (27818)_{313,3} & (37195)_{313,4} & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

$i = 313, j = 2$, so, according to equation (26);

$$(30(i-1) + K_x) \cdot (30(j-1) + K_y) = (30 \cdot 312 + 17)(30 \cdot 1 + 29) = 9377 \cdot 59 = 553243 = B$$

Proof of example 1: The number 18441 is in the second column. According to equation (22), the difference between consecutive elements of second column is; $30 \cdot (2-1) + 29 = 59$. It must be $33 + 59 \cdot m = 18441$ and m must be an integer, too.

$m = \frac{18441-33}{59} = 312$; m is an integer. $m = (i-1) = 312$ and $i = 313$. So, 553243 is not a prime number.

2) $B = 105817$, is it a prime number?

$$105817 = 30 \cdot 3527 + 7, \text{ so } B_s = 3527 \text{ and } K_s = 7.$$

It has 4 matrix possibilities which come from (1.7), (11.17), (13.19), (23.29). When these possible result matrices are composed according to equality (18) and matrix (23), any of 4 matrices do not include 3527 as an element. Consequently, 105817 is a prime number according to the Theorem 3.1.7.

3.3. General Using of the Matrice Method

According to matrix algorithm which is matrix (23), computers compose 36 matrices. Package numbers are asked to computers one by one as integers goes to infinity. It is determined in which matrices an searched integer is found or not. Furthermore, the first rows or/and columns of matrices which are composed by 1 are not included searching. There are pseudo primes in the result layers (K_s) defined by the matrices containing the searched integer and there are primes in the result layers (K_s) defined by the matrices which do not contain the searched integer. As a result, what needs to be done is to search an integer in which 36 matrices have as elements or not. That is, one number is asked and eight answers are received. It is not necessary to repeatedly compose 36 matrices to search prime numbers. Matrices are formed and they are used to check prime numbers infinitely. Also, for very large elements of matrices, some arrangements can be made within the matrices using linear algebra. Besides all of these, the most important

result of this matrice method is that for finding a prime number, it does not have to be searched prime numbers. Thus, it is reduced the processing load considerably.

4. Conclusion

In this study, it was proved that all prime numbers except the first three prime numbers form equivalence class and that the placement of prime numbers in this system is realized with an equal distribution. In addition, it has been proved algebraically that the non-prime numbers formed by the prime numbers in this system are equally distributed. Furthermore, the new type of prime number determination method obtained depending on the advantage provided by the layer system and the linear algebra also has a much more development potential.

Acknowledgement

I thank referees for their valuable comments.

References

1. Agrawal M, Kayal N, Saxena N. Primes is in P. *Ann. Math.*, 2004;160:781-793.
2. Miller GL. Riemann's hypothesis and tests for primality. *J. Comput. Sys. Sci.*, 1976;13:300-317.
3. Rabin M O. Probabilistic algorithm for testing primality. *J. Number Theory*, 1980;12:128-138.
4. Solovay R, Strassen V. A fast Monte-Carlo test for primality. *SIAM Journal on Computing*, 1977;6:84-86.
5. Adleman L M, Pomerance C, Rumely R S. On distinguishing prime numbers from composite numbers. *Ann. of Math.*, 1983;117:173-206.
6. Goldwasser S, Kilian J. Almost all primes can be quickly certified. *Proc. 18th STOC.*, 1986;316-329.
7. Adleman L M, Huang M D. Primality testing and two dimensional Abelian varieties over finite fields. *Lecture Notes in Mathematics*, 1992;1512.
8. Burthe R J Jr. Further investigations with the strong probable prime test. *Mathematics of Computation*, 1996;65(213):373-381.
9. Arnault F. Rabin-Miller primality test: Composite numbers which pass it. *Mathematics of Computation*, 1995;64(209):355-361.
10. Gratham J. A probable prime test with high confidence. *J. Number Theory*, 1998; 72: 32-47.
11. Blum M. A machine-independent theory of the complexity of recursive functions. *J. Assoc. Comput. Mach.*, 1967;14: 332-336.
12. Rogers H Jr. *Theory of recursive functions and effective computability*. New York: McGraw-Hill; 1967; MR37#61.
13. Borodin A. Computational complexity and the existence of complexity gaps. *J. Assoc. Comput. Mach.*, 1972;19:158-174.
14. The values of $\zeta(n)$ for small positive integer values of n, equation 70. URL: <https://mathworld.wolfram.com/RiemannZetaFunction.html> [Document on the Internet], 2020 [cited 2020 September 10].



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa
Bilimleri Dergisi**
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.853757>



Araştırma makalesi

**Farklı Boyutlardaki Poliamid, Poliester ve Jüt Liflerin Betonun
Mekanik Davranışına Etkisi**

Emine Arslan, Hakan Sarıkaya*

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye

Geliş: 4 Ocak 2021

Kabul: 27 Mart 2021 / Received: 4 January 2021

Accepted: 27 March 2021

Abstract

Concrete is a brittle material with very low tensile strength and low tensile deformation capacity. In order to improve these properties of concrete, it is tried to improve the weak properties of concrete as a result of the addition of fibers with high technical properties made of different materials. In this study, the effect of fiber concrete samples produced from polyester, polyamide and jute fiber mixtures used in 0.5, 1, 1.5% ratios on the physical and mechanical properties was investigated by keeping the cement amount constant in the concrete mixtures. Standard cubic samples for concrete compressive strengths and beam samples for flexural-tensile strengths were produced. It was determined that as the fiber ratio increased, the Schmidt hardness and bending strength values increased, the collapse amount, thermal conductivity coefficient and compressive strength values decreased. It is thought that the increase in fiber ratio will contribute to thermal insulation by decreasing the thermal conductivity value.

Keywords: *Polyamide fiber, polyester fiber, jute fiber, fiber concrete.*

Özet

Beton, çekme dayanımı ve çekme birim deformasyon kapasitesi çok düşük olan gevrek yapıdaki bir malzemedir. Betonun bu özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla, beton içerisine değişik malzemelerden üretilmiş ve teknik özellikleri yüksek liflerin katılması sonucu, betonun zayıf özellikleri iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada, oluşturulan beton karışımlarında çimento miktarı sabit tutularak % 0.5, 1, 1.5 oranlarında kullanılan poliester, poliamid 6,6 ve jüt lifi karışımlarından üretilen lifli beton numunelerinin, fiziksel ve mekanik özelliklerine olan etkisi incelenmiştir. Beton basınç dayanımları için standart küp numuneler ve eğilme-çekme dayanımları için kiriş numuneler üretilmiştir. Lif oranı arttıkça Schmidt sertliği ve eğilme dayanımı değerlerinin arttığı, çökme miktarı, ısıl iletkenlik katsayısı ve basınç dayanımı değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Lif oranının artması ısı iletkenlik değerini azaltarak, ısı yalıtımına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Poliamid lifi, poliester lif, jüt lifi, lifli beton.*

©2021 Usak University all rights reserved.

*Corresponding author: Emine Arslan
E-mail: arslan3632@gmail.com
ORCID ID: 0000-0003-4580-3029

1.Giriş

Beton, insanlık tarihinin gelişiminde ve eski medeniyetlerin günümüze kadar gelebilen eserlerinde önemli bir yere sahiptir. Piramitlerin yapımında kireç bazlı bağlayıcıları kullanılmış, Pantheon ve Colleseum gibi yapıların doğal hidrolik bağlayıcı olan puzzolanlar ile yapılmış ve Orta Asya ile Anadolu'da Horasan Harcı adı verilen bir bağlayıcının kullanılmış olması beton olarak nitelendirilebilecek malzemelerin tarihinin çok eskilere dayandığını göstermektedir. Çağdaş beton kronolojisinin ise 1800'lü yılların başında Louis Vicat'ın ilk yapay çimentoyu üretmesi ve Joseph Aspdin'in "Portland Çimentosu"nun patentini almasıyla başladığı düşünülmektedir. Betonarme yapı sistemlerinin bulunmasıyla, beton yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. Günümüzde çok geniş bir kullanım alanı olan beton, sudan sonra dünyada en fazla tüketilen malzeme haline gelmiştir. Çok ekonomik, üretimi ve kullanımı kolay, uygun kullanımda güvenli, dayanıklı ve servis gerektirmeyen temel yapı malzemesidir.[1]

Geçmişten günümüze insanların en temel ihtiyaçlarından biri barınma olmuştur. İlk çağlarda mağaralarla başlayan barınma ihtiyacı günümüzde yerini devasa gökdelenlere bırakmıştır. Bu yüzden yapı sektörü devamlı kendini yenileyen ve devamlı gündemde olan bir sektördür. Yapılardan istediğimiz özellikler gelişen teknolojiyle birlikte her geçen gün değişmekte ve önem kazanmaktadır. Yapı sektöründe en önemli elemanlardan biri de betondur. Ülkemiz deprem kuşağında yer aldığından afetlerde can ve mal kaybı yaşanmaması açısından betonun kalitesi ön plana çıkmaktadır. Ülkemizde betonun; yüksek katlı yapılardan barajlara, nükleer santrallerden beton yollara kadar geniş bir kullanım alanı vardır. Geleneksel beton bazı durumlarda teknik özellikleri bakımından yetersiz kalmaktadır. Geleneksel betonların eksik kaldığı durumlarda betondan istenilen özelliğe ve ihtiyaca bağlı olarak özel betonlar üretilmiştir. Özel betonlar geleneksel betondan malzeme ve karışım oranları, özellikleri ve uygulama açısından farklılık gösterir. Bu betonlardan bazıları; ağır betonlar, püskürtme betonlar, polimer betonlar, prepakt betonlar ve lifli betonlardır. Bu özel betonlardan bazıları uzun zamandır yapı sektöründe kullanılmasına rağmen, bazıları ise beton endüstrisine yeni kazandırılmaktadır. Yapı endüstrisinde ısı ve sese, yüksek ısıya dayanıklı, yüksek basınç dayanımlı, elde edilişi ve kullanımı kolay malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır [2].

Beton; çimento, su, agrega ve gerektiğinde katkı maddelerinin (mineral, kimyasal, fiber vb.) belirli şartlarda ve oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen, başlangıçta şekil verilebilen plastik formda olup, zamanla çimento ve su arasındaki hidrasyonun (hidrasyon) sertleşerek mukavemet kazanan, harç fazı ve agregadan hazırlanan kompozit bir yapı malzemesidir [3]. Betonun zayıf özelliklerinin belirgin olarak iyileştirilmesi ve güçlendirilmesi için beton içerisine değişik malzemeler katılarak teknik özellikleri geliştirilebilmektedir [4]

Özel amaçlar ve kullanımlar için geliştirilmiş olan birçok farklı tip özel betonlar bulunmaktadır. Genelde, portland çimentosu matris fazı ve/veya agrega fazı bir şekilde değişime uğratarak bazı beton özelliklerin değiştirilmesi, iyileştirilmesi ve/veya betona yeni bazı özelliklerin kazandırılması amaçlanmaktadır. Bu özel tip betonların bazıları çok uzun zamanlardan beri inşaat sektöründe kullanılmalarına rağmen, bazıları ise beton endüstrisine yeni kazandırılmaktadır.[5]

Yapı malzemeleri alanında son yıllarda yapılan çalışmaların bir sonucu olarak önemli bir yenilik meydana gelmiştir. Lifli beton teknolojisi adı verilen bu çalışmalar, beton ve çimentolu malzemelerde çeşitli özelliklerde liflerin kullanımı esas almaktadır. Yapı malzemelerinde liflerin kullanılması aslında son yıllarda bulunan yeni bir kavram

değildir ve birçok tarihi yapıda çeşitli organik liflerin kullanıldığı bilinmektedir. Ancak son yıllarda gelişen teknoloji sonucunda yüksek performanslı lifler ortaya çıkmış ve bu liflerin çimentolu kompozitlerde kullanımı da giderek yaygınlaşmıştır [6]. Beton içerisinde yaygın olarak kullanılan lifler; çelik, polipropilen, karbon ve alkali dirençli cam liflerdir. Lifli betonlarda, bütün lif çeşitlerinde sağlanması gereken en önemli özellik liflerin beton içerisinde homojen olarak dağılması ve bu dağılımın beton karıştırıldıktan sonra da bozulmamasıdır. Üniform bir şekilde dağılan lifler, beton içerisinde oluşan çatlakları önlemekte ve çatlakların beton içerisinde ilerlemesini yavaşlatarak betonu daha dayanıklı hale getirdiği bilinmektedir. Bu özelliğinden dolayı lifli betonun çekme ve eğilme dayanımı artıran faktörler darbe etkisine karşı da dayanımı artırır. Bu nedenle betonarme kazık, yol, su boruları, genel olarak büyük fabrika inşaatlarının döşeme betonlarında ve prefabrike yapı elemanları üretiminde lifli betonların tercih edilmeleri halinde daha iyi sonuçlar alınacağı bilinmektedir [7].

Bu çalışmada poliester poliamid ve jüt lifleri kullanılmıştır. (Şekil 1) Poliester ve poliamid sentetik liflerdir. Poliamid lifi dünyada üretilen ilk sentetik liftir. İngiltere’de Terylene, Trevira, ABD’de Dacron, Almanya’da Diolen ve Türkiye’de Perilen ticari adları ile üretilen poliester lifleri günümüzde en çok kullanılan sentetik lif konumundadır.

Petrokimya ve tekstil endüstrisinde yapılan araştırmalar ve gelişmeler sonucu sentetik polimer lifleri üretilmiştir. Akrilik, aramid, naylon, polyester ve polietilen ve polipropilen başlıca sentetik liflerdir. Hepsinin de çok yüksek çekme dayanımları vardır. Fakat bu liflerin çoğu aramid hariç düşük elastiklik modülüne sahiptirler. Sentetik liflerin kalitesi çap ve uzunluk oranlarına bağlıdır. Çapları mikron düzeyindedir. Bu lifler tekil ya da lif hamuru halinde bulunurlar. FRC (lif takviyeli beton) de kullanılanların uzunlukları 0,5-2 inç (12-50 mm) arasında değişir. Bazı lif tipleri çok kısa (1-2) mm olabilir, çok uzun olanları da vardır. Uygulanacak yerin ihtiyacına göre tipler artırılır. Petrokimya ve tekstil endüstrisinde yapılan araştırmalar ve gelişmeler sonucu sentetik lifler üretilmiştir.[8]

Doğal bir lif olan jüt ise Bangladeş, Çin, Hindistan ve Tayland’ta yetişir. Bu bitkilerin uzunlukları 2,4 m ve sap çapları 25 mm den az olur. Kabukları liflidir. Bu kabuk suya batırıldığında, içine su alır ve lifleri gevşer, bu lifler el ile ayrılır ve kurutulur. Son zamanlarda bu işlem için mekanik aletler de geliştirilmiştir. Jüt bitkileri çekme gerilmesinde dayanıklıdır. Geleneksel olarak bu lifler halat, çuval, çanta ve giysi yapımında kullanılır.[8]

Binici ve arkadaşları (2008) yapmış oldukları çalışmada beton bir kirişe çelik donatı yerine polyester lifler %0,01 %0,02 % 0,03 oranında katılarak kirişin eğilme ve basınç özellikleri incelemişlerdir. Lif oranı arttıkça eğilme dayanımının arttığı gözlemlenmiştir. Lif katkısı basınç dayanımda lif oranı arttıkça azda olsa bir düşüşe neden olmuştur. Normal betona eklenen polyester lif, betonun eğilme dayanımına ve şekil değiştirme gibi elastik özelliklerine katkı sağlamıştır. Yüksek betonarme yapıların deprem kuvvetleri altında davranışını lifli betonlarla elde edilen süneklik düzeyinin olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir. Atık bir lif olan polyesterle yapılan bu çalışma sonucunda atık lifin ekonomiye kazandırılabilmesi ve kirişin eğilme dayanımına lifin katkıda bulunabileceğini gözlemlenmişlerdir. [9] Güler ve Yavuz (2017) düşük hacimsel oranlarda lif katkılı betonun mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmada çelik ve sentetik liflerin ayrı ayrı ve birlikte kullanılmasıyla oluşturulan karışımların basınç, eğilme ve yarmada çekme dayanımları karşılaştırılmıştır. Sentetik lif olarak poliamid lifi kullanılmıştır. Betonun içerisine % 0,25 % 0,5 % 0,75 hacimsel oranlarında çelik ve sentetik lifler eklenmiştir. Lifler 12 mm ve 54 mm olmak üzere iki farklı uzunlukta kullanılmıştır. 12 mm sentetik lif içeren gruplarda basınç dayanımında artış olmamıştır.

54 mm sentetik lif içerenlerde ise basınç dayanımı %2 ile %5 arasında artış göstermiştir. Sonuç olarak çelik, sentetik ve karma lif katılan betonda çekme ve eğilme dayanımları artmış; basınç dayanımı ise önemli bir artış göstermemiştir. Yarmada çekme ve eğilme dayanımları lif hacim oranı ve narinlik oranı arttıkça artmıştır. Basınç yarmada çekme ve eğilme dayanımlarının tümü incelendiğinde ayrı ayrı kullanılan çelik ve sentetik liflere göre çelik ve sentetik lifin bir arada kullanıldığı karma lifli kompozitlerde daha çok dayanım artışı gözlemlenmiştir. [10] Susurluk ve diğerleri (2018) yapmış oldukları çalışmada polipropilen lifin betona katılmasıyla betonun mekanik özelliklerinin değişimini incelemiştir. Betonda çimento ağırlığı sabit tutularak çimento ağırlığının %1, %2 ve %3 oranında polipropilen lif kullanılmıştır. Çalışmaların sonucunda polipropilen lifli betonların akıcı kıvamlı betonlarda çökme miktarını azalttığı gözlenmiştir, işlenebilirliği olumsuz yönde etkilediği düşünülse bile bu durum taze betonun kohezyonu açısından önemlidir. Polipropilen lifli numunelerde lif miktarı arttıkça ultrases hızlarında bir artış gözlenmiştir. Lif miktarı arttıkça basınç dayanımı azalmıştır. Eğilme dayanımı ise lif miktarı arttıkça artmıştır. Saha beton uygulamalarında polipropilen lifli betonların kullanılabilmesi bu çalışma ile gözlemlenmiştir. [11] Açıkgeç ve diğerleri (2012) yapmış olduğu çalışmada farklı karışımlara sahip polipropilen lifli betonların mekanik özelliklerini incelemiştir. Betonun en büyük dezavantajı çekme dayanımının düşük olmasıdır. Betonun kullanım yerine ve kullanım amacına göre farklı özellikler beklenmektedir bunun içinde özel betonlar kullanılmaya başlanmıştır, lifli betonda bunlardan biridir. Deneysel çalışmalarda 150 × 150 × 150 mm küp ve 100 × 100 × 500 mm kiriş ve 100 × 100 × 100 mm boyutlarında küp numuneler üretilmiştir. İki farklı lif türü kullanılmıştır. A tipi yumuşak küme halinde B tipi sert plastik olmak üzere iki adettir. Bu çalışmada asıl amaç uygulamada çok kullanılan A tipi lifli betondaki karışımdaki lif oranının beton özellikleri üzerindeki etkisini ölçmektir. Betonda lifler %1 ve %2 kullanılmıştır. Bu çalışma sonucunda polipropilen lifin belirli orana kadar çekme dayanımında artış gösterdiği görülmüştür. Polipropilen lifler işlenebilme özelliğinde düşüş göstermiştir. Bunun dışında olumsuz bir sonuç gözlenmemiştir. Betonun mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir.[12] Literatürde betonda lif kullanılmasıyla ilgili çalışmaları incelediğimizde, lif kullanımının hacimce çok büyük olmadığını görüyoruz lif kullanımı genellikle önceki çalışmalarda genellikle hacimce %2 oranını geçmemiştir

Bu çalışmada kullanmış olduğumuz poliester, poliamid 6,6 ve jüt lifleri çekme ve aşınma dayanımları yüksek olduğu için tercih edilmiştir. Bu liflerden polyester lifi maliyet açısından uygun olduğu için seçilmiştir. Poliamid lifi ise dayanım olarak poliester lifinden daha yüksek dayanıma sahip yapay bir lif olmasından ötürü tercih edilmiştir. Jüt lifi yaygın olarak üretilen dayanımı çok fazla olan doğal bir lif olduğu için tercih edilmiştir. Bu üç lifin betonun mekanik özelliklerini geliştirmeye katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



Şekil 1. Poliamid 6,6 lifi, Poliester lifi, Jüt lifi

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, C 30 betonu için çimento miktarı sabit tutularak çimento ağırlığının % 0,5, % 1 ve % 1,5 oranlarında poliester poliamid 6,6 ve jüt lifi kullanılarak $10 \times 10 \times 10$ cm ebatlarında her seriden 10 adet küp, her seriden $10 \times 10 \times 40$ cm ebatlarında her seriden 4 adet kiriş numuneleri üretilmiştir. Üretilen serilerde lifler ikili olarak kombine edilip lif boyları 3 cm, 4,5 cm ve 6 cm olan liflerden lif boyuna göre ve çimentonun ağırlıkça % 0,5, %1 ve %1,5 oranlarında lifler karıştırılarak karışım yapılmıştır. Bunlara ek olarak C 30 betonundan şahit numuneler üretilmiştir. Kullanılan çimentonun fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1’de, çimento, normal agrega ve çimentonun kimyasal özellikleri Tablo 2’de, betonda kullanılan kimyasal katkının fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 3’te, poliamid ve poliester liflerinin fiziksel özellikleri ise Tablo 4 ve jüt lifinin fiziksel özellikleri ise Tablo 5’ te verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun fiziksel ve mekanik özellikleri [13]

Bileşenler	CEM I 42,5 R (%)
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	3,11
Priz Başlangıcı (dk.)	169
Priz Sonu (dk.)	255
Hacim Genleşmesi (mm)	0,77
2 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	34
28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	55,4

Tablo 2. Normal agrega ve çimentonun kimyasal özellikleri [13]

Bileşen	CEM I 42,5 R (%)	Normal Agrega(%)
SiO ₂	19,1	20,9
Fe ₂ O ₃	2,65	0,2
Al ₂ O ₃	5,19	0,4
CaO	63,40	42,8
MgO	1,83	0,4
SO ₃	2,95	-
TiO ₂	-	<0,1
Na ₂ O	0,22	<0,1
K ₂ O	0,94	0,1
Cl-	0,011	-
P ₂ O ₅	-	<0,1
MnO	-	<0,1
Kızdırma Kaybı	3,77	-
HCl' de Çözünmeyen Kalıntı	0,32	-
Serbest Kireç	-	-
Alkali Eşdeğer	0,84	-
Toplam Katkı	-	-

Tablo 3. Kimyasal katkıının fiziksel ve mekanik özellikleri [14]

	Teknik Veriler
Görünüm	Kahverengi Sıvı
Yoğunluk	1,05 ± 0,02 g/cm ³
pH	3-7
Klor içeriği	< 0,1 % (EN 480 - 10' a göre)
Alkali içeriği	<10 (EN 480-12'a göre)
Standartlara uygunluk	TS EN 934-2

Tablo 4. Liflerin %65 bağıl nem ve 20 C sıcaklıkta gerilim özellikleri [15]

Lifler	Mukavemet (N/tex)	Kopma uzaması (%)	Kopma işi (mN/tex)	Başlangıç Modülü (N/tex)
Polyamid (PA) 6,6				
Orta	0,48	20	63	3,0
Mukavemet				
Yüksek	0,66	16	58	4,4
Mukavemet				
Stapel Lif	0,37	43	101	1,0
Polyester (PES)				
Orta	0,47	15	53	10,6
Mukavemet				
Yüksek	0,56	7	22	13,2
Mukavemet				
Stapel Lif	0,47	37	119	8,8

Tablo 5. Jüt lifinin fiziksel özellikleri [16]

Fiziksel Özellikler	Jüt Lifi
Yoğunluk(g/cm³)	1,48
Gerilme Direnci (kN/mm²)	410-780
Sertlik (kN/mm)	10-30
Kopma Uzaması (%)	1,9
Nem Emilimi (%)	12
Ham Elyaf Fiyatları(Rs./kg)	40-50

Beton numunelerin üretimi ve fiziksel mekanik özelliklerinin tespiti için yapılan deneyler Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Isıl iletkenlik katsayısı deneyi için Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği Mekanik laboratuvarında test yapılmıştır. Bu çalışmada toplamda lifli numune ve ayrıca kıyas yapılabilmesi amacıyla normal beton numunesi üretilmiştir. Üretilen numunelerin karışım oranları Tablo 6' da verilmiştir. Numuneler üretilirken küp ve eğilme numunesi olmak üzere iki farklı şekilde üretilmiştir. Küp numuneler 100 × 100 × 100 mm boyutundaki küplere öncelikle küpler yağlanmış daha sonra sarsma tablası üzerine konmuş ve beton karışım harcı 3 aşamada her aşamada 10 saniye sarsma tablası ile sarsılarak doldurulmuştur. Sarma işlemi betonun içinde boşluk kalmaması homojen şekilde dağılması ve yerleşmesi için yapılmıştır. Küp numunelerde her seri için 10 adet üretilmiştir. Kiriş numuneler 100 × 100 × 400 mm boyutunda sıkıştırmalı demir kalıplara aynı yöntemle yerleştirilmiştir. Kiriş numunelerinde her seriden 4 adet üretilmiştir. Üretilen numunelerin kodlamasında poliester lifi PES, poliamid 6,6 PA ve jüt lifi J olarak kodlanmıştır. Tüm numuneler 24 saat korunaklı bir alanda bekletilmiş lastik takozlar yardımı ile düzgün bir şekilde kalıplardan çıkarılmıştır. Numuneler deneyin yapılacağı güne kadar 20±2 °C derece kür havuzunda bekletilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Numunelerin yerleştirilmesi, kalıptan çıkartılması, kür havuzuna yerleştirilmesi

Tablo 6. Üretilen Numuneler

Kodu	Lif Boyu	Çimento	Lif
	(cm)	Ağırlığı(%)	Oranları(%)
NB	-	100	-
PA-PES-0,5-3	3	99,5	0,5
PA-PES-1-3	3	99	1
PA-PES-1,5-3	3	98,5	1,5
PA-PES-0,5-4,5	4,5	99,5	0,5
PA-PES-1-4,5	4,5	99	1
PA-PES-1,5-4,5	4,5	98,5	1,5
PA-PES-0,5-6	6	99,5	0,5
PA-PES-1-6	6	99	1
PA-PES-1,5-6	6	98,5	1,5
PA-J-0,5-3	3	99,5	0,5
PA-J-1-3	3	99	1
PA-J-1,5-3	3	98,5	1,5
PA-J-0,5-4,5	4,5	99,5	0,5
PA-J-1-4,5	4,5	99	1
PA-J-1,5-4,5	4,5	98,5	1,5
PA-J-0,5-6	6	99,5	0,5
PA-J-1-6	6	99	1
PA-J-1,5-6	6	98,5	1,5
PES-J-0,5-3	3	99,5	0,5
PES-J-1-3	3	99	1
PES-J-1,5-3	3	98,5	1,5
PES-J-0,5-4,5	4,5	99,5	0,5
PES-J-1-4,5	4,5	99	1
PES-J-1,5-4,5	4,5	98,5	1,5
PES-J-0,5-6	6	99,5	0,5
PES-J-1-6	6	99	1
PES-J-1,5-6	6	98,5	1,5

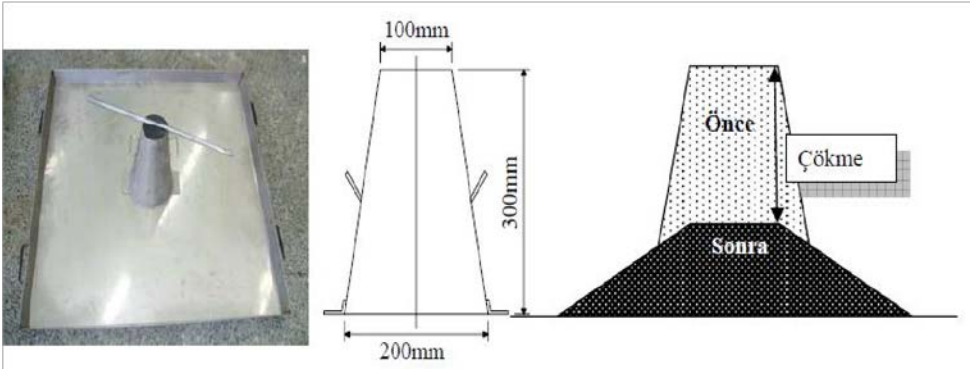
3. DeneYler ve Sonuçlar

Bu çalışmada su emme deneyi, tek eksenli basınç deneyi, üç eksenli eğilme deneyi, schmitt sertlik çekici deneyi, ultrases deneyi ve ısıl iletkenlik katsayısı deneyi yapılmıştır.

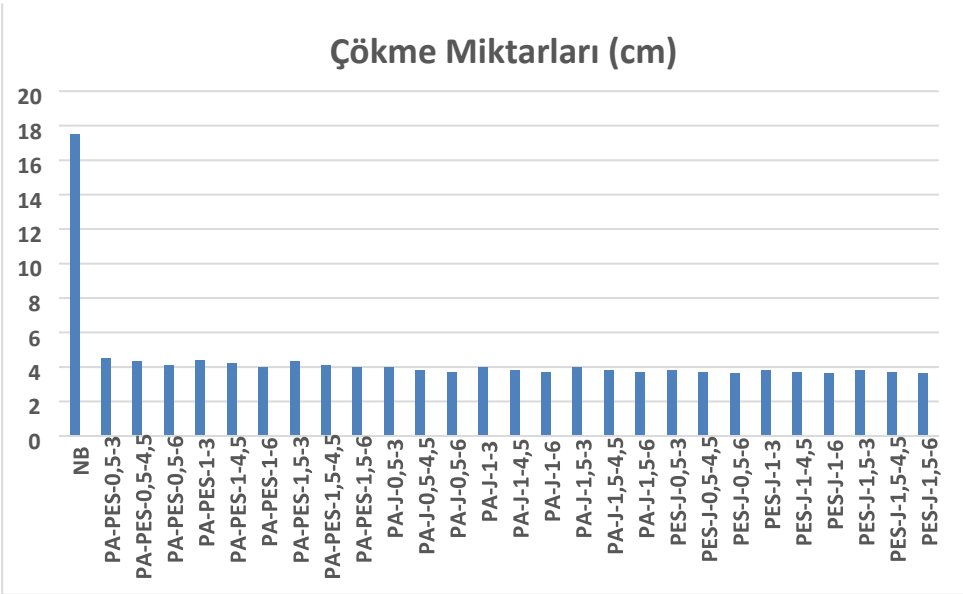
3.1. Çökme (Slamp) deneyi

ASTM C143 (2000), TS EN 12350-2 (2002) ve birçok ülkede standart olarak da kabul edilmiştir. Abrams konisi olarak da isimlendirilen bu deneyde, Şekil 3'te görülen üst çapı 100 mm, alt çapı 200 mm ve yüksekliği 300 mm olan tepesi kesik koni şeklindeki metal kalıp içine üç eşit tabaka halinde ve her tabakası 25 kez özel bir çubukla (çapı 16 mm,

uzunluğu 600 mm) şişlenerek taze beton doldurulmuştur. Daha sonra doldurulan beton sarsılmadan kesik koni kalıp yukarı çekilmiştir. Beton kendi ağırlığı ile bir miktar çökmüş ve çökme miktarı ölçülmüştür. Ölçülen değerler ise Şekil 4' te verilmiştir.



Şekil 3. Çökme deneyinde kullanılan aletler ve deneyin yapılışı [11]



Şekil 4. Lifli betonların çökme değerleri

3.2. Ultrases ölçüm deneyi

Ultrases geçiş hızlarını ölçmek için Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Laboratuvarında bulunan Ultrases ölçüm (Şekil 5) cihazı kullanılmıştır. Ultrases deneyi TSE EN 12504-4 (2012) standartına uygun olarak yapılmıştır. Ultrases hız ölçümü 12 voltluk akümülatör ile çalışan dijital göstergeli Ultrases ölçme aleti ile yapılmıştır. Aletin önce sıfır ayarı yapılmış sonra kalibre edilmiştir. Numunelerin her iki yanına gres yağı sürülerek proplar ile numune arasında boşluk oluşması önlenmiştir. Bu deneyde 10 × 10 × 10 cm boyutlarındaki lifli küp

numunelerden her seriden 2 adet olmak üzere toplamda 54 adet ve 2 adet şahit numune kullanılmıştır. Küp numuneler üzerinde yapılan deney ile ses dalgaları geçirme süreleri ölçülmüştür. Ultrases hızı deney sonuçlarının değerlendirilmesinde mikro saniye (μ sn) olarak okunan Ultrases hızı geçiş süresi değerleri Eşitlik 1 ile hesaplanarak Ultrases hızı km/s cinsinden hesaplanmıştır. Lifli betonların Ultrases hızları ölçüm sonuçları ise Şekil 6'da verilmiştir.

$$V=L/t$$

(1)

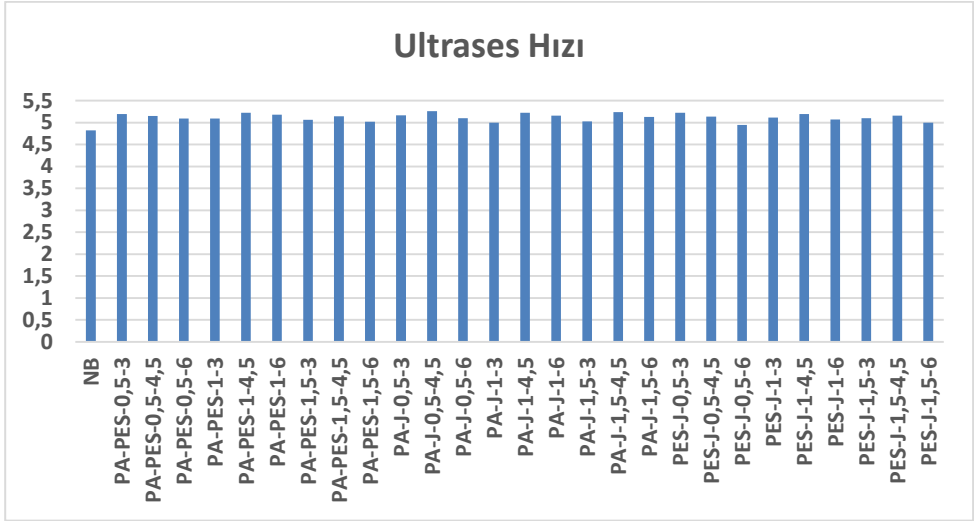
V: Ultrases hızı(km/s),

L: Numune boyu (km),

t: Ultrases geçiş süresi (sn),



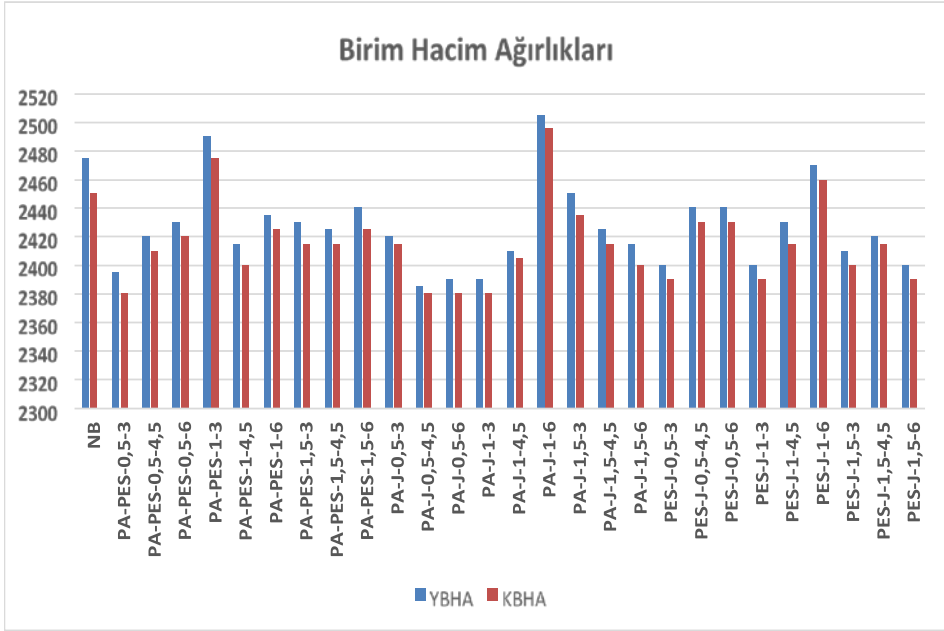
Şekil 5. Ultrases ölçüm deneyi



Şekil 6. Lifli betonların ultrases hızları deney sonuçları

3.3. Su Emme Deneyi

Kür havuzunda bekletilen 10×10×10 cm küp numunelerden her seriden ikişer tane olmak üzere toplamda 54 tane numune ve iki adet küp şahit numune sudan çıkarılıp önce yaş birim hacim ağırlıkları hassas terazi ile ölçülmüştür. 24 saat sonra kuruyan numunelerin kuru birim hacim ağırlıkları aynı hassas terazi ile tekrar ölçülmüş ve aşağıdaki değerler elde edilmiştir. Su içinden çıkarılan numunelerin suya doygun durumdaki ağırlığı ile kuruyan numunelerin ağırlığı arasındaki fark hesaplanarak ağırlıkça su emme değeri hesaplanmıştır. Su emme kapasitesi betona giren su miktarının betonun kuru ağırlığına bölünmesiyle bulunur ve yüzde olarak ifade edilebilir. Lifli betonların yaş ve kuru birim hacim ağırlık ölçüm sonuçları Şekil 7'de verilmiştir. Su emme deneyi TS 699 (2009)'a uygun olarak yapılmıştır.



Şekil 7. Lifli betonların yaş ve kuru birim hacim ağırlıkları

3.4. Tek Eksenli Basınç Deneyi

Tahribatlı test yönteminde küp numuneler için tek eksenli basınç deneyi ve kırış numuneler için üç eksenli eğilme deneyi yapılmıştır. Tek eksenli basınç deneyi TSE EN 12390-3 (2019) ve deneylerde kullanılan deney aleti TS EN 12390-4 (2019) 'e uygun olarak yapılmıştır. Tek eksenli basınç deney için Uşak Üniversitesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarında bulunan 300 ton kapasiteye sahip tek eksenli basınç presi (Şekil 8) kullanılmıştır. Basınç deneylerinde yükleme hızı saniyede 0,35 MPa olarak sabit tutulmuştur. Bu deneyde 10 × 10 × 10 cm lifli küp numunelerden toplamda 162 adet ve 6 adet şahit numune deneye tabi tutulmuştur. Bu amaçla daha önceden hazırlanan küp beton numuneleri 7. ve 28. Günlerinde kırılarak kırılma anındaki okunan yük değeri Eşitlik 2'de yerine konularak beton numunesinin basınç dayanımı değerleri hesaplanmıştır. Lifli betonların 7. ve 28. günlük basınç dayanımları ölçüm sonuçları Şekil 9'da verilmiştir.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

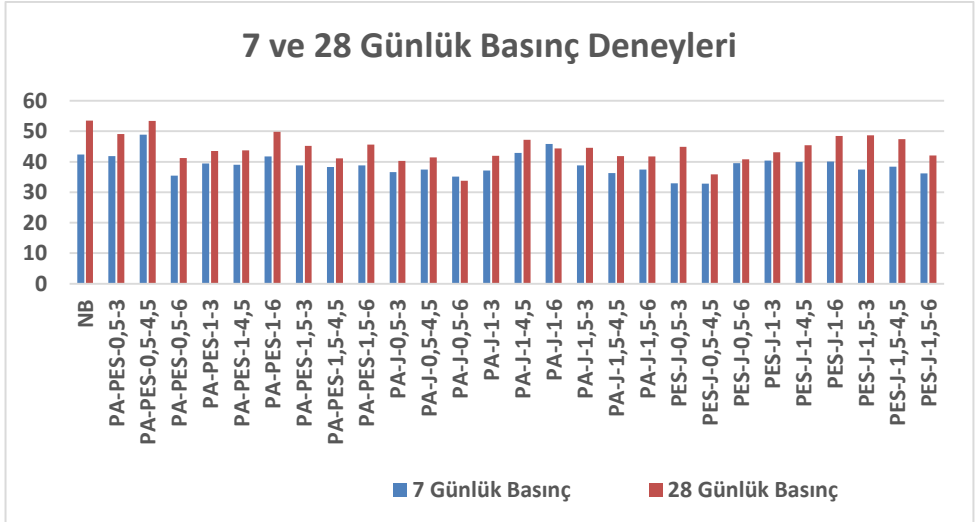
σ : Basınç dayanımı (MPa)

P : Kırılma yükü (N)

A : Numunenin yük doğrultusundaki kesit alanı (mm²)



Şekil 8. Beton tek eksenli basınç deneyi



Şekil 9. Lifli betonların 7. ve 28. günlük basınç dayanımları ölçüm sonuçları

3.5. Üç eksenli eğilme deneyi

Kiriş numuneler için 3 nokta eğme deneyi uygulanmıştır (Şekil 10). $10 \times 10 \times 40$ cm boyutundaki numunelerden 108 adeti tek noktadan basınca maruz bırakılmıştır ve eşitlik 3 yardımıyla eğilme dayanımları hesaplanmıştır. Eğilme deneyi TSE EN 12390-5 (2019)'e uygun olarak yapılmıştır. Lifli betonların 7. ve 28. günlük eğilme dayanımları ölçüm sonuçları Şekil 11'de verilmiştir.

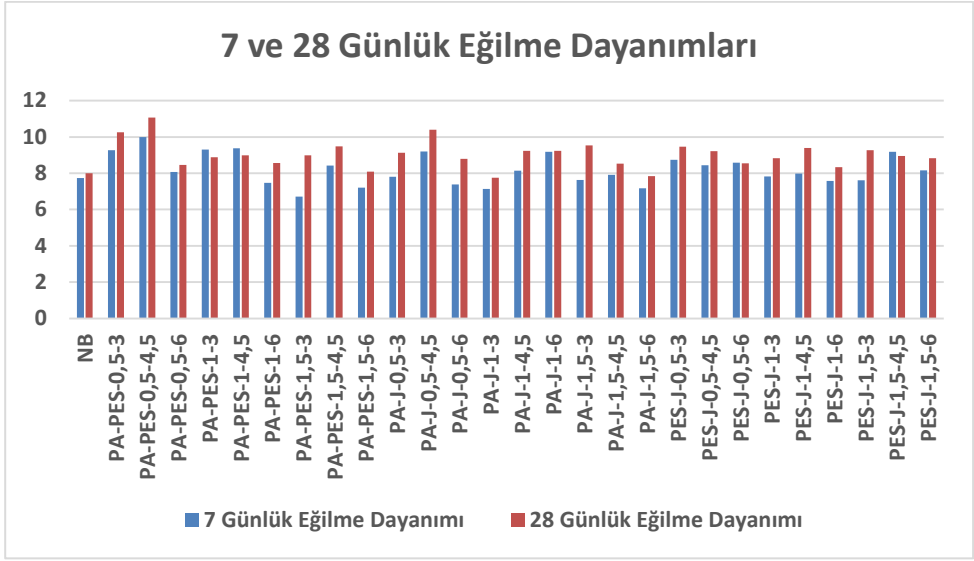
$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{\frac{P \times L}{4}}{\frac{b \times h^2}{6}}$$

(3)

σ : Eğilme dayanımı (kgf / cm^2),
M: Maksimum moment,
W: Mukavemet momenti,
P: Kırılma yükü (kgf),
b: Örnek genişliği,
h: Örnek yüksekliği,



Şekil 10. Üç Eksenli Eğilme Deneyi



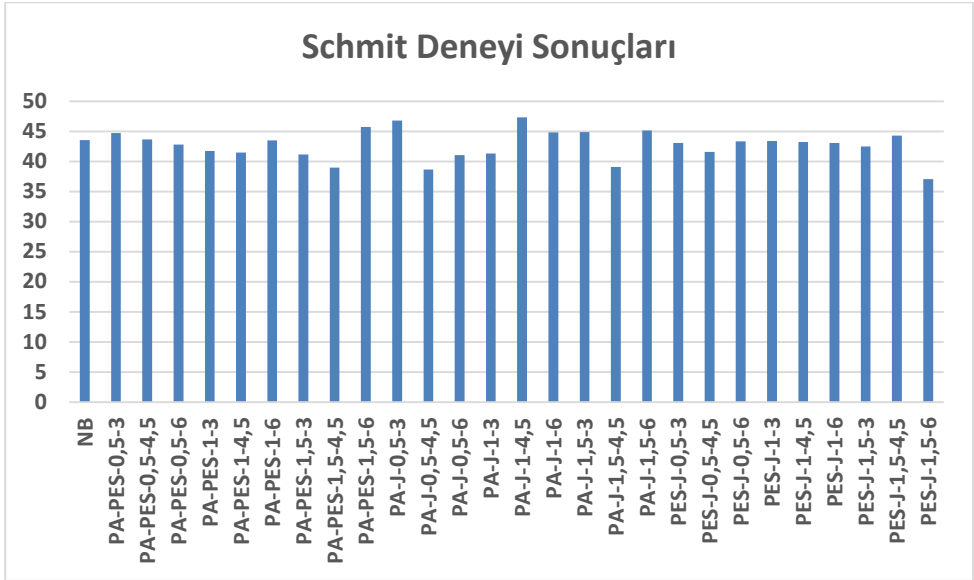
Şekil 11. Lifli betonların 7. ve 28. günlük eğilme dayanımları ölçüm sonuçları

3.6. Schimt sertlik çekici deneyi

Schmidt Sertlikler deneylerinde, deneye başlamadan önce Schmidt çekici kalibrasyon örsüyle kalibre edilmiştir. Deneylerde N tipi Schmidt çekici kullanılmıştır. Schmidt sertlik çekici deneyleri TS EN 12504-2 (2013) 'e uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Beton dayanım deneyleri 10 × 10 × 10 cm boyutlarındaki 28 günlük küre tabii tutulmuş lifli küp beton numunelerinden 54 adeti üzerinde yapılmıştır. Deney her bir beton serisinden 2 adet olmak üzere her numunede 3 farklı noktadan ölçüm alınarak yapılmıştır. Küp numunelerin üst yüzeyinden 90° açı ile (Şekil 12 den alınan 6 değerın aritmetik ortalaması alınarak o numunenin Schmidt çekici değeri belirlenmiştir). Bu değer dikkate alınarak çekiç üzerindeki abaktan o numunenin tek eksenli basınç dayanım değeri alınmıştır. Lifli betonların Schmidt Sertlik ölçüm sonuçları Şekil 13'te verilmiştir.



Şekil 12: Schmidt Sertlik deney aleti



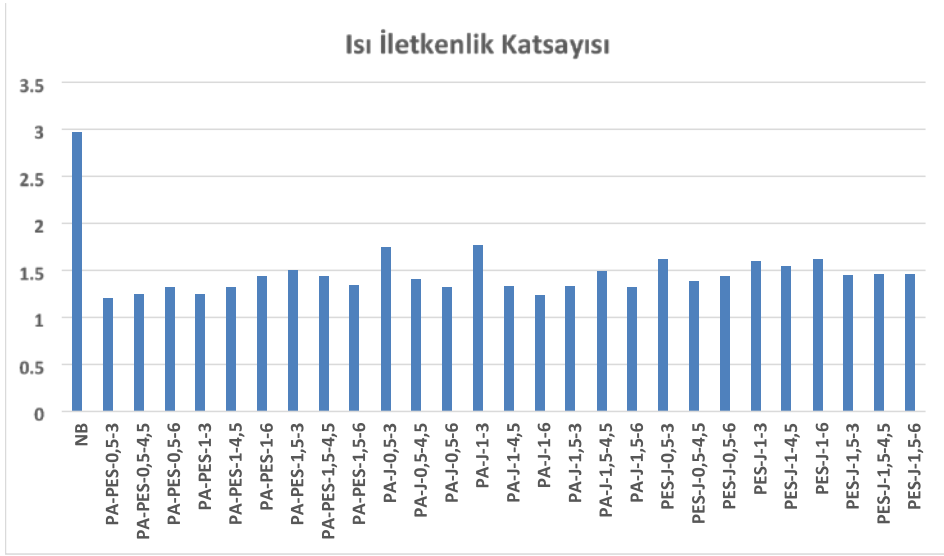
Şekil 13. Schmidt Sertlik deneyi sonuçları

3.7. Isıl iletkenlik katsayısı deneyi

Üretilmiş olan betonların ısı iletkenlik katsayısını saptamak üzere Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Laboratuvarı'nda yapılan deneyler için öncelikle 10 x 10 x 10 cm olan küp numuneler kesilerek 10 x 5 x 2 cm hale getirilmiştir. Her seriden birer adet lifli numune kesilerek 27 adet lifli numune ve şahit numuneler üzerinde deney yapılmıştır. Isıl iletkenlik deneyi için kesilen numune ve ısıl iletkenlik deney aleti Şekil 14'te verilmiştir. Bu deneyde QTM-500 cihazı kullanılmış olup deney cihazı ASTM 1113-90 standartına sahiptir. Homojen bir malzemenin ısı iletkenliği, dengeye ulaşmış şartlar altında, iki yüzey sıcaklığı arasındaki fark 1 °C olduğu zaman, birim zamanda, birim alan ve dik yöndeki birim kalınlıktan geçen ısı miktarıdır. Yapı ve çeşitli ısı yalıtım malzemesinin ısı iletkenliğinin ölçümü, kararlı durumda ve geçiş durumunda olmak üzere iki yöntemle yapılmaktadır. Alışılmış yöntem, kararlı durumda ısıtılmış plaka yöntemidir. Bu metodla ısıtılmış bir plakanın iki tarafına simetrik olarak yerleştirilen, levha biçiminde muayene örneğinin, ortalama ısı iletkenliği bulunur. Geçiş durumunda ölçüm yapan cihazlar, daha ufak boyutlardaki malzemenin ısı iletkenliğini daha kısa sürede saptayabilmektedir [17]. Lifli betonların ısıl iletkenlik katsayısı ölçüm sonuçları Şekil 15'te verilmiştir.



Şekil 14. Isıl iletkenlik deneyi için kesilen numune ve ısıl iletkenlik deney aleti



Şekil 15. Isıl iletkenlik katsayısı ölçüm sonuçları

4. Sonuçlar

Genel sonuç olarak lifli betonların kullanılması teknik olarak betonda sıkıntılı bir durum yol açmadığı gibi betona sayısız fayda sağlamaktadır. Akıcı kıvamlı betonlarda artan lif katkısı çökme miktarını azaltmıştır. Bu durum işlenebilirliğe olumsuz bir etki gibi görülsün bile taze betonun kohezyonu açısından önemli bir özelliktir. 28 günlük basınç dayanım sonuçlarında artan lif katkısı basınç dayanımında kayba sebep olmuş fakat bu kayıp standartların içerisinde kalmaktadır. Basınç dayanımında en iyi katkıyı jüt lifinin verdiği görülmektedir. 28 günlük eğilme dayanımı sonuçlarında artan lif katkısı eğilme dayanımında artışa sebep olmuştur. Tüm lifler olumlu sonuç vermiş olup lifler arasında belirgin bir fark olmadığı görülmektedir. Lif katkısı arttıkça su emme oranı, Schmidt sertlikleri ve ultrases hızlarında artış görülürken, ısı iletkenlik katsayısında yaklaşık yarı yarıya tüm liflerde azalmıştır. Lif oranının artması tüm liflerde ısı iletkenlik değerini azaltarak ısı yalıtımına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Lif boylarının artması poliamid ve poliester karışımlarda ısı iletkenlik değerini artırdığı, jüt lifinde ise düşürdüğü görülmektedir. Eğilme değerlerinde ise lif boyları 3 ve 4,5 cm de arttığı 6 cm de düştüğü görülmektedir. 4,5 cm den sonrasının kullanılmaması gerektiği görülmektedir. Lifli betonların kullanılması özellikle plastik rötre çatlaklarını iyileştirme sağlayabileceği ve hava alanı betonları, yol betonları gibi, yüzey alanı fazla olan betonlarda kullanılabileceği söylenebilir.

Teşekkürler

Beton dökümlerinde bize ev sahipliği yapan Oktaş Beton Santraline ve çalışanlarına teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

1. Karakule F, Akakin T. Hazır Beton Sektörünün Gelişimi ve Özel Beton Uygulamalarının Türkiye'deki Durumu. Yüksek Performanslı Betonlar: 6. Ulusal Beton Kongresi; 2005; İTÜ Süleyman Demirel Kültür Merkezi. İstanbul: Göksu Matbaa; 2005: 113-124.
2. Baradan B. Yapı malzemesi II DEÜ. İzmir(Türkiye): Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi; 2000.
3. Özel C. Katkılı betonların reolojik özelliklerinin taze beton deney yöntemlerine göre belirlenmesi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye, 2007.
4. Topçu İB. Beton teknolojisi. Eskişehir: Uğur Ofset AŞ; 2006.
5. Özturan T. Özel betonlar. Hazır Betonlar, 2013(Temmuz-Ağustos) ;(118): 70-83.
6. Yardımcı MY. Çelik lifli kendiliğinden yerleşen betonların reolojik, mekanik, kırılma parametrelerinin araştırılması ve optimum tasarımı, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye, 2007
7. Ünal O. Isıl işlem uygulamasının lifli beton özelliklerine etkisi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 1994
8. Shah SP, Shao Y, Marikunte S. Extruded - Fiber reinforced composites. American Concrete Institute, 1995;17(4):48-53
9. Binici H, Gemci R, Türközer CD, Akdoğan O, Koç G. Polyester liflerle güçlendirilmiş beton kırılgarlığının mekanik özellikleri. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2008;23(2): 25-33
10. Güler S, Yavuz D. Düşük hacimsel oranlarda lif katkılı betonların mekanik özelliklerinin incelenmesi. Beton 2017 Hazır Beton Kongresi, 2017;13-14 Nisan 2017; İstanbul Fuar Merkezi; 34:98-107
11. Sarıkaya H, Susurluk G. Effect of polypropylene fiber addition on thermal and mechanical properties of concrete. Research on Engineering Structures & Materials, 2019; 5(1):1-12.
12. Açıkgenç M, Arazsu U, Alyamaç KE. Farklı karışım oranlarına sahip polipropilen lifli betonların dayanım ve durabilite özellikleri. SDU International Technologic Science, 2012;4 (3): 41-54
13. Çimsa Çimento. Cem I 42,5 R Çimentosunun kimyasal fiziksel ve mekanik özellikleri. Afyon Çimento Fabrikası. Afyon. 2019
14. Yapıchem. Yapı kimyasalları kataloğu. İstanbul. 2018
15. Morton WE, Hearte JWS. Physical properties of textile fibers. Fourt Edition. Cambridge(England): Woodhead Publishing Limited; 2008
16. Ramesh M, Palanikumar K, Reddy KH. Comparative evaluation on properties of hybrid glass fiber - sisal/ jute reinforced epoxy composites. Procide Engineering, 2013;51:745-750 .
17. Sarıkaya H. Bor katkılı özellikli beton üretimi, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye, 2014.



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa
Bilimleri Dergisi**
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.891331>



Araştırma Makalesi

On Combining with Fourier Transform and Adomian Methods to solve the Riccati Equations

Murat Düz¹, Bayram Köse^{2}*

¹Mathematics Department, Karabuk University, Karabuk 78050 Turkey

²Electrical and Electronics Engineering, Bakırçay University, İzmir, 35665, Turkey

Geliş: 4 Mart 2021

Kabul: 7 Haziran 2021/ Received: 4 March 2021

Accepted: 7 June 2021

Abstract

In this paper, we apply the Fourier transform method with the Adomian decomposition method to solve Riccati equations. Proposed method is based on the Fourier transform and Adomian decomposition methods. The solutions obtained using FADMs are compared with the numerical solutions obtained using the Runge Kutta2 and Euler method.

Keywords: . Fourier transform method, Adomian decomposition method, numerical solution of ODE.

Özet

Bu makalede, Riccati denklemlerini çözmek için Fourier dönüşüm yöntemini ile Adomian ayrıştırma yöntemi uyguluyoruz. Önerilen yöntem, Fourier dönüşümü ve adomian ayrıştırma yöntemlerine dayanmaktadır. FADM'ler kullanılarak elde edilen çözümler, Runge Kutta2 ve Euler yöntemi kullanılarak elde edilen sayısal çözümlerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca çözümlerin hata grafikleri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fourier dönüşüm yöntemi, Adomian ayrıştırma yöntemi, Diferansiyel deklemin sayısal çözümü.

©2021 Usak University all rights reserved.

1. Introduction

Nonlinear differential equations have had a considerable sum of interest due to its wide applications. Nonlinear ordinary differential equations play an important role in many branches as applied and pure mathematics and their applications in applied science, applied mechanics, quantum physics, analytical chemistry, astronomy and biology. There are many analytical and numerical methods developed for the solution of nonlinear differential equations. Some of these methods are Runge Kutta Method, Euler Method, Adomian Method, Homotopy Perturbation Method, Variational Iteration Method, Tanh Method, Kudryashov Method, etc.

*Corresponding author:

E-mail: bayram.kose@bakircay.edu.tr

ORCID ID: 0000-0003-0256-5921

©2021 Usak University all rights reserved.

The Riccati differential equation is a well-known nonlinear differential equation and has different applications in engineering and science domains, such as robust stabilization, stochastic realization theory, network synthesis, optimal control and in financial mathematics[1]. For example, a one-dimensional static Schrödinger equation [2] is closely related to the Riccati differential equation. The Riccati differential equation is named after the Italian mathematician Francesco Riccati (1676–1754) [3]. The applications of this equation may be found not only in random processes, optimal control, and diffusion problems, but also in stochastic realization theory, optimal control, network synthesis and financial mathematics. Papers associated with Riccati equation has been seen in [1-7].

In this study, Riccati equation has been solved by combining Fourier transform and Adomian method (FADM). We compared the solutions obtained using FADM with the numerical solutions obtained using the Rung Kutta2 and Euler method. We have organized this paper as follows: In Section 2, we have given Fourier transform, Adomian decomposition method, FADM, Euler method, Runge Kutta2(RK2) method. In Section 3, we have given some examples Riccati differential equations. We solved these samples with FADM and compared them with numerical methods. Finally, a conclusion is presented.

2. Basic Definitions and Theorems

2.1. Fourier Transform

One of solution methods of linear differential equations is integral transforms. The best two known integral transforms are the Laplace transform and Fourier transform. The Fourier Transform, one of the gifts of Jean-Baptiste Joseph Fourier to the world of science, is an integral transform used in many areas of engineering such as it has been very useful for analyzing harmonic signals or signals for which there is known need for local information. Then the Fourier transform analysis has also been very useful in many other areas such as quantum mechanics, wave motion, turbulence [9,10,11]. Furthermore, it has been useful in mathematics. For example, generalized integrals, integral equations, linear differential equations can be solved by using the Fourier transform. Another example of its applications could be that. Voice of every human can be expressed as the sum of sine and cosine. Since the electro-magnetic spectrum of the frequency of each voice is different, the frequency of each sine and cosine sum will be different. In this way, a voice record can be found belongs to whom using the Fourier transform. In fact, our ear automatically runs this process instead of us. But The Fourier transforms can not been used for nonlinear equations. Nonlinear equations was solved using together with Elzaki transform and Differential transform method, Elzaki transform and Homotopy Perturbation , Laplace Transform and Adomian Decomposition Method in [12,13,14].

Definition 2.1. Fourier transform of function $f(t)$ is defined as

$$\mathcal{F}[f(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(t). e^{-iwt} dt \quad (1)$$

Since integral (2) is a function of w ,

$$\mathcal{F}[f(t)] = F(w)$$

can be written.

Definition 2.2. If $\mathcal{F}[f(t)] = F(w)$, then $f(t)$ is called inverse Fourier transform of $F(w)$; where

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(w) \cdot e^{iwt} dt \quad (2)$$

and it is showed by $f(t) = \mathcal{F}^{-1}[F(w)]$

Theorem 2.1. [10] The Fourier Transform is linear. Let $c_1, c_2 \in R$. Then

$$\mathcal{F}[c_1 \cdot f_1(t) + c_2 \cdot f_2(t)] = c_1 \cdot \mathcal{F}[f_1(t)] + c_2 \mathcal{F}[f_2(t)] \quad (3)$$

Theorem 2.2. [9] Let $f(t)$ be continuous or partly continuous in the interval $(-\infty, \infty)$

and $f(t), f'(t), f''(t), \dots, f^{(n-1)}(t) \rightarrow 0$ for $|t| \rightarrow \infty$. If $f(t), f'(t), f''(t), \dots, f^{(n-1)}(t)$ are absolutely integrable in then terval $(-\infty, \infty)$, then

$$\mathcal{F}[f^{(n)}(t)] = (iw)^n \mathcal{F}[f(t)] \quad (4)$$

Definition 2.3. The Dirac delta function can be rigorously thought of as a function on real line which is zero everywhere except at the origin, where it is infinite,

$$\delta(t) = \begin{cases} 0, & t \neq 0 \\ \infty, & t = 0 \end{cases}$$

The Dirac delta function has properties, that

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot \delta(t - t_0) dt = f(t_0) \quad (5)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot \delta^{(n)}(t - t_0) dt = (-1)^n \cdot f^{(n)}(t_0) \quad (6)$$

$$t \cdot \delta'(t) = -\delta(t) \quad (7)$$

$$(w - w_0)^n \cdot \delta^{(n)}(w - w_0) = (-1)^n \cdot n! \cdot \delta(w - w_0) \quad (8)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\delta(w-w_0)f(w)}{(w-w_0)^n} dw = \frac{1}{n!} \frac{d^n f(w)}{dw^n} (w = w_0) \quad (9)$$

Where $\delta(w - w_0)$ is defined as following

$$\delta(w - w_0) = \begin{cases} 0, & w \neq w_0 \\ \infty, & w = w_0 \end{cases}$$

Theorem2.3. [9] The Fourier transform of the Dirac Delta function is 1.

That is $\mathcal{F}[\delta(t)] = 1$.

Theorem2.4. [10] Fourier transforms of some functions are following

i) $\mathcal{F}[1] = 2\pi. \delta(w)$

ii) $\mathcal{F}[t^n] = 2\pi. i^n. \delta^{(n)}(w)$

iii) $\mathcal{F}[t^n. f(t)] = i^n \frac{d^n \mathcal{F}[f(t)]}{dw^n}$

iv) $\mathcal{F}[e^{iw_0t}] = 2\pi\delta(w - w_0)$

v) If $\mathcal{F}[f(t)] = F(w)$, then $\mathcal{F}[e^{iw_0t}. f(t)] = F(w - w_0)$

vi) $\mathcal{F}[e^{at}] = 2\pi\delta(w + ia)$

vii) If $\mathcal{F}[f(t)] = F(w)$, then $\mathcal{F}[e^{at}. f(t)] = F(w + ia)$

2.2. Adomian Decomposition Method

The Adomian Decomposition Method (ADM) is a method which is used in several areas of mathematics. Recently a great deal of interest has been focused on the application of Adomian's decomposition method to solve a wide variety of linear and nonlinear problems. This method has been introduced by Adomian and it can be used in the linear and nonlinear differential equations, in the differential equations systems, in the integral equations, in the difference equations, in the differential-difference equations, and in the algebraic equations. This method generates a solution in the form of a series whose terms are determined by a recursive relationship using the Adomian polynomials.

If the nonlinear term is $f(u)$ in the equation, Adomian polynomials are as follows.

$$A_0 = f(u_0)$$

$$A_1 = u_1 \frac{df(u_0)}{du_0}$$

$$A_2 = u_2 \frac{df(u_0)}{du_0} + \frac{u_1^2}{2!} \frac{d^2f(u_0)}{du_0^2}$$

$$A_3 = u_3 \frac{df(u_0)}{du_0} + u_1 u_2 \frac{d^2f(u_0)}{du_0^2} + \frac{u_1^3}{3!} \frac{d^3f(u_0)}{du_0^3}$$

⋮

As you can see, A_0 is only depends on u_0 , A_1 is depends on u_0 and u_1 , A_2 is depends on u_0 , u_1 and u_2 , A_n is depends on $u_0, u_1, u_2, \dots u_n$.

2.3. Application to Riccati Equation of Fourier Transform and Adomain Method

Let consider following general Riccati equation.

$$y' + P(x)y + Q(x)y^2 = R(x), y(0) = c$$

We let use Fourier transform for above Riccati equation. Thus we get that:

$$\mathcal{F}(y') + \mathcal{F}(P(x)y) + \mathcal{F}(Q(x)y^2) = \mathcal{F}(R(x))$$

$$iwY = \mathcal{F}(R(x)) - \mathcal{F}(P(x)y) - \mathcal{F}(Q(x)y^2)$$

$$Y = \frac{\mathcal{F}(R(x)) - \mathcal{F}(P(x)y) - \mathcal{F}(Q(x)y^2)}{iw}$$

Now, we let use inverse Fourier transform.

$$\mathcal{F}^{-1}(Y) = \mathcal{F}^{-1}\left(\frac{\mathcal{F}(R(x)) - \mathcal{F}(P(x)y) - \mathcal{F}(Q(x)y^2)}{iw}\right)$$

$$y_{n+1} = -\mathcal{F}^{-1}\left(\frac{\mathcal{F}(P(x)y_n) + \mathcal{F}(Q(x)A_n)}{iw}\right)$$

$$y_0 = c + \mathcal{F}^{-1}\left(\frac{\mathcal{F}(R(x))}{iw}\right), A_0 = y_0^2$$

$$y_1 = -\mathcal{F}^{-1}\left(\frac{\mathcal{F}(P(x)y_0) + \mathcal{F}(Q(x)A_0)}{iw}\right)$$

$$A_1 = 2y_0 \cdot y_1$$

$$y_2 = -\mathcal{F}^{-1}\left(\frac{\mathcal{F}(P(x)y_1) + \mathcal{F}(Q(x)A_1)}{iw}\right)$$

$$A_2 = 2y_0 \cdot y_2 + y_1^2$$

$$y_3 = -\mathcal{F}^{-1}\left(\frac{\mathcal{F}(P(x)y_2) + \mathcal{F}(Q(x)A_2)}{iw}\right)$$

$$A_3 = 2y_3 \cdot y_0 + 2y_1 \cdot y_2$$

$$y_4 = -\mathcal{F}^{-1}\left(\frac{\mathcal{F}(P(x)y_3) + \mathcal{F}(Q(x)A_3)}{iw}\right)$$

$$A_4 = 2y_4 \cdot y_0 + y_2^2 + 2y_1 y_3$$

⋮

$$y \cong \sum_{k=0}^n y_k \cdot$$

2.4. Euler Method

In sometimes, Euler method is numerical methods which is used to solving differential equations. The differential equations from first order with initial value problem is defined as following;

$$\frac{dy}{dx} = f(x, y), y(x_0) = y_0 \quad (10)$$

The Euler method which is the first order Runge Kutta method is given as follow. To find the desired solution we chop the interval into small subdivisions of length h . Using initial condition solution is generated by using following the iterative relation.

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= x_n + h \\ y_{n+1} &= y_n + hf(x_n, y_n) \end{aligned} \quad (11)$$

The iterative process is terminated that is reached the end of the interval

2.5. Runge Kutta-2 Method

Runge Kutta methods are a numerical method used in approximate solution of nonlinear differential equations. In this study, Runge Kutta 2 method has been used to compare with the FADM. Runge-Kutta method of order second is given the following formulas[16].

$$\begin{aligned} k_1 &= f(x_n, y_n) \\ k_2 &= f(x_n + h, y_n + k_1) \\ y_{n+1} &= y_n + \frac{h}{2}(k_1 + k_2) \end{aligned} \quad (12)$$

3. Related Examples

In this subsection, some examples which are examined in the [1,2,4,7,8] are solved by proposed method in section 3.

Example 3.1. [4]. Consider the following Riccati equation:
 $y' + y^2 = 1 + x^2$ subject to initial condition $y(0) = 1$.

Solution: The exact solution of the above equation with initial condition is

$$y = x + \frac{e^{-x^2}}{1 + \int_0^x e^{-t^2} dt} \tag{13}$$

When we solve this differential equation by FADM method, the equation x is given below.

$$P(x) = 0, Q(x) = 1, R(x) = 1 + x^2$$

$$y_0 = 1 + \mathcal{F}^{-1} \left(\frac{\mathcal{F}(1+x^2)}{iw} \right) = 1 + \mathcal{F}^{-1} \left(\frac{2\pi\delta - 2\pi\delta''}{iw} \right) = 1 + x + \frac{x^3}{3}$$

$$y_1 = -\mathcal{F}^{-1} \left(\frac{\mathcal{F}(y_0^2)}{iw} \right) = -\mathcal{F}^{-1} \left(\frac{\mathcal{F} \left(1+x^2 + \frac{x^6}{9} + 2x + \frac{2x^3}{3} + \frac{2x^4}{3} \right)}{iw} \right)$$

$$y_1 = -2\pi\mathcal{F}^{-1} \left(\frac{\delta - \delta'' - \frac{\delta^{(6)}}{9} + 2i\delta' - \frac{2i}{3}\delta''' + \frac{2}{3}\delta^{(4)}}{iw} \right)$$

$$y_1 = -x - x^2 - \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{6} - \frac{2x^5}{15} - \frac{x^7}{63}$$

$$y_2 = -\mathcal{F}^{-1} \left(\frac{2\mathcal{F} \left(\left(1+x + \frac{x^3}{3} \right) \left(-x - x^2 - \frac{x^3}{3} - \frac{x^4}{6} - \frac{2x^5}{15} - \frac{x^7}{63} \right) \right)}{iw} \right)$$

$$y_2 = -2\mathcal{F}^{-1} \left(\frac{\mathcal{F} \left(x + 2x^2 + \frac{4x^3}{3} + \frac{5x^4}{6} + \frac{19x^5}{30} + \frac{11x^6}{45} + \frac{x^7}{14} + \frac{19x^8}{315} + \frac{x^{10}}{189} \right)}{iw} \right)$$

$$y_2 = -4\pi\mathcal{F}^{-1} \left(\frac{i\delta + 2\delta'' - \frac{4i}{3}\delta''' + \frac{5}{6}\delta^{(4)} + \frac{19i}{30}\delta^{(5)} - \frac{11}{45}\delta^{(6)} - \frac{i}{14}\delta^{(7)} + \frac{19}{315}\delta^{(8)} - \frac{\delta^{(10)}}{189}}{iw} \right)$$

$$y_2 = x^2 + \frac{4x^3}{3} + \frac{2x^4}{3} + \frac{x^5}{3} + \frac{19x^6}{60} + \frac{22x^7}{315} + \frac{x^8}{56} + \frac{38x^9}{2835} + \frac{2x^{11}}{2079}$$

$$g_2 = 1 - x^2 - \frac{x^4}{6} - \frac{2x^5}{15} - \frac{x^7}{63}$$

$$g_3 = 1 + \frac{4}{3}x^3 + \frac{x^4}{2} + \frac{x^5}{5} + \frac{19x^6}{60} + \frac{17x^7}{315} - \frac{x^8}{56} + \frac{38x^9}{2835} + \frac{2x^{11}}{2079}$$

Table 1. The results of the exact solution and the approximation solutions (obtained by FADMs and the numerical methods)

xi	yi exact	yEuler	yRK2	g2apr	g3apr
0	1.0000	1	1	1	1
0.1	1.0003	1	1.0005	0.99	1.0014
0.2	1.0024	1.001	1.002	0.9597	1.0116
0.3	1.0078	1.0098	1.0051	0.9083	1.0408
0.4	1.0177	1.0438	1.0053	0.8343	1.1016
0.5	1.0330	1.1349	9.66E-05	0.7353	1.2095
0.6	1.0545	1.3311	7.21E-05	0.6076	1.3845
0.7	1.0827	1.6949	-3.2E-05	0.4463	1.6522
0.8	1.1181	2.2916	-2.9567	0.2447	2.0462
0.9	1.1607	3.1625	-2.217	-0.0057	2.6101
1	1.446	4.2874	-10.2583	-0.3159	3.4005

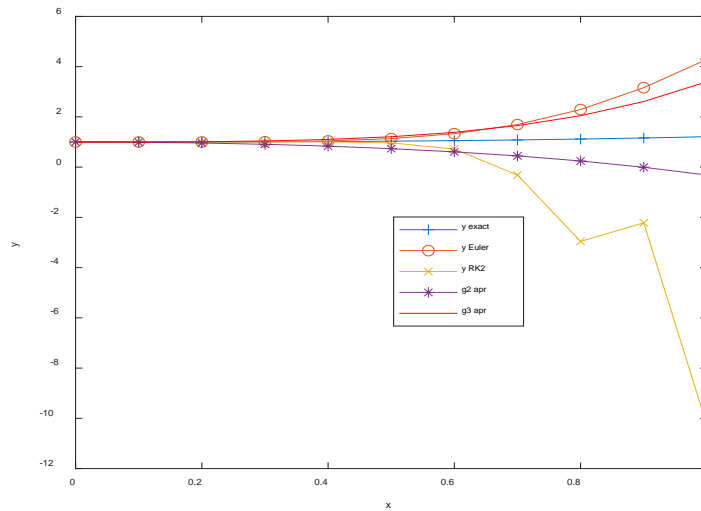


Figure 1. The graphics of exact solution and the approximation solutions

Table 2. The errors of the approximation solutions

ξ_i	Er_Euler	Er_RK2	Er_g2apr	Er_g3apr
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.1000	0.0003	0.0002	0.0103	0.0011
0.2000	0.0014	0.0004	0.0427	0.0091
0.3000	0.0020	0.0027	0.0995	0.0330
0.4000	0.0262	0.0123	0.1833	0.0839
0.5000	0.1019	0.0666	0.2977	0.1765
0.6000	0.2766	0.3331	0.4469	0.3300
0.7000	0.6122	1.3990	0.6365	0.5695
0.8000	1.1735	4.0748	0.8734	0.9281
0.9000	2.0018	3.3777	1.1664	1.4493
1.0000	3.0768	1.1469	1.5265	2.1899

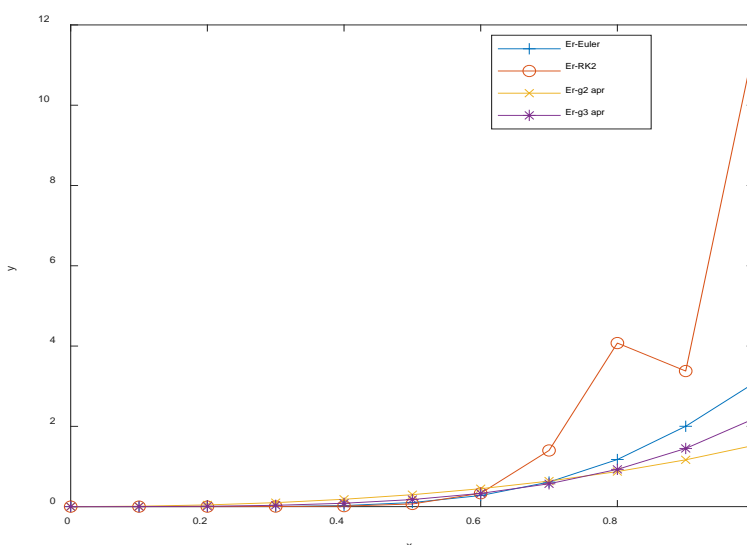


Figure 2. The graphics of errors of the approximation solutions

Example 3.2.. [1,4,7] Consider the following example
 $y' = 1 - y^2, y(0) = 0.$

Solution: Coefficients of the equation are $P(x) = 0, Q(x) = 1, R(x) = 1.$
 We let's study to find terms of solution series.

$$y_0 = \mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F}(1)}{iw} \right] = x$$

$$y_1 = -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F}(x^2)}{iw} \right] = -\frac{x^3}{3}$$

$$y_2 = -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F}\left(\frac{-2x^4}{3}\right)}{iw} \right] = \frac{2x^5}{15}$$

$$y_3 = -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F} \left(\frac{17x^6}{45} \right)}{iw} \right] = -\frac{17x^7}{315}$$

$$y_4 = -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F} \left(\frac{-22x^8}{105} \right)}{iw} \right] = \frac{62x^9}{2835}$$

$$y_5 = -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F} \left(\frac{1382}{14175} x^{10} \right)}{iw} \right] = -\frac{1382x^{11}}{155925}$$

⋮

$$y \cong g_k = \sum_{i=0}^{k-1} y_i$$

These components give the first four components of exact solution of the equation.

$$g_2 = x - \frac{x^3}{3} + \frac{2}{15}x^5$$

$$g_3 = x - \frac{x^3}{3} + \frac{2}{15}x^5 - \frac{17}{315}x^7$$

$$g_4 = x - \frac{x^3}{3} + \frac{2}{15}x^5 - \frac{17}{315}x^7 + \frac{62}{2835}x^9$$

$$g_5 = x - \frac{x^3}{3} + \frac{2}{15}x^5 - \frac{17}{315}x^7 + \frac{62}{2835}x^9 - \frac{1382}{155925}x^{11}$$

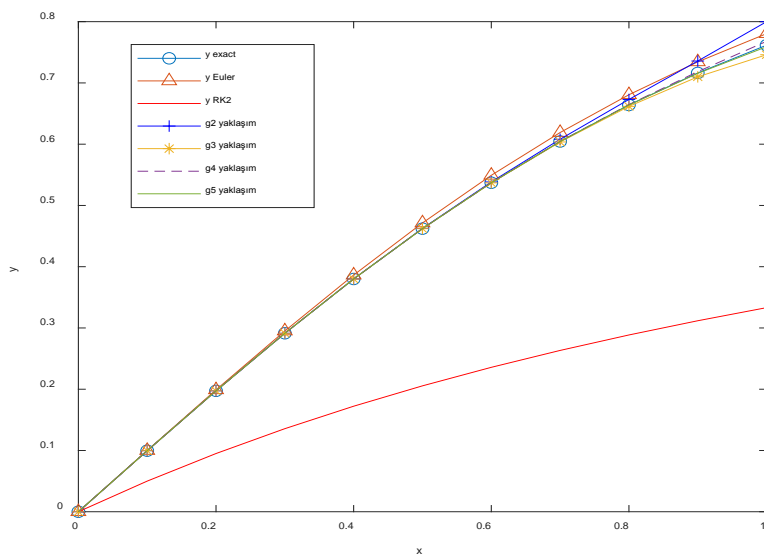


Figure 3. The graphics of exact solution and the approximation solutions

Table 3 The results of the exact solution and the approximation solutions (obtained by FADMs and the numerical methods)

xi	f(xi)	yEuler	yRK2	g2(xi)	g3(xi)	g4(xi)	g5(xi)
0.0000	0	0	0	0	0	0	0
0.1000	0.0997	0.1	0.05	0.0997	0.0997	0.0997	0.0997
0.2000	0.1974	0.199	0.095	0.1974	0.1974	0.1974	0.1974
0.3000	0.2913	0.295	0.1356	0.2913	0.2913	0.2913	0.2913
0.4000	0.3799	0.3863	0.1723	0.38	0.3799	0.3799	0.3799
0.5000	0.4621	0.4714	0.2055	0.4625	0.4621	0.4621	0.4621
0.6000	0.537	0.5492	0.2357	0.5384	0.5369	0.5371	0.537
0.7000	0.6044	0.619	0.2633	0.6081	0.6036	0.6045	0.6043
0.8000	0.664	0.6807	0.2886	1	0.6617	0.6646	0.6639
0.9000	0.7163	0.7344	0.3118	0.7357	0.7099	0.7184	0.7156
1.0000	0.7616	0.7804	0.3332	0.8	0.746	0.7679	0.759

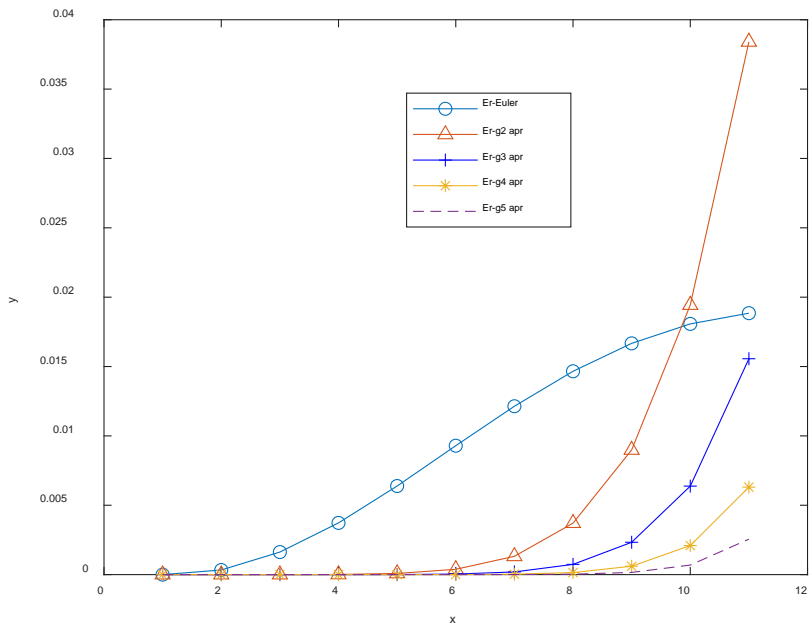


Figure 4. The graphics of errors of the approximation solutions

Table 4. The errors of the approximation solutions

xi	Er_Euler	Er_RK2	Er_g2(xi)	g3(xi)	g4(xi)	Er_g5(xi)
0.0000	0	0	0	0	0	0
0.1000	0.0003	0.0497	0	0	0	0
0.2000	0.0016	0.1024	0	0	0	0
0.3000	0.0037	0.1557	0	0	0	0
0.4000	0.0064	0.2077	0.0001	0	0	0
0.5000	0.0093	0.2566	0.0004	0	0	0
0.6000	0.0121	0.3013	0.0013	0.0002	0	0
0.7000	0.0147	0.3411	0.0037	0.0007	0.0001	0
0.8000	0.0167	0.3755	0.009	0.0023	0.0006	0.0002
0.9000	0.0181	0.4045	0.0194	0.0064	0.0021	0.0007
1.0000	0.0188	0.4284	0.0384	0.0156	0.0063	0.0026

Example 3.3: [2,7] Consider the following example $y' = 1 + 2y - y^2$, $y(0) = 0$.

Solution: Coefficients of the equation are $P(x) = -2$, $Q(x) = 1$, $R(x) = 1$. We let's study to find terms of solution series.

$$y_0 = \mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F}(1)}{iw} \right] = x$$

$$\begin{aligned} y_1 &= -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F}(-2x) + \mathcal{F}(x^2)}{iw} \right] = -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{-4\pi i \delta' - 2\pi \delta''}{iw} \right] \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{2\delta' e^{iwx}}{w} dw + \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\delta'' e^{iwx}}{iw} dw = 2 \int_{-\infty}^{\infty} -\frac{\delta e^{iwx}}{w^2} dw + 2 \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\delta e^{iwx}}{iw^3} dw \\ &= x^2 - \frac{x^3}{3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_2 &= -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F}(-2x^2 + \frac{2x^3}{3}) + \mathcal{F}(2x^3 - \frac{2x^4}{3})}{iw} \right] \\ &= -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{4\pi \delta'' - \frac{16}{3}\pi i \delta''' - \frac{4\pi}{3}\delta^{(iv)}}{iw} \right] = \frac{2x^3}{3} - \frac{2x^4}{3} + \frac{2x^5}{15} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_3 &= -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F}(-\frac{4x^3}{3} + \frac{4x^4}{3} + \frac{4x^5}{15}) + \mathcal{F}(\frac{7x^4}{3} - 2x^5 + \frac{17x^6}{45})}{iw} \right] \\ &= -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F}(-\frac{4x^3}{3} + \frac{11x^4}{3} + \frac{34x^5}{15} + \frac{17x^6}{45})}{iw} \right] \\ &= -\frac{x^4}{3} + \frac{11x^5}{15} - \frac{17x^6}{45} + \frac{17x^7}{270} \end{aligned}$$

∴

$$y \cong y_0 + y_1 + y_2 + y_3$$

$$\cong x + x^2 + \frac{x^3}{3} - x^4 + \frac{13x^5}{15} - \frac{17x^6}{45} + \frac{17x^7}{270}.$$

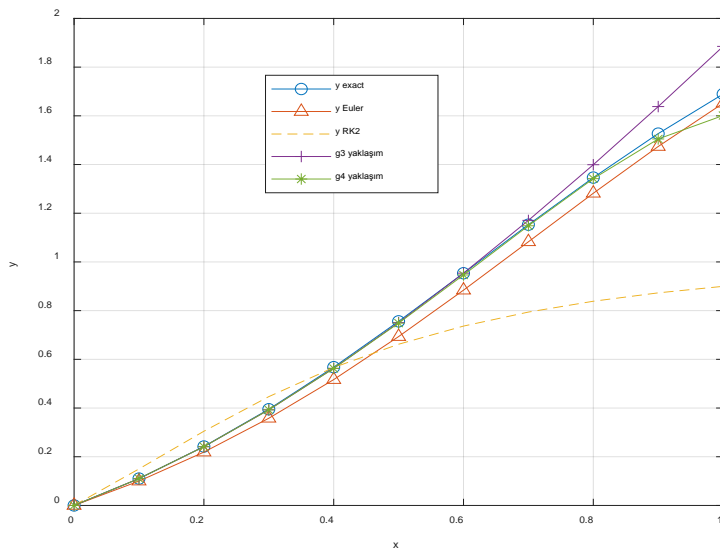


Figure 5. The graphics of exact solution and the approximation solutions

Table 5. The results of the exact solution and the approximation solutions which is obtained by FADMs and the numerical methods

xi	Exact Soln	yEuler	yRK2	g3(xi)	g4(xi)
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.1000	0.1103	0.1000	0.1500	0.1102	0.1102
0.2000	0.2420	0.2190	0.3047	0.2413	0.2413
0.3000	0.3951	0.3580	0.4468	0.3927	0.3927
0.4000	0.5678	0.5168	0.5665	0.5632	0.5627
0.5000	0.7560	0.6934	0.6620	0.7508	0.7487
0.6000	0.9536	0.8840	0.7365	0.9539	0.9464
0.7000	1.1529	1.0827	0.7941	1.1706	1.1485
0.8000	1.3464	1.2820	0.8386	1.3992	1.3420
0.9000	1.5269	1.4741	0.8730	1.6380	1.5050
1.0000	1.6895	1.6516	0.8998	1.8852	1.6013

Table 6. The errors of the approximation solutions

xi	Er_Euler	Er_RK2	Er_g3	Er_g4
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.1000	0.0103	0.0397	0.0001	0.0001
0.2000	0.0230	0.0628	0.0007	0.0007
0.3000	0.0371	0.0517	0.0024	0.0025
0.4000	0.0510	0.0014	0.0046	0.0052
0.5000	0.0626	0.0940	0.0052	0.0073
0.6000	0.0695	0.2170	0.0004	0.0071
0.7000	0.0703	0.3588	0.0177	0.0044
0.8000	0.0644	0.5078	0.0529	0.0043
0.9000	0.0529	0.6539	0.1111	0.0219
1.0000	0.0379	0.7897	0.1957	0.0882

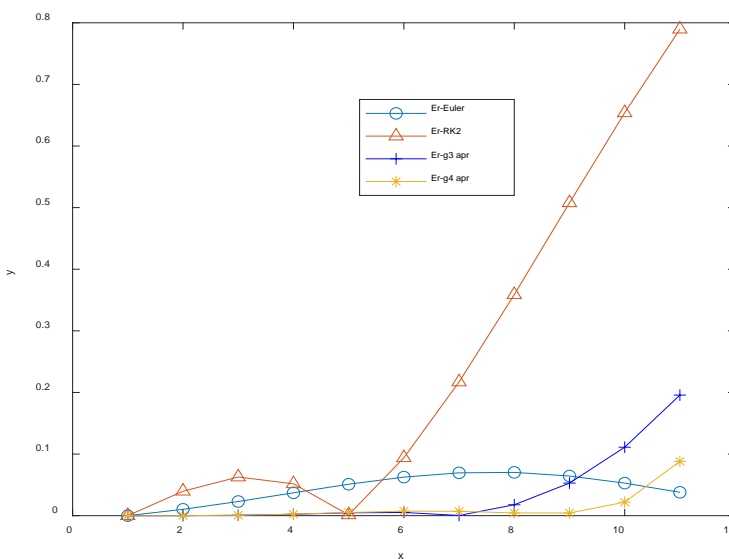


Figure 6. The graphics of errors of the approximation solutions

Example 3.4. [8] We let find solution of following Riccati equation which has variable coefficients

$$y' = 3 + 3x^2y - xy^2$$

with intial condition

$$y(0) = 1.$$

Solution: The exact solution of the above equation with initial condition is

$$y = 3x + \frac{e^{-x^3}}{1 + \int_0^x te^{-t^3} dt} \quad (14)$$

Coefficients of the equation are $P(x) = -3x^2$, $Q(x) = x$, $R(x) = 3$.

We let's study to find terms of solution series.

$$y_0 = 1 + \mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F}(3)}{iw} \right] = 1 + 3x$$

$$\begin{aligned} y_1 &= -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F}(3x^2+x)}{iw} \right] = -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{-6\pi\delta'' + 2\pi i\delta'}{iw} \right] \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{6.\delta e^{iwx}}{iw^3} dw + \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\delta e^{iwx}}{w^2} dw = \frac{6}{i} \frac{(ix)^3}{6} + \frac{(ix)^2}{2} = -x^3 - \frac{x^2}{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_2 &= -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F}(-3x^5 - \frac{7x^4}{2} - x^3)}{iw} \right] \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{-3.5!\delta}{w^6} - \frac{7i.4!\delta}{2w^5} + \frac{6.\delta}{w^4} \right) e^{iwx} dw \\ &= \frac{x^6}{2} + \frac{7}{10}x^5 + \frac{x^4}{4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_3 &= -\mathcal{F}^{-1} \left[\frac{\mathcal{F}\left(\frac{3x^5}{4} + \frac{63x^6}{20} + \frac{41}{10}x^7 + \frac{3x^8}{2}\right)}{iw} \right] \\ &= -\frac{x^6}{8} - \frac{63}{140}x^7 - \frac{41}{80}x^8 - \frac{x^9}{6} \end{aligned}$$

⋮

$$y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3 + \dots$$

$$= 1 + 3x - \frac{x^2}{2} - x^3 + \frac{x^4}{4} + \frac{7}{10}x^5 + \frac{3x^6}{8} - \frac{63}{140}x^7 - \frac{41}{80}x^8 - \frac{x^9}{6} + \dots$$

Solution which are obtained are compatible with in [8].

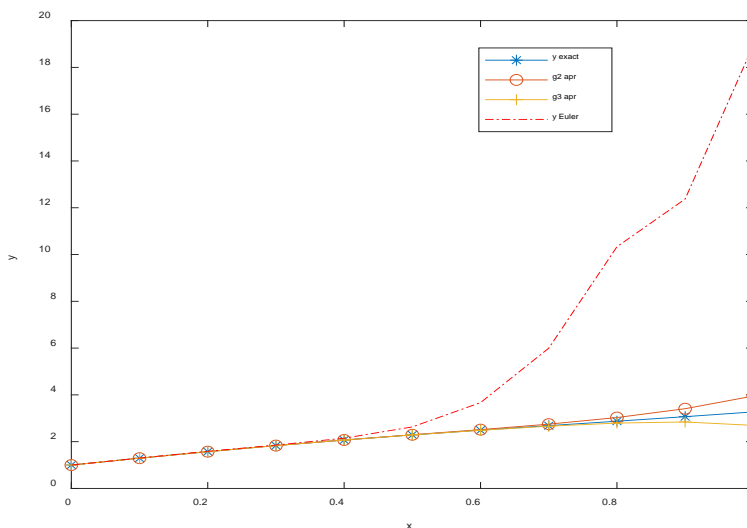


Figure 7. The graphics of exact solution and the approximation solutions

Table 7. The results of the exact solution and the approximation solutions (obtained by FADMs and the numerical methods)

xi	Exact Soln	g2 apr	g3 apr	yEuler	yRK2
0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0
0.1	1.2940	1.2940	1.2940	1.3000	0.2595
0.2	1.5726	1.5727	1.5726	1.5870	0.4728
0.3	1.8319	1.8321	1.8319	1.8543	0.6109
0.4	2.0701	2.0716	2.0700	2.1483	0.6570
0.5	2.2887	2.2953	2.2875	2.6312	0.4920
0.6	2.4914	2.5142	2.4854	3.6688	0.0886
0.7	2.6842	2.7485	2.6605	5.9960	1.5462
0.8	2.8742	3.0308	2.7954	10.3320	-123.36
0.9	3.0683	3.4091	2.8422	12.3727	-658056597.6
1.0	3.2725	3.9500	2.6958	18.9493	

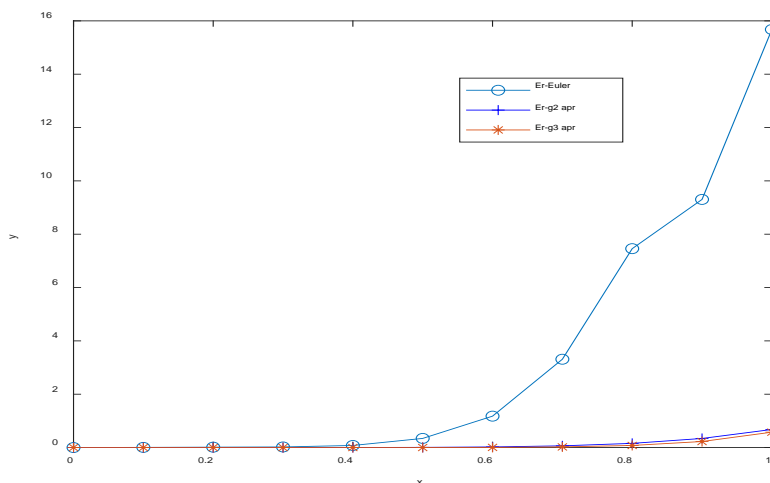


Figure 8. The graphics of errors of the approximation solutions

Table 8. The errors of the approximation solutions

xi	Er_Euler	Er-g2 apr	Er-g3 apr
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.1000	0.0060	0.0000	0.0000
0.2000	0.0144	0.0000	0.0000
0.3000	0.0224	0.0002	0.0000
0.4000	0.0781	0.0015	0.0002
0.5000	0.3426	0.0067	0.0011
0.6000	1.1774	0.0228	0.0059
0.7000	3.3118	0.0643	0.0237
0.8000	7.4578	0.1566	0.0789
0.9000	9.3043	0.3408	0.2261
1.0000	15.6768	0.6775	0.5767

4. Conclusion

In this study, the Riccati differential equation is solved by FADM, this solution is compared with Euler and Runge Kutta2 numerical methods and it is shown that the FADM solution is better. Approximate solutions obtained with the exact solution for a given range are compared and graphically illustrated. In order to better illustrate the performance of the methods, the absolute errors of the results are shown numerically and graphically.

The term number of the solution obtained by FADM approximates the exact solution either from below or from above, depending on whether it is odd or even. For example, in the second example we examine, while odd terms approach from above, even terms approach the real solution from below.

In the special Riccati equations solved, while RK2 method is expected to give better results than Euler method, Euler method gives better results in examples 1 and 4. In these two examples, it was seen that RK2 diverges from the exact solution in the selected solution range. Therefore, since the divergence in 4th sample is very large, RK2 is not given in the graph and table.

References

1. Changqing Y, Jianhua H, Beibo Q. Numerical solution of Riccati differential equations by using hybrid functions and tau method. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mathematical, Computational, Physical, Electrical and Computer Engineering*, 2012;6: 871-874
2. Gemechis F, Tesfaye A. Numerical solution of quadratic Riccati differential equations, *Egyptian journal of basic and applied sciences*, 2016;3: 392-397
3. Fateme G, Esmail K. Approximate solution for quadratic Riccati differential equation, *Journal of Taibah University for Science*, 2017;11: 246-250
4. Jafar B, Mohsen D. Numerical Solution of Riccati Equations by the Adomian and Asymptotic Decomposition Methods over Extended Domains. *International Journal of Differential Equations*, Article ID 580741, 2015; 7 pages
5. Magdy A, Ahmed A, Ahmed A. Solving Riccati differential equation using Adomians decomposition method. *Applied Mathematics and Computation*, 2004;157: 503-514
6. Gbadamosi B, Adebimpe O, Akinola EI, Olopade IA. Solving Riccati equation using Adomian decomposition method, *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 2012;78: 409-417
7. Batiha, B, Noorani MSM and Hashim I. Application of Variational Iteration Method to a General Riccati Equation. *International Mathematical Forum*, 2007;2: 2759-2770.
8. Mukherjee, S, Roy, B. Solution of Riccati Equation with Variable Co-efficient by Differential Transform Method, *International Journal of Nonlinear Science*, 2012;14(2): 251-256
9. Bracewell, RN. *The Fourier Transform and Its Applications* (3rd bas.), Boston: McGraw-Hill Book Company, 2000
10. Francis J. N, Albert B. *Afirst Course in Wavelets with Fourier Analysis*, Wiley Edition, 2001
11. Murray RS. *Fourier Analysis*, Schaum.s Outline Series, McGraw Hill, 1974
12. Tarig E. Solution of Nonlinear Differential Equations Using Mixture of Elzaki Transform and Differential Transform Method, *International Mathematical Forum*, 2012;7: 631-638
13. Tarig. M, Eman H. Homotopy Perturbation and Elzaki Transform for Solving Nonlinear Partial Differential Equations, *Mathematical Theory and Modeling*, 2012; 2.
14. Yusufoglu, E. Numerical Solution of duffing equation by the Laplace decomposition algorithm., *Applied Mathematics and Computation*, 2006;177(2): 572-580.
15. Chapra, Steven C., *Numerical methods for engineers / Steven C. Chapra, Raymond P. Canale.6th ed., McGraw-Hill, 2010*
16. Steven TK, *Numerical Analysis Using MATLAB and Excell*, Therd Edition Orchard Publications, Fremont, California, 2007



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa
Bilimleri Dergisi**
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.900973>



Araştırma makalesi

Bazı Çeltik Çeşitlerinde Toksik Düzeyde Demir İçerikli Tam Besin Çözeltisi Uygulamasının Taze Yapraklarda Peroksidaz ve Katalaz Aktiviteleri Üzerine Etkisi

*Ahmet Korkmaz, Güney Akınoğlu**

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ziraat Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

Geliş: 22 Mart 2021

Kabul: 4 Mayıs 2021 / Received: 22 March 2021

Accepted: 4 May 2021

Abstract

The aim of this study is to determine the effect of toxic level iron containing complete nutrient solution application on peroxidase and catalase activities in fresh leaves in some rice varieties. Iron in the form of iron sulphate is added to rice varieties grown in sand culture; Four different treatments were applied: I) 0, II) 45 µM Fe (sufficient Fe), III) 3.50 mM Fe (toxic Fe), IV) 3.50 mM Fe (toxic Fe + sand media with bentonite) as four different treatments. The rate of decrease in peroxidase activity of iron application at toxic level was calculated as-7.18 %, - 43.4 % and - 4.16 %, respectively, in Biga incisi, Osmancık-97 and Hamzadere rice varieties. Also, it was calculated as 33.6 % and 16.02 %, respectively in Ronaldo and Edirne rice varieties. According to these results, application of a nutrient solution containing toxic iron in Osmancık rice variety decreased the peroxidase enzyme activity in fresh leaves more than other varieties. While Hamzadere and Edirne rice varieties are found to be the highest peroxidase enzyme activity, Osmancık-97 and Ronaldo rice varieties have the lowest activity. The effect of Fe dose on catalase activity in fresh leaves was found to be statistically insignificant. Among the varieties grown at toxic iron level (3.50 mM Fe), the variety with the highest catalase enzyme activity value in fresh leaves is the Hamzadere variety, whereas the lowest variety is seen to be Edirne rice variety.

Keywords: *Rice variety, iron toxicity, peroxidase, catalase.*

Özet

Bu çalışmanın amacı, bazı çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda peroksidaz ve katalaz aktiviteleri üzerine etkisini belirlemektir. Kum kültüründe yetiştirilen çeltik çeşitlerine demir sülfat (FeSO₄·7H₂O) formunda; I) 0, II) 45 µM Fe (yeterli Fe), III) 3.50 mM Fe (toksik Fe), IV) 3.50 mM Fe (toksik Fe + bentonitli ortam) şeklinde olmak üzere dört farklı muamele uygulanmıştır. Toksik düzeyde demir uygulamasının peroksidaz aktivitesinde sağladığı azalmanın oranı, Biga incisi çeşidinde -% 7.18; Osmancık-97 çeşidinde -% 43.4; Hamzadere çeşidinde -% 4.16; Ronaldo çeşidinde -% 33.6; Edirne çeşidinde -% 16.02 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre Osmancık çeltik çeşidinde toksik düzeyde demir içeren besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta peroksidaz enzim aktivitesini diğer çeşitlere göre daha fazla azaltmıştır. Peroksidaz enzim aktivitesi en yüksek çeşitlerin Hamzadere ve Edirne çeltik çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşidin ise Osmancık-97 ve Ronaldo çeşitleri olduğu tespit edilmiştir. Fe dozunun taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler

*Corresponding author:

E-mail: guney_akinoglu@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-4624-2876

©2021 Usak University all rights reserved.

arasında taze yaprakta katalaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Hamzadere çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çeltik çeşidi, demir toksisitesi, peroksidaz, katalaz.

©2021 Usak University all rights reserved.

1. Giriş

Bitkilerin stres faktörlerine karşı olan toleransları farklıdır. Bunda bitkinin türü, stres faktörü, strese maruz kalma süresi ve strese maruz kalan doku veya organın yapısı etkilidir. Bitkilerin bu ağır metallere karşı hangi tepkiler verdiğini ve hangi savunma mekanizmaları geliştirdiğini belirlemek oldukça önemlidir [1].

Abiyotik stres şartları altında bitkilerde reaktif oksijen türleri (ROS) olarak adlandırılan oldukça toksik ve reaktif moleküller oluşmaktadır. Bu moleküller protein, lipid karbohidrat ve DNA'nın yapısını bozarak oksidatif stresin oluşmasına neden olmaktadır. Bu hasarın önlenmesine yönelik olarak bitkiler de antioksidant savunma sistemlerine sahiptir. Bu antioksidant sistemler enzimatik (süperoksit dismutaz, SOD; katalaz, CAT; askorbat peroksidaz, APX; glutatyon redüktaz, GR vb.) ve enzimatik olmayan (fenolik bileşikler, alkaloid, askorbik asit, glutatyon vb.) olmak üzere ikiye ayrılır [2].

Ağır metaller membran lipidlerinin de dahil olduğu biyomoleküllere hasar vererek oksidatif stresin oluşmasına neden olan hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumuna neden olmaktadır [3]. Biyotik ve abiyotik stres bitki hücrelerinde birçok karışık savunma mekanizmasını harekete geçirmektedir. Savunmada biyokimyasal mekanizmalarda birçok antioksidan molekül görev almaktadır. Bu moleküllerden biri de peroksidazdır. Peroksidazın H_2O_2 'in yıkılmasında görev aldığı tahmin edilmesi [4] bitki savunma enzimleri arasında hücre yapısını güçlendiren savunma bariyerlerinin oluşumuna katkıda bulunan enzimlerin aktivitelerinin tespit edilmesi önemlidir.

Becana ve ark. (1998) serbest Fe^{+2} iyonunun, bitki hücreleri içerisinde Fenton reaksiyonu yoluyla tekli oksijen, süperoksit radikalleri ($O_2^{\cdot-}$), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve hidroksil radikali ($OH\cdot$) dahil olmak üzere reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşumunu hızlandırdığını bildirmişlerdir [5]. ROS'un, toksik olup; lipidlere, proteinlere ve nükleik asitlere verilen zararla doğrudan ilişkili olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Tiryakioğlu ve ark. (2006) bitkilerin ROS'u uzaklaştırmak ve zararlı etkilerini azaltmak için birkaç koruyucu enzimatik ve enzimatik olmayan mekanizma geliştirdiğini rapor etmişlerdir [6]. CAT, peroksidazlar, askorbat peroksidaz, SOD ve glutatyon redüktaz gibi ROS temizleme enzimleri ile glutatyon, askorbat ve karotenoidler gibi birtakım antioksidanların bitkilerde ROS detoksifikasyonunu gerçekleştirdiği yine aynı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Farklı konsantrasyonlarda (100, 200 ve 300 μM) uygulanan ağır metaller (kadmiyum kurşun ve kadmiyum + kurşun) SOD ve katalaz enzim aktivitesinde azalışlara neden olmuştur. SOD enzim aktivitesi, ağır metallerin kombine etkisinin (kadmiyum + kurşun) tek tek ağır metal uygulamasına göre katalaz enzim aktivitesi üzerinde daha fazla etkili olduğu bulunmuştur [7].

Bu çalışmanın amacı, bazı çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yapraklarda peroksidaz ve katalaz aktiviteleri üzerine etkisini belirlemektir.

2. Materyal ve Yöntem

Kum kültüründe sera şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Bu çeşitler: Biga incisi, Osmançık-97, Hamzadere, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitleridir.

2.1. Deneme

Çeltik tohumları % 5.0'lık (v/v) sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde 15 dakika bekletilerek, tohumların sterilizasyonu sağlanmıştır. Daha sonra çeltik tohumları deiyonize su ile yıkanıp nemli bez torbalarda çimlendirildi. Çimlenen tohumlar, içerisinde perlit bulunan 40x25x5 cm boyutundaki beyaz plastik küvetlere aktarılarak 10 gün içinde çeltik fideleri haline gelmesi sağlandı. Çeltik fideleri 1 kg kuvars kumu dolu plastik saksılara (12x12 cm) her saksıda 10 bitki olacak şekilde dikilmiştir. Çeltik çeşitlerine demir sülfat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) formunda; I) 0, II) 45 μM Fe (yeterli Fe), III) 3.50 mM Fe (toksik Fe), IV) 3.50 mM Fe (toksik Fe+ bentonitli ortam) şeklinde olmak üzere dört farklı muamele uygulanmıştır. Denemede saksılardaki kum yüzeyinden itibaren 3 cm su katmanı olacak şekilde besin çözeltisi 5 farklı çeltik çeşidine eşit hacimlerde ilave edilmiştir. Bitki besin çözeltisinin pH'sı seyreltik HCl ya da KOH çözeltisi kullanılarak 5.5'e ayarlanmıştır. Deneme 50 gün sürmüştür. Denemede Zhang ve ark. (1998) tarafından bildirilen ve demir içermeyen aşağıdaki konsantrasyonlarda mutlak gerekli besin maddelerini içeren bitki besin çözeltisi kullanılmıştır [8].

500 μM NH_4NO_3 ; 60 μM $NH_4H_2PO_4$; 230 μM K_2SO_4 ; 210 μM $CaCl_2$; 160 μM $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; 2.5 μM $MnCl_2$; 0.75 μM $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$; 3.2 μM H_3BO_3 ; 0.1 μM $CuSO_4$; 2.0 μM $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$

2.2. Bitkinin taze yaprağında bazı enzim aktivitelerinin belirlenmesi

Taze yapraklarda peroksidaz (POD) ve katalaz (CAT) aktivitesini belirlemek amacıyla; demir noksanlığı, yeterli demir düzeyinde ve bentonitli ve bentonit ilavesiz toksik demir düzeylerinde yetiştirilen çeltik çeşitlerinden ayrı ayrı besin çözeltisi uygulamasından 3 gün sonra enzim analizleri için bitkilerden taze yaprak örnekleri alınmıştır. Hasat edilen çeltik bitkisi yaprakları sıvı azotla dondurularak, biyokimyasal analizlere kadar -86 °C'de saklanmıştır. Bazı enzim analizleri için bitki ekstraktının hazırlanmasında ise aşağıdaki proses gerçekleşmiştir:

POD ve CAT enzimlerinin ekstraksiyonu için yaklaşık 0.5 g taze yaprak örneği sıvı azot içerisinde porselen havan yardımıyla ezilip toz haline getirildikten sonra, % 1.0 (w/v) polivinil polipirrolidon (PVPP) ve 1.0 mM EDTA içeren 0.05 M sodyum fosfat tamponuyla (pH 7.8) içerisinde homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 20 dakika süresince 20.000 x g'de santrifüj edildikten sonra elde edilen süpernatantlar, enzim analizlerinde kullanılmıştır. Enzim aktivitelerinin belirleneceği örnekler, ölçüm yapıncaya kadar ± 4 °C sıcaklıkta tutulmuştur.

Taze yaprak örneklerinde Katalaz (CAT) aktivitesi, Dhindsa vd, (1981b); Peroksidaz (POD) aktivitesi, Wakamatsu vd, (1993) tarafından bildirilen metotlara göre yapılmıştır [9, 10].

Numune ölçümleri OMÜ Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü laboratuvarında Analytic Jena 40 model UV-Spektrofotometre cihazı kullanılarak yapılmıştır. Her aktivite tayininde ölçümler 3 kez tekrarlanmıştır.

2.3. İstatistiksel Analizler

Faktöriyel deneme deseni 5 x 4 olup, varyans analizi SPSS 17.0 paket programı ile yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toksik düzeyde demir içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinde taze yaprakta peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta peroksidaz aktivitesine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta peroksidaz aktivitesine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları								
Özellik	Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu x çeşit interaksyonu		Hata	
	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
Peroksidaz(POD)	3	0.239**	4	0.095**	12	0.024**	40	0.001

**p<0.01; *p<0.05 SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta peroksidaz aktivitesine etkisine ilişkin değerler Tablo 2’de verilmiştir.

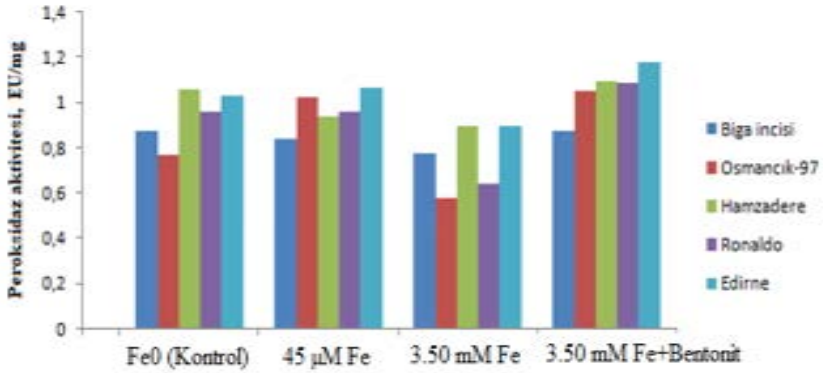
Tablo 2. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içeren tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta peroksidaz aktivitesine etkisi

Çeltik çeşidi	Peroksidaz Spesifik aktivite (EU / mg)				Ortalama
	Fe 0 (Kontrol)	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	0.873gh	0.836h	0.776i	0.877gh	0.83D
Osmancık-97	0.768i	1.021d	0.578k	1.054bcd	0.85D
Hamzadere	1.058bcd	0.937ef	0.898fg	1.096b	0.99B
Ronaldo	0.962e	0.960e	0.637j	1.085b	0.90C
Edirne	1.030cd	1.067bc	0.896fg	1.183a	1.04A
Ortalama	0.93C	0.96B	0.75D	1.05A	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Tablo 1 ve 2'nin incelenmesinden anlaşılacağı üzere demir dozunun, çeşidin, demir dozu×çеşit interaksiyonunun taze yaprakta peroksidaz aktivitesine etkisi $p < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yeterli düzeyde demir ($45 \mu\text{M Fe}$) içeren besin çözeltisi uygulaması, kontrole (Fe0) kıyasla taze yaprakta peroksidaz aktivitesini arttırmış; fakat toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) içeren besin çözeltisi uygulaması bu enzim aktivitesini azaltmıştır. Buna karşın, bentonit ilaveli kum ortamına toksik düzeyde demir ($3.50 \text{ mM Fe} + \% 10$ Bentonit) içeren demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması taze yaprakta peroksidaz aktivitesini arttırmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında; taze yapraklarda belirlenen peroksidaz aktivite değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Edirne > Hamzadere > Ronaldo > Osmancık-97 > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır (Tablo 2). Toksik konsantrasyonda demirli besin çözeltisi uygulaması sonucu bütün çeltik çeşitlerinde peroksidaz aktivitesi önemli derecede azalma göstermiştir.

Değişik konsantrasyonlarda demir içeren demir sülfatlı besin çözeltileri ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında belirlenen peroksidaz aktivite değerleri farklı bulunmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta peroksidaz enzim aktivitesine etkisi

Şekil 1'in incelenmesinden anlaşılacağı üzere toksik düzeyde demir uygulaması, kontrol ve yeterli demir düzeyi uygulamalarına kıyasla taze yaprakta peroksidaz enzim aktivitesini azaltmıştır. Yeterli demir düzeyindeki peroksidaz aktivitesine göre, toksik düzeyde demir uygulamasının peroksidaz aktivitesinde sağladığı azalmanın oranı, Biga incisi çeşidinde -% 7.18; Osmancık-97 çeşidinde -% 43.4; Hamzadere çeşidinde -% 4.16; Ronaldo çeşidinde -% 33.6; Edirne çeşidinde -% 16.02 olarak hesaplanmıştır. Toksik düzeyde demir uygulamasıyla, yeterli demir düzeyine göre peroksidaz aktivitesinde en fazla azalma Osmancık-97 çeltik çeşidinde görülmüş; buna karşın, en az azalma ise Hamzadere ve Biga incisi çeltik çeşitlerinde görülmüştür. Toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze yapraklarda belirlenen peroksidaz aktiviteleri bakımından yüksek değerden düşük değere doğru sırasıyla; Edirne, Hamzadere, Biga incisi, Ronaldo, Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır. Buna göre, çeşitler arasında taze yaprakta peroksidaz aktivite değeri en yüksek çeşitlerin, Edirne ve Hamzadere çeltik çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşidin Osmancık-97 olduğu, bununla birlikte Ronaldo çeltik çeşidinin de peroksidaz aktivitesinin Biga İncisi, Hamzadere ve Edirne çeltik çeşitlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Katalaz ve

peroksidaz aktivitesi yüksek çeşitlerin demir toksisitesine dayanıklı olduğu bildirilmiştir [11, 12].

Bentonit ilaveli kum ortamına toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması bütün çeltik çeşitlerinde yaprakta peroksidaz aktivitesini, bentonitsiz kum ortamında yetiştirilen çeşitlerinkine göre arttırmıştır. Bu artışın nedeninin, bentonitli kum ortamında çeltik bitkilerinin demir alımlarının baskılanmasından ileri geldiği düşünülmektedir.

Peroksidaz (POD), hidrojen atomlarını vermek eğiliminde olan bileşikler ile bu atomları alıcı durumunda olan hidrojen peroksit (H_2O_2) bileşiği arasındaki reaksiyonu katalizleyen bir oksidoredüktazdır [13, 14]. Peroksidazlar, hidrosilik veya peroksidatif aktiviteleri yoluyla, hücre bölmelerinde ROS'un hem üretimini hem de atılmasını düzenleyebilir [15]. Ek olarak, peroksidazlar, lignin biyosentezine doğrudan katılırlar [16]. Saikia ve Baruah [21], üç farklı çeltik çeşidini (Mahsuri, Ranjit, Siyal Sali) $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ formundaki dört farklı demir (kontrol, 100, 200 ve 300 mg kg^{-1} Fe^{+2}) dozu uygulanan toprak ortamında saksılarda yetiştirmişlerdir. Araştırma bulgularına göre; 100 mg Fe kg^{-1} dozunda bütün çeşitlerde POD aktivitesinde bir artış görülmüştür. Diğer yandan, demir uygulamasının en yüksek dozunda (300 mg Fe^{+2} kg^{-1}) POD aktivitesinin Siyal Sali ve Ranjit çeltik çeşitlerinde arttığı; Mahsuri çeşidinde ise azalma eğilimi gösterdiği bildirilmiştir.

3.2. Toksik düzeyde demir içeren tam besin çözeltisi uygulamasının çeltik çeşitlerinde taze yaprakta katalaz aktivitesi üzerine etkisi

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisi

Özellik	Varyasyon kaynakları							
	Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu × çeşit interaksiyonu		Hata	
	SD	KO	SD	KO	SD	KO	SD	KO
Katalaz (CAT)	3	5.03E-5	4	9.512E-5*	12	0.001**	40	2.45E-5

Tablo 4. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisi

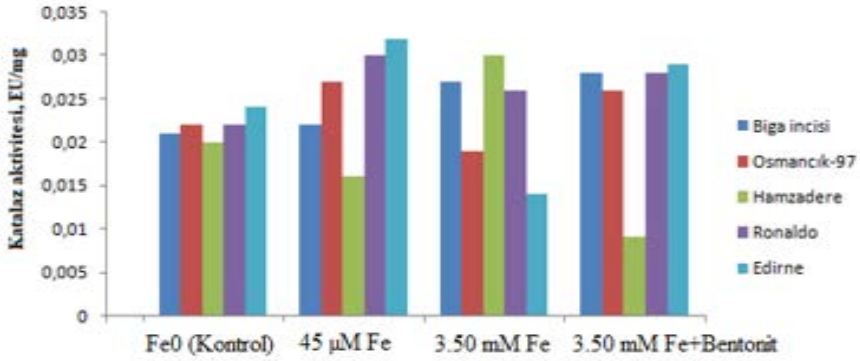
Çeltik çeşidi	Katalaz Spesifik aktivite (EU / mg)				
	Fe 0 (Kontrol)	45 μ M Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	Ortalama
Biga incisi	0.021bcde	0.022bcde	0.027abcd	0.028abcd	0.0247A
Osmancık-97	0.022bcde	0.027abcd	0.019de	0.026abcd	0.0234A
Hamzadere	0.020cde	0.016ef	0.030ab	0.009f	0.0190B

Ronaldo	0.022bcde	0.030ab	0.026abcd	0.028abc	0.0266A
Edirne	0.024bcde	0.032a	0.014ef	0.029ab	0.0241A
Ortalama	0.0213	0.0257	0.0233	0.0239	

*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Tablo 3 ve 4'ün incelenmesinden anlaşılacağı üzere çeşidin taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisi $p < 0.05$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca, Fe dozu×çesit interaksyonunun taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisi $p < 0.01$ seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Fakat Fe dozunun taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Genel ortalamalar dikkate alındığında; Biga incisi, Osmancık-97, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitleri taze yaprakta katalaz aktivite değerleri bakımından birbirlerine benzer ve yüksek bulunmuş; buna karşın, Hamzadere çeltik çeşidi ise taze yaprakta katalaz aktivite değeri bakımından en düşük çeltik çeşidi olarak tespit edilmiştir (Tablo 4). Toksik konsantrasyonda demirli besin çözeltisi uygulaması sonucu Biga İncisi ve Hamzadere çeltik çeşitlerinde katalaz aktivitesi artış gösterirken; diğer çeşitlerde azalma eğilimi göstermiştir.

Değişik konsantrasyonlarda demir içeren demir sülfatlı besin çözeltileri ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze yapraklarında belirlenen katalaz aktivite değerleri farklı bulunmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze yaprakta katalaz enzim aktivitesine etkisi

Şekil 2'nin incelenmesinden anlaşılacağı üzere demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze yaprakta katalaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Yeterli demir düzeyinde (45 µM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta katalaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmektedir. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta katalaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Hamzadere çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşitlerin ise Edirne ve Osmancık-97 çeltik çeşitleri oldukları görülmektedir [11, 12].

Bentonit ilaveli kum ortamında toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe + % 10 Bentonit) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta katalaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Edirne çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Hamzadere çeltik çeşidi

olduğu görölmektedir. Yeterli düzeyde demir içeren demir sülfatlı besin çözültisi uygulanan çeşitlerdeki katalaz aktivitesine göre toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözültisi uygulanan Edirne, Osmancık-97 ve Ronaldo çeltik çeşitlerinde katalaz enzim aktivitesinde azalma görölmüş olup, bu azalma oranları sırasıyla -% 56.25, -% 28.6 ve -% 13.33 olarak hesaplanmıştır. Buna karşın, toksik düzeyde demir uygulaması sonucu Hamzadere ve Biga incisi çeltik çeşitlerinde katalaz aktivitesi yeterli demir düzeyine göre artmış olup, bu artış oranları sırasıyla % 87.5 ve % 22.7 olarak hesaplanmıştır.

Toksik düzeyde (3.50 mM Fe) demir sülfatlı besin çözültisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze yapraklarda katalaz aktivite değerleri bakımından yüksek değerden düşük değere doğru sırasıyla; Hamzadere, Biga incisi, Ronaldo, Osmancık-97, Edirne şeklinde sıralanmıştır. Katalaz (CAT), stres koşulları altında oluşan zararlı H₂O₂'in, H₂O ve O₂'ya direkt olarak dönüşümünü sağlayarak hücreleri strese karşı korumada görevli en önemli enzimatik antioksidanlardan biridir [17]. Bitkiler, abiyotik stres nedeniyle oluşan reaktif oksijen türlerini antioksidan enzimler ve metabolitler aracılığıyla temizleyebilir [18, 19]. Katalaz (CAT), peroksidaz (POD), glutatyon redüktaz (GR), süperoksit dismutaz (SOD) ve askorbat peroksidaz (APX) gibi antioksidan enzimlerin genellikle bitkilerde metal stresi altında indüklendiği rapor edilmiştir [20, 19]. Saikia ve Baruah [21] (2012), üç farklı çeltik çeşidini (Mahsuri, Ranjit, Siyal Sali) FeSO₄·7H₂O formundaki dört farklı demir (kontrol, 100, 200 ve 300 mg kg⁻¹ Fe⁺²) dozu uygulanan toprak ortamında saksılarda yetiştirmişlerdir. Araştırma bulgularına göre; 100 mg Fe kg⁻¹ dozunda Mahsuri çeltik çeşidinde CAT aktivitesinde bir düşüş görölmelerine rağmen, daha yüksek demir dozunda bu çeşidin CAT aktivitesinde artış eğilimi gözlenmiştir. Öte yandan, demir uygulamasının en yüksek dozunda (300 mg Fe⁺² kg⁻¹) CAT aktivitesinin Siyal Sali ve Ranjit çeltik çeşitlerinde azalma eğilimi gösterdiği bildirilmiştir. Gao ve ark. [22] tarafından yapılan bir araştırmada hidroponik kültürde aşırı demir stresine maruz bırakılarak yetiştirilen çeltik genotiplerinin CAT ve POD aktivitelerinin azaldığı ifade edilmiştir. Shahid ve ark. [23] demir toksisitesine dayanıklı çeltik çeşitlerinin, yaprak dokularında nispeten yüksek POD, CAT ve SOD aktiviteleri gösterdiğini bildirmiştir.

4. Sonuçlar

Yeterli düzeyde demir (45 µM Fe) içeren besin çözültisi uygulaması, kontrole (Fe0) kıyasla taze yaprakta peroksidaz aktivitesini arttırmış; fakat toksik düzeyde demir (3.50 mM Fe) içeren besin çözültisi uygulaması bu enzim aktivitesini azaltmıştır. Toksik düzeyde demir uygulamasının peroksidaz aktivitesinde sağladığı azalmanın oranı, Biga incisi çeşidinde -% 7.18; Osmancık-97 çeşidinde -% 43.4; Hamzadere çeşidinde -% 4.16; Ronaldo çeşidinde -% 33.6; Edirne çeşidinde -% 16.02 olarak hesaplanmıştır. Toksik konsantrasyonda demirli besin çözültisi uygulaması sonucu bütün çeltik çeşitlerinde peroksidaz aktivitesi önemli derecede azalma göstermiştir.

Toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözültisi ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze yapraklarda belirlenen peroksidaz aktiviteleri bakımından yüksek değerden düşük değere doğru sırasıyla; Edirne, Hamzadere, Biga incisi, Ronaldo, Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır. Buna göre, çeşitler arasında taze yaprakta peroksidaz aktivite değeri en yüksek çeşitlerin, Edirne ve Hamzadere çeltik çeşitleri oldukları; buna karşın, en düşük çeşidin Osmancık-97 çeltik çeşidi olduğu tespit edilmiştir.

Fe dozunun taze yaprakta katalaz aktivitesine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Toksik demir düzeyinde (3.50 mM Fe) yetiştirilen çeşitler arasında taze yaprakta katalaz enzim aktivite değeri en yüksek çeşidin Hamzadere çeşidi olduğu; buna

karşın, en düşük çeşidin ise Edirne çeltik çeşidi olduğu görölmektedir. Toksik konsantrasyonda demirli besin çözeltileri uygulaması sonucu Biga İncisi ve Hamzadere çeltik çeşitlerinde katalaz aktivitesi artış gösterirken; diğer çeşitlerde azalma eğilimi göstermiştir.

Teşekkür

Denemede materyal olarak kullanılan çeltik çeşitlerinin teminini sağlayan; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkür ederiz. Ayrıca, bu çalışmanın laboratuvar analizleri aşamasındaki katkılarından dolayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü asistanlarına çok teşekkür ederiz.

Bu çalışma, Güney Akinoğlu'nun doktora tezinden hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

1. Koç E, Üstün AS, Arıcı YK. Biber (*Capsicum annuum L.*) fidelerinde farklı çinko konsantrasyonlarının total protein, hidrojen peroksit içeriği ve peroksidaz aktivitesi üzerine etkisi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 2012;13(2):205-212.
2. Gill SS, Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2010;48: 909-930.
3. Burzynski M, Klobus G. Changes of photosynthetic parameters in cucumber leaves under Cu, Cd and Pb stress. *Photosynthesis Research*, 2004;42(4):505-510.
4. He CY, Hsiang T, Wolyn DJ. Induction of systemic disease resistance and pathogen defence responses in *Asparagus officinalis* inoculated with nonpathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *Journal of Plant Pathology*, 2002;51:225-230.
5. Becana M, Moran JF, Iturbe-Ormaetxe I, Escuredo PR. Iron-dependent oxygen free radical generation in plants subjected to environmental stress: toxicity and antioxidant protection. *Plant and Soil*, 1998;201(1):137-147. doi: 10.1023/A:1004375732137
6. Tiryakioğlu M, Eker S, Özkutlu F, Husted S, Çakmak I. Antioxidant defense system and cadmium uptake in barley genotypes differing in cadmium tolerance. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2006;20:181-189. doi:10.1016/j.jtemb.2005.12.004
7. Ak A, Yücel E. Ecotoxicological effects of heavy metal stress on antioxidant enzyme levels of *Triticum aestivum* cv. Alpu. *Biological Diversity and Conservation*, 2011;4/3:19-24.
8. Zhang X, Zhang F, Mao D. Effect of Fe plaque outside roots on nutrient uptake by rice (*Oryza sativa L.*): zinc uptake. *Plant and Soil*, 1998;202:33-39.
9. Dhindsa RS, Plumb-Dhindsa P, Throne TA. Leaf senescence correlated within creased levels of membrane permeability and lipid peroxidation and decreased levels of superoxide dismutase and catalase. *Journal of Experimental Botany*, 1981b:32:93-101.
10. Wakamatsu K, Takahama U. Changes in peroxidase activity and in peroxidase isozymes in carrot Callus. *Physiologia Plantarum*, 1993;88:167-171.

11. Akinoğlu G. Çeltik bitkisinde demir toksisitesi, Birinci Basım, ISBN:978-625-7702-45-4, Ankara, Türkiye: Gece Kitaplığı; 2020. p. 148.
12. Korkmaz A, Akinoğlu G. Bitki beslemede toprak-kök etkileşimi, Birinci Basım, ISBN:978-625-7342-90-2, Ankara, Türkiye: Gece Kitaplığı, 2021. p. 400.
13. Nawar WW. Lipids in "food chemistry", O.R. Fennema (Ed). 3th Edition, New York: Marcel Dekker. 1996. p. 225-319.
14. Diplock A. Healty lifestyles nutrition and physical activity, Antioxidant nutrients, ILSI Europe Concise Monograph Series, 59. 1998.
15. Romero-Puertas MC, Corpas FJ, Rodriguez-Serrano M, Gomez M, del Río LA, Sandalio LM. Differential expression and regulation of antioxidative enzymes by Cd in pea plants. Journal of Plant Physiology, 2007;164:1346-1357.
16. Ranieri A, Castagna A, Baldan B, Soldatini GF. Iron deficiency differently affects peroxidase isoforms in sunflower. Journal of Experimental Botany, 2001;52(354):25-35.
17. Büyük İ, Soydam-Aydın S, Aras S. Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 2012;69(2):97-110.
18. Dat JF, Vandenabeele S, Vranova E, Van Montagu M, Inze D, Van Breusegem F. (2000). Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. Cellular and Molecular Life Science, 2000;57:779-795.
19. Kabir AH. Biochemical and molecular changes in rice seedlings (*Oryza sativa* L.) to cope with chromium stress. Plant Biology. 2016;18:710-719.
20. Cuypers A, Smeets K, Ruytinx J, Opendakker K, Keunen E, Remans T. The cellular redox state as a modulator in cadmium and copper responses in *Arabidopsis thaliana* seedlings. Journal of Plant Physiology, 2011;168:309-316.
21. Saikia T, Baruah KK. 2012. Iron toxicity tolerance in rice (*Oryza sativa*) and its association with antioxidative enzyme activity. Journal of Crop Science, 2012;3(3):90-94
22. Gao PP, Zheng GH, Wu YH, Liu P. Effect of exogenous potassium on photosynthesis and antioxidant enzymes of rice under iron toxicity. Russian Journal of Plant Physiology, 2013;61:47-52.
23. Shahid M, Shukla AK, Nayak AK, Tripathi R, Meher J, Lal B, Gautam P. Root activity and antioxidant enzyme activities of rice cultivars under different iron toxicity mitigation options. Journal of the Indian Society of Soil Science, 2017;65(3): 341-348.



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa
Bilimleri Dergisi**
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.901099>



Araştırma makalesi

Demir Sülfat Formundaki Demirden Yararlanabilme Kabiliyetleri Yönünden Bazı Çeltik Çeşitlerinin Karşılaştırılmaları Üzerine Bir Araştırma

Güney Akinoğlu, Ahmet Korkmaz*

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ziraat Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

Geliş: 22 Mart 2021

Kabul: 19 Nisan 2021 / Received: 22 March 2021

Accepted: 19 April 2021

Abstract

The aim of this study is to compare some rice varieties in terms of their ability to utilize iron in the form of iron sulphate. For this purpose, 1) Biga incisi, 2) Osmancık-97, 3) Hamzadere, 4) Ronaldo, 5) Edirne rice varieties were grown. A complete nutrient solution containing 0 and 45 μM Fe (in the form of $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) was applied to the rice varieties grown in sand culture. The experiment was conducted in 3 replications according to a 5×2 factorial trial design. The trial lasted 50 days. Some rice varieties have formed 2 main groups in terms of 9 traits showing the ability to be fed with iron sulphate. Osmancık-97 and Hamzadere rice varieties are listed in the first main group, and Biga incisi variety is found to be close to these varieties. The second main group consists of Ronaldo and Edirne rice varieties. It has been determined that the two closest rice varieties to each other in terms of their ability to feed on ferrous sulfate are Ronaldo and Edirne varieties, while the most distant varieties are Biga Pearl and Ronaldo rice varieties. The best characteristics of the varieties in terms of their ability to feed with ferrous sulfate varied according to the varieties.

Keywords: *Rice variety, iron sulfate, iron nutrition, biplot analysis.*

Özet

Bu çalışmanın amacı, demir sülfat formundaki demirden yararlanabilme kabiliyetleri yönünden bazı çeltik çeşitlerini karşılaştırmaktır. Bu amaçla, 1) Biga İncisi, 2) Osmancık-97, 3) Hamzadere, 4) Ronaldo, 5) Edirne çeltik çeşitleri yetiştirilmiştir. Kum kültüründe yetiştirilen çeltik çeşitlerine 0 ve 45 μM Fe ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ formunda) içeren tam besin çözeltisi uygulanmıştır. Deneme 5×2 faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü yürütülmüştür. Deneme süresi 50 gündür. Bazı çeltik çeşitleri, demir sülfat ile beslenebilme durumunu gösteren 9 özellik bakımından, 2 ana grup oluşturmuştur. 1. Ana grupta Osmancık-97 ve Hamzadere çeltik çeşitleri bulunmakta olup, bu çeşitlere Biga incisi çeltik çeşidi yakınlık göstermiştir. 2. Ana grup Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinden oluşmuştur. Bazı çeltik çeşitleri, demir sülfat ile beslenebilme kabiliyetleri bakımından birbirine en yakın iki çeltik çeşidinin Ronaldo ve Edirne çeşitleri olduğu; buna karşın, birbirine en uzak çeltik çeşitleri ise Biga incisi ve Ronaldo çeşitleridir. Demir sülfat ile beslenme kabiliyetleri bakımından çeşitlerin en iyi özellikleri çeşitlere göre değişiklik göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Çeltik çeşidi, demir sülfat, demirle beslenme, biplot analizi.*

*Corresponding author:

E-mail: guney_akinoglu@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-4624-2876

©2021 Usak University all rights reserved.

1. Giriş

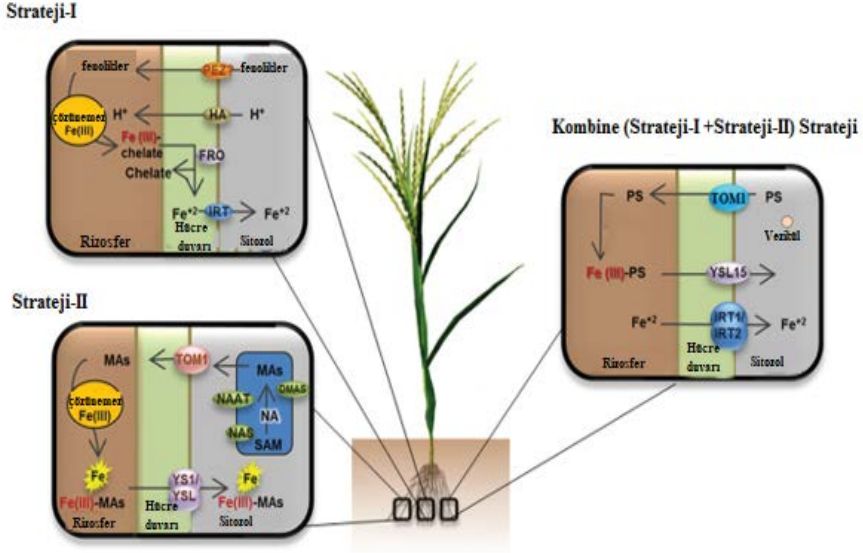
Demir; klorofil biyosentezi, fotosentez, solunum, DNA sentezi, mitokondri ve kloroplastlarda elektron sağlayan, elektron taşınım zincirinde görev alan, protein sentezinde, nitratların amonyağa indirgenmesi dahil bitkilerde birçok hücrenel fonksiyonlarda mutlak gerekli bir elementtir [1, 2].

Demir; sitokrom, katalaz, peroksidaz, Fe-S (ferrodoksin), akonitaz, süperoksit dismutaz enzimi dahil hem proteini gibi hücrenel redoks sisteminin ana maddesidir [3]. Fe⁺² ve Fe⁺³ redoks çifti enzimatik redoks reaksiyonlarını arttırarak bitki gelişmesinde önemli bir rol oynar [4].

Oksitlenmiş topraklarda demir genellikle ferrik (Fe⁺³) formda olup, oksitler ve hidroksioksitler şeklinde bağlanır. Fe⁺³ demirin çözünürlüğü çok düşüktür. Bununla birlikte, bitkilerin başlıca demir alımı Fe⁺² şeklinde gerçekleşir [5]. Dolayısıyla demirin bitkiler tarafından alımı için Fe⁺² formuna indirgenmesi gerekir. Aksi takdirde, Fe⁺³ formunun alımı ve kullanımı için köklerin içindeki şelatlama ajanları tarafından taşınması gerekir. Bu nedenle, büyüme ortamındaki olumsuzluğa cevaben bitkilerin geliştirdiği iki mekanizma vardır [6, 7, 8]. Bu mekanizmalardan birincisi protonların (H⁺) bitki kökleri tarafından salınmasını takiben rizosferin pH değerinin düşmesidir. Rizosferdeki düşük pH düzeyi demiri çözebilir veya Fe⁺³ iyonunu Fe⁺² formuna indirgeyebilir. Daha sonra indirgenmiş demir formu ise bitkide Fe⁺² spesifik taşıma sistemi sayesinde plazma zarı boyunca taşınır. Bu mekanizma türü esas olarak dikotiledon bitkilerde ve otsu monokotiledonlarda gerçekleşir [8]. Bitkilerin demir alımı için indüklediği ikinci mekanizma ise bitki kökleri tarafından fitosideroforların (demir taşıyıcıları) salınmasıdır. Bu fitosideroforlar Fe⁺³ iyonunu Fe⁺² iyonuna indirgemedi Fe⁺³ ile bir kompleks oluşturur ve bu Fe⁺³- siderofor kompleksi daha sonra bitkinin kök hücre plazma membranları boyunca taşınır [8].

Takagi ve ark. (1984), şelatlayıcı bileşiklerin veya fitosiderofor salınmasının, dikotiledon bitkilere özgü bir durum olmadığını, ancak bu durumun çim veya otsu bitkiler için spesifik olduğunu belirtmiştir. Şelatlama bileşikleri, protein yapısında olmayan amino asitler, mugineik asit ve avenik asitler olarak karakterize edilir [9].

dos Santos vd, (2017) yapmış oldukları bir makalede çeltikte demirin absorpsiyonu ve taşınımını incelemişlerdir [10]. Araştırmacılar, Palmer ve Guerinot (2009); Kobayashi ve Nishizawa (2012); Bashir ve ark. (2013) tarafından verilen bilgilere göre, çeltik bitkisinin demiri absorbe etme ve taşıma yönünden Strateji-I ve Strateji-II bitkilerinin kombine özelliklerini gösterdiğini belirtmişlerdir [11, 12, 13]. Şekil 1'den görüleceği üzere, çeltik bitkisinin rizosfer ortamına H⁺ iyonu vererek çözünemez formdaki Fe⁺³'ü çözmesi ve ayrıca ferrik redüktaz oksidaz enzimi sayesinde Fe⁺³'ün, Fe⁺²'ye indirgenip hücre içerisine alınması Strateji-I bitkilerinin özelliğidir. Diğer yandan, çeltik bitkisinin köklerinden fitosiderofor salgılaması ve bu sayede çözünemez formdaki Fe⁺³'ün çözünürlüğünü sağlayarak, Fe⁺³'ün hücre içerisine alınmasını sağlaması Strateji-II bitkilerinin bir özelliğidir. Dolayısıyla araştırmacılar, demir alımı ve taşınımını yönünden çeltik bitkisinin, hem Strateji-I hem de Strateji-II bitkileri gibi davrandığını ve bu iki özelliğin bitkide kombine ortaya çıktığını belirtmişlerdir.



Şekil 1. Çeltikte demirin absorpsiyonu ve taşınımı (Palmer ve Guerinot, 2009; Kobayashi ve Nishizawa, 2012; Bashir vd, 2013)

Toprak kumlu olduğunda pH 7.2 nin üzerinde değilse Fe-DTPA çeltik bitkisinde uygulanabilir. Ortam pH'sı 7.2'nin üzerinde ve kireçli ise Fe-EDDHA uygulaması gerekir. Şayet demir şelatlız uygulanırsa çeltik yetiştirme ortamının pH'sının 1 veya daha altında bir değer olması gerektiği de bildirilmiştir. Diğer bitki besinleri uygulanmadığında, ortamın pH'sı 4.0 olduğunda ve şelatlama yapıldığında demir sülfat uygulanabilir [14].

Kök gelişme ortamına uygulanan demir şelatlarının stabiliteleri ortamın pH derecesine ya da kireç içeriğine bağlı olup, şelatların bitkilerin demir beslenmesine katkı sağlayabilmeleri için uygun şelatların seçilmesi gerekir. Ortamın pH derecesi ya da kireç içeriği şelatların stabiliteleri için uygun değil ise toprak çözeltisinde demir düzeyini arttırmak mümkün değildir. Özellikle Fe-EDDHA kireçli ortamlarda en uygun stabiliteye sahip demir şelatıdır. Fe-EDDHA'nın Fe-DTPA ve Fe-EDTA'ya göre daha yüksek stabiliteye sahip olduğuda bildirilmiştir [15].

Bu çalışmanın amacı, demir sülfat formundaki demirden yararlanabilme kabiliyetleri yönünden bazı çeltik çeşitlerini karşılaştırmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Sera denemelerinde kullanılan çeltik tohumları; Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından temin edilmiştir. Demir beslenme kabiliyetlerinin belirlenmesinde 5 farklı çeltik çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşitler: Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitleridir.

2.1. Deneme

Çeltik tohumları % 5.0'lık (v/v) sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde 15 dakika bekletilerek, tohumların sterilizasyonu sağlanmıştır. Daha sonra çeltik tohumları deiyonize su ile yıkanıp nemli bez torbalarda çimlendirildi. Çimlenen tohumlar içerisinde perlit bulunan 40x25x5 cm boyutundaki beyaz plastik küvetlere aktarılarak 10 gün içinde çeltik fideleri haline gelmesi sağlandı. 5 farklı çeltik çeşidine ilişkin fideler 1 kg kuvars kumu dolu plastik saksılara (12x12 cm) her saksıda 10 bitki olacak şekilde dikilmiştir. Çeltik bitkisine her kireç dozunda 0 ve 45 µM Fe dozlarında FeSO₄·7H₂O içeren aşağıdaki bitki besin çözeltisi verilmiştir:

500 µM NH₄NO₃; 60 µM NH₄H₂PO₄; 230 µM K₂SO₄; 210 µM CaCl₂; 160 µM MgSO₄·7H₂O; 2.5 µM MnCl₂; 0.75 µM (NH₄)₆Mo₇O₂₄; 3.2 µM H₃BO₃; 0.1 µM CuSO₄

Denemede saksılardaki kum yüzeyinden itibaren 3 cm su katmanı olacak şekilde besin çözeltisi 5 farklı çeltik çeşidine eşit hacimlerde ilave edilmiştir. Bitki besin çözeltisinin pH'sı, seyreltik HCl ya da KOH çözeltisi kullanılarak 5.5'e ayarlandı. Deneme 5x2 faktöriyel deneme desenine göre 3 tekerrürlü yürütülmüştür. Deneme süresi 50 gündür.

Deneme süresi bitiminde çeltik bitkisinin kök ve toprak üstü aksamı hasat edilip, taze kök ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır. Çeltik çeşitleri kök ve toprak üstü aksamı şeklinde ayrılarak, etüvde 65 °C'de kurutulmuştur. Kurutulan kök ve toprak üstü aksamının kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Ardından bitki kök ve toprak üstü aksamı, paslanmaz çelikten yapılmış bıçaklara sahip bir öğütücüde öğütülerek analize hazır duruma getirilmiştir.

Kök ve sapta toplam demir, atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS) cihazı ile Kacar ve İnal (2008)'a göre belirlenmiştir [16].

Taze yaprak örneklerinde klorofil ve karotenoid tayinleri Arnon (1949); Witham et al (1971) tarafından bildirildiği şekilde yapılmıştır [17, 18].

Çeltik çeşitlerinin sapta demir alımı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Sapta Fe alımı (µg Fe / saksı) = Sapta Fe kapsamı (ppm) x Sap kuru madde ağırlığı (g)

Çeltik çeşitlerinin demir uygulamasıyla bazı demir beslenme özelliklerinde sağlanan artışlar aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Demir uygulamasıyla bazı özelliklerde sağlanan artışlar, % = [(A - B) / B] x 100

A = Demir uygulamasıyla (45 µM Fe) çeşitten elde edilen değer

B = Kontrolde (Fe 0) çeşitten elde edilen değer

Çeltik çeşitlerinin demir sülfattan yararlanma oranı (%) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Demir sülfattan yararlanma oranı, % = [(C-D) / E] x 100

C = 45 µM Fe demir uygulanan çeşidin sap demir alımı, µg/saksı

D = Kontrolde (Fe 0) çeşidin demir alımı, µg/saksı

E = Çeşide verilen toplam demir miktarı, µg/saksı

Çeltik çeşitlerinin sapına taşınan demir oranı (%) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Bitki sapına taşınan demir oranı (%) = $(X / Y) \times 100$

X=Bitki sapında demir alımı, µg Fe / saksı

Y=Bitki sap + kök demir alımı, µg Fe / saksı

Çeltik çeşitlerinin kökünde kalan demir oranı (%) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Bitki kökünde kalan demir oranı (%) = $(a / b) \times 100$

a=Bitki kökünde demir alımı, µg Fe / saksı

b=Bitki sap + kök demir alımı, µg Fe /saksı

Çeltik çeşitlerinin demir sülfata tolerans indeksi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

Çeşidin demir sülfata tolerans indeksi = $(K / L) \times (M / N)$

K = Kontrolde çeşide ait sap kuru madde miktarı, g /saksı

L= Kontrolde çeşitlerin ortalaması olarak elde edilen sap kuru madde miktarı, g / saksı

M = 45 µM demir konsantrasyonunda çeşide ait sap kuru madde miktarı, g/saksı

N = 45 µM demir konsantrasyonunda çeşitlerin ortalaması olarak elde edilen sap kuru madde miktarı, g / saksı

2.2. İstatistiksel Analizler

Bazı çeltik çeşitlerinin demir sülfatla beslenme kabiliyetlerine ilişkin özellikler yönünden gruplandırılması ile yakınlık ve uzaklık durumları kümeleme analizi yapılarak belirlenmiştir. Çeltik çeşitlerinin demir sülfat ile beslenme kabiliyetleri yönünden en iyi özellikleri ise Biplot analiz yöntemine göre tespit edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çeltik çeşitlerinin FeSO₄·7H₂O gübresine cevap yönünden karşılaştırılmaları

Demir sülfat uygulamasının bazı çeltik çeşitlerinde demir beslenmesine ilişkin özellikler üzerine katkısına ait değerler (Fe 0: Kontrole göre) Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Demir sülfat uygulamasının bazı çeltik çeşitlerinde demir beslenmesine ilişkin özellikler üzerine katkısına ait değerler (Fe 0: Kontrol göre)

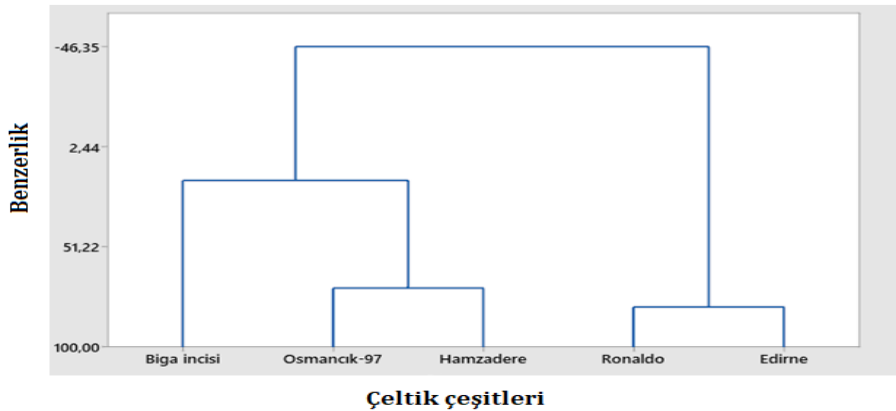
Çeşit No	Çeşit	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	Biga incisi	71.14	8.3	97.91	6.2	93.7	231.06	52.87	70.73	1.16
2	Osmançık97	6.54	7	86.55	10.7	89.2	161.11	69.15	51.21	0.92
3	Hamzadere	7.53	4.6	114.61	7.8	92.1	130.3	65.6	100	0.7
4	Ronaldo	48.97	9.8	209.37	10	89.9	283.2	125.9	169.23	0.98
5	Edirne	31.6	10.1	243.29	11.2	88.7	224.24	96.57	134.61	1.22

Sap kuru maddede artış = I; Yararlanma oranı = II; Toplam klorofildeki artış = III; Bitki sapına taşınan demir oranı = IV; Kökte kalan demir oranı = V; Sap demir alımı artış = VI; Aktif demir kapsamındaki artış = VII; Karotenoid kapsamındaki artış = VIII; Fe formuna tolerans indeksi = IX

Bazı çeltik çeşitlerinin demir sülfat ile beslenebilme özelliklerine göre benzerlik ve uzaklık düzeyleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Bazı çeltik çeşitlerinin demir sülfat ile beslenebilme özelliklerine göre benzerlik ve uzaklık düzeyleri

Basamak	Grup sayıları	Benzerlik düzeyi	Uzaklık düzeyi	Gruplar arası bağlantı	Yeni gruplar	Grup içerisindeki çeşit sayısı
1	4	80.3941	5.1155	4	5	2
2	3	71.1913	7.5167	2	3	2
3	2	18.8102	21.1838	1	2	3
4	1	-46.3461	38.1841	1	4	5

**Şekil 2.** Bazı çeltik çeşitlerinin demir sülfat ile beslenebilme özelliklerine göre gruplandırılması

Tablo 2 ve Şekil 2'in birlikte incelenmesinden anlaşılacağı üzere, bazı çeltik çeşitleri, demir sülfat ile beslenebilme durumunu gösteren 9 özellik bakımından, 2 ana grup oluşturmuştur. 1. Ana grupta Osmancık-97 ve Hamzadere çeltik çeşitleri bulunmakta olup, bu çeşitlere Biga incisi çeltik çeşidi yakınlık göstermiştir. 2. Ana grup Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinden oluşmuştur.

Demir sülfat ile beslenebilme kabiliyetleri yönünden birbirine en yakın iki çeltik çeşidinin Ronaldo ve Edirne çeşitleri (uzaklık düzeyi 5.11) olduğu; buna karşın, birbirine en uzak çeltik çeşitlerinin ise Biga incisi ve Ronaldo (uzaklık düzeyi 38.18) çeşitleri olduğu belirlenmiştir.

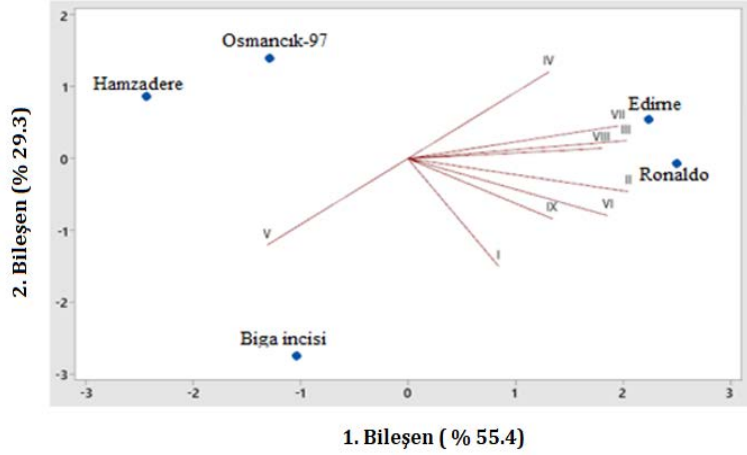
Bazı çeltik çeşitleri, demir sülfat ile beslenebilme kabiliyetleri bakımından, çeşitlerin sınıflandırılması ve çeşitlerin incelenen özelliklere göre değişimi Şekil 3'te verilmiştir. Biplot yöntemi ile yapılan analizde PC1 (I. Ana bileşen) % 55.4, PC2 (II. Ana bileşen) % 29.4 olup, PC1 ve PC2'nin toplamı ise varyasyonun % 84.8'ini oluşturmuştur. Şekil 2'de görüldüğü gibi çeşitlere göre incelenen özellikler ve çeşitlerin dağılımı farklılık göstermiştir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre, kireçsiz ortamda $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ gübresine cevap durumuna göre Hamzadere ve Osmancık-97 çeltik çeşitleri bir grup oluşturmuş ve bu gruba giren çeşitlerin en iyi özellikleri, bitki kökünde kalan demir oranı ve bitki sapına taşınan demir oranı bulunmuştur. Bitki kökünde kalan demir oranı Hamzadere ve Osmancık-97 çeltik çeşitlerinde sırasıyla % 92.1 ve % 89.2 bulunmuştur. Bitkinin sapına taşınan demir oranı Hamzadere ve Osmancık-97 çeltik çeşitlerinde sırasıyla % 7.8 ve % 10.7 bulunmuştur.

Biplot analiz yöntemine göre, Edirne çeşidi farklı bir grupta yer almış olup, bu çeşidin en iyi özelliklerinin $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ uygulamasıyla karotenoid, toplam klorofil ve aktif demir kapsamında sağlanan artış oranı olduğu görülmüştür. Edirne çeşidinin demir sülfat uygulamasıyla karotenoid kapsamında sağlanan artış oranı % 134.61; toplam klorofil kapsamında sağlanan artış oranı % 243.29; aktif demir kapsamında sağlanan artış oranı ise % 96.57 bulunmuştur. Diğer bir ifadeyle, Edirne çeltik çeşidi demir sülfat uygulamasına olumlu cevap vererek karotenoid, toplam klorofil ve aktif demir kapsamında artış sağlamıştır.

Biplot analiz yönetime göre, Ronaldo çeşidi tek başına farklı bir grup oluşturmuş olup, bu çeşidin en iyi özelliğinin demir sülfattan yararlanma oranı olduğu görülmüştür. Bu çeşidin demir sülfattan yararlanma oranı diğer çeşitlerden oldukça yüksek olup, % 10.1 bulunmuştur.

Biplot analiz yöntemine göre, Biga İncisi çeşidi farklı bir grupta yer almış olup, bu çeşidin en iyi özelliklerinin $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ uygulaması ile sağlanan sap kuru madde miktarındaki artış oranı ve bitki kökünde kalan demir oranı olduğu görülmüştür. Biga incisi demir sülfat uygulaması ile sap kuru madde miktarında % 71.14 oranda artış sağlanmış olup, diğer çeşitlere göre bu artış oranı yüksek bulunmuştur. Ayrıca, bu çeşidin bitki kökünde kalan demir oranı % 93.7 olup, bu değer diğer çeşitlere göre yüksek bulunmuştur. İki değerlikli demir (Fe^{+2}) köklerde kalan oranının daha fazla olması, diğer bir ifadeyle yapraklara taşınımın kısmen azalması çeltiğin demirden zarar görmesini önlenmesinde önemli bir özelliktir. Çeltik bitkisinin köklerinde havalanma boşlukları (aerenkima) bulunmaktadır. Bu havalanma boşluklarına oksijenin fazlaca taşınması durumunda köklerde demir birikimi olmakta ve bitkinin üst kısmına taşınım azalmaktadır [19].



Şekil 3. Bazı çeltik çeşitleri, demir sülfat ile beslenebilme kabiliyetleri bakımından, çeşitlerin sınıflandırılması ve çeşitlerin incelenen özelliklere göre değişimi

4. Sonuçlar

Bazı çeltik çeşitleri, demir sülfat ile beslenebilme durumunu gösteren 9 özellik bakımından, 2 ana grup oluşturmuştur. 1. Ana grupta Osmancık-97 ve Hamzadere çeltik çeşitleri bulunmakta olup, bu çeşitlere Biga incisi çeltik çeşidi yakınlık göstermiştir. 2. Ana grup Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitlerinden oluşmuştur.

Demir sülfat ile beslenebilme kabiliyetleri bakımından Biplot analiz yöntemine göre, Hamzadere ve Osmancık-97 çeltik çeşitleri aynı grupta yer almış olup, bu çeşitlerin en iyi özelliklerinin, bitki kökünde kalan demir oranı ve bitki sapına taşınan demir oranı olduğu tespit edilmiştir.

Biplot analiz yöntemine göre, Edirne çeşidi farklı bir grupta yer almış olup, bu çeşidin en iyi özelliklerinin $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ uygulamasıyla karotenoid, toplam klorofil ve aktif demir kapsamında sağlanan artış oranı olduğu görülmüştür.

Biplot analiz yönetime göre Ronaldo çeşidi tek başına farklı bir grup oluşturmuş olup, bu çeşidin en iyi özelliğinin demir sülfattan yararlanma oranı olduğu görülmüştür.

Biplot analiz yöntemine göre, Biga İncisi çeşidi farklı bir grupta yer almış olup, bu çeşidin en iyi özelliklerinin $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ uygulaması ile sağlanan sap kuru madde miktarındaki artış oranı ve bitki kökünde kalan demir oranı olduğu görülmüştür.

Teşekkür

Denemede materyal olarak kullanılan çeltik çeşitlerinin teminini sağlayan; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkür ederiz. Ayrıca, bu çalışmanın laboratuvar analizleri aşamasındaki katkılarından dolayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü asistanlarına çok teşekkür ederiz.

Bu çalışma, Güney Akinoğlu'nun doktora tezinden hazırlanmıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Kaynaklar

1. Ishimaru Y, Suzuki M, Tsukamoto T, Suzuki K, Nakazono M, Kobayashi T, Wada Y, Watanabe S, Matsuhashi S, Takahashi M, Nakanishi H, Mori S, Nishizawa NK. Rice plants take up iron as an Fe³⁺-phytosiderophore and as Fe²⁺. *Plant Journal*, 2006;45:335-346.
2. Kumar R, Sahi GK, Kaur R, Khanna R, Choudhary OP, Mangat GS, Singh K. Tolerance response of wild and cultivated *Oryza* species under iron deficiency condition. *Journal of Crop Improvement*, 2013;40(2):168-172.
3. Marschner H. Function of mineral nutrients: Micronutrients, Mineral Nutrition of Higher Plants, London: Academic Press, 1995. p. 313-324.
4. Gill SS, Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2010;48:909-930.
5. Lindsay WL, Schwab AP. The Chemistry of iron in soils and its availability to plants. *Journal of Plant Nutrition*, 1982;5:821-840.
6. Romheld V, Marschner H. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant Physiology*, 1986;80:175-180.
7. Rogers EE, Guerinot ML. FRD3, a member of the multidrug and toxin efflux family, controls iron deficiency responses in Arabidopsis, *Plant Cell*, 2002;14:1787-1799.
8. Epstein E, Bloom AJ. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives, 2nd Edn. Sunderland, MA: Sinauer.
9. Takagi S, Kamei S, Takemoto T. Physiological aspect of mugineic acid, a possible phytosiderophore of graminaceous plants. *Journal of Plant Nutrition*, 1984;7:469-477.
10. Dos Santos RS, de Araujo Júnior AT, Pegoraro C, de Oliveira AC. Dealing with iron metabolism in rice: From breeding for stress tolerance to biofortification. *Genetics and Molecular Biology*, 2017;40:312-325.
11. Palmer CM, Guerinot ML. Facing the challenges of Cu, Fe and Zn homeostasis in plants. *Nature Chemical Biology*, 2009;5:333-340.
12. Kobayashi T, Nishizawa NK. Iron uptake, translocation, and regulation in higher plants. *Annual Review of Plant Biology*, 2012;63:131-152.
13. Bashir K, Nozoye T, Ishimaru Y, Nakanishi H, Nishizawa NK. Exploiting new tools for iron bio-fortification of rice. *Biotechnology Advances*, 2013;31:1624-1633.
14. Wallace A. Rational approaches to control of iron deficiency other than plant breeding and choice of resistant cultivars. *Plant and Soil*, 1991;130:281-288.
15. Lucena JJ. Synthetic iron chelates to correct iron deficiency in plants, In: Barton LL, and J. Abadia (Eds.). Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms. Springer, Berlin, 2006, p. 103-127.
16. Kacar B, İnal A. Bitki analizleri. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım. 2008, p. 892.
17. Arnon D. Copper enzymes in isolated chloroplasts. *Plant Physiology*, 1949;24:1-12.
18. Witham FH, Blaydes DF, Devlin RM. Experiments in plant physiology. Van Nostrend Reinhold Company, New York: Van Nostrend Reinhold Company, 1971, p. 245.
19. Korkmaz A, Akinoğlu G. Bitki beslemede toprak-kök etkileşimi, Birinci Basım, ISBN:978-625-7342-90-2, Ankara: Gece Kitaplığı. 2021, p. 400.



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa
Bilimleri Dergisi**
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.854811>



Derleme makalesi

Selenyumun Bitki Metabolizması ve Tarımsal Kullanımı

*Ayşe Topuz, Nurdoğan Topal**

Tarla Bitkileri Bölümü, Ziraat Fakültesi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye

Geliş: 5 Ocak 2021

Kabul: 26 Mart 2021 / Received: 5 January 2021

Accepted: 26 March 2021

Abstract

Selenium (se), whose main source is soil, has attracted the attention of researchers since its discovery in 1817. Selenium, which is found in different charge and forms, is found in inorganic form in soil clays and water, while it is found in organic form in plants, animals fed with plants, some seafood and humans. The main source of selenium, which is an essential micronutrient element for humans and animals and causes toxicity when consumed in excess, is plants. Various studies have shown the importance of selenium in preventing cancer, cardiovascular diseases and viral infections, as well as thyroid and immune system functions, fertility and aging. Plants play a unique role in recycling and transporting Selenium from the soil to the food chain. The Se concentration in agricultural products depends on the Se content and bioavailability in the soil. Food security problem will increase even more in changing environment and climate conditions. In these conditions, the effect of micro element applications, which is an application that is not applied much in practice, will be seen more clearly. Agricultural selenium use, and knowing the positive and negative returns are important for studies on selenium. This review was conducted to reveal the metabolic behavior of selenium, which is important for human health, in plants and its importance in stress physiology, although it is not an essential element to be taken.

Keywords: *Selenium, Selenate, Plant Selenium intake, Selenium use in agriculture*

Özet

Ana kaynağı toprak olan selenyum (Se) 1817 yılında keşfinden bu yana araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Farklı yük ve formlarda bulunan selenyum toprak killerinde ve suyunda inorganik formda bulunurken bitkiler, bitkiler ile beslenen hayvanlar, bazı deniz ürünleri ve insanlarda organik formda bulunmaktadır. İnsanlar ve hayvanlar için temel bir mikro besin elementi olan ve aşırı miktarda alındığında toksiditeye neden olan selenyumun ana selenyum kaynağı bitkilerdir. Selenyumun kanser, kardiyovasküler hastalıklar ve viral enfeksiyonların yanı sıra tiroid ve bağışıklık sistemi fonksiyonları, doğurganlık ve yaşlanmanın önlenmesindeki önemini çeşitli araştırmalar göstermiştir. Bitkiler, Selenyumun topraktan besin zincirine geri dönüştürülmesinde ve taşınmasında benzersiz bir rol oynar. Tarımsal ürünlerde Se konsantrasyonu, topraktaki Se içeriğine ve biyoyararlanımına bağlıdır. Değişen çevre ve iklim şartlarında gıda güvenliği sorunu daha da artış gösterecektir. Söz konusu bu koşullarda pratikte çok kullanılan mayan bir uygulama olan mikro element uygulamalarının etkisi daha da bariz bir şekilde görülecektir. Tarımsal açıdan selenyum kullanımı, artı ve eksi getirililerin bilinmesi selenyum ile ilgili yapılacak çalışmalar için önemlidir. Bu derleme, insan sağlığı açısından önemli olan selenyumun

*Corresponding author: Nurdoğan Topal

E-mail: nurdogan.topal@usak.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-3466-1005

©2021 Usak University all rights reserved.

bitkilerdeki metabolik davranışlarını ve özellikle mutlak alınması gerekli bir element olmamasına rağmen stres fizyolojisindeki önemini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Selenyum, Selenat, Bitki Selenyum alımı, Tarımda selenyum kullanımı,

©2021 Usak University all rights reserved.

1. Giriş

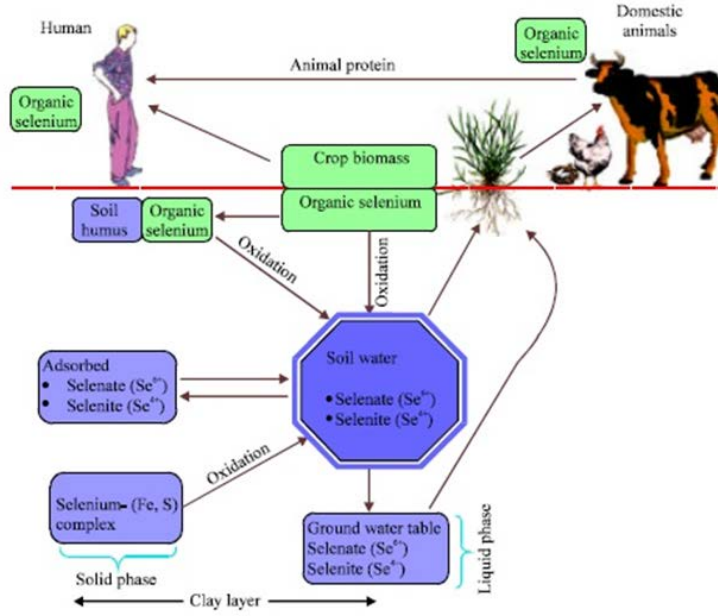
Selenyum (Se) İsveçli bir kimyacı ve fizikçi olan Jöns Jacob Berzelius tarafından 1817 yılında keşfedilen bir elementtir [1] Atom ağırlığı 78.96 olan grup VIA metaloidi olan Selenyum, birçok benzer kimyasal özelliğini kükürt (S) ile paylaşır. Selenyumun ana kaynağı topraktır. Tortul kayaçlar, ortalamaları 0,08 ila 1,0 mg Se/kg arasında değişen çoğu tarımsal toprakta ana malzeme olarak kabul edilir. Topraktaki selenyum, kaya çıkıntılarının aşınmasından, toprak mantosunun altında yatan kaya oluşumlardan, ana kayaların rüzgar ve su ile ayrışması ve ardından yer altı veya yüzey suyu ile taşınmasından meydana gelmektedir. Ayrıca meteorlarda da selenyuma rastlanmıştır [2].

Selenyum, selenid (-2), elementel Se (0), tiyoselenat (+2), selenit (+4) ve selenat (+6) şeklinde beş değerlik durumunda olabilir [3]. Toprakların redoksu (pe + pH) çözeltide Se türleşmesini kontrol eder. Selenat (SeO_4^{2-}), yüksek redoksta (pe + pH <15.0) çözelti içindeki başlıca türdür. Orta redoks aralığında (pe + pH 7.5–15.0), pH'a bağlı olarak SeO_3^{2-} veya HSeO_3^- türleri baskındır. Redoks potansiyeli ve pH, ekili topraklarda Se'nin çözünürlüğünü ve kimyasal türleşmesini kontrol eden en önemli parametrelerdir [4]. Düşük redoksta (pe + pH > 7.5), HSe^- , toprak çözeltisindeki başlıca türdür. Sadece kuvvetli asitli topraklarda H_2SeO türleri solüsyondaki Se'ye önemli ölçüde katkıda bulunur [5].

İnsanlar ve hayvanlar için temel bir besin maddesi olan Selenyum (Se), aynı zamanda çevre için toksik etkide bulunabilir. Bu iki çizgi arasındaki farkı kimyasal formu, yoğunluğu ve diğer değişkenler belirler. Se, siyanobakterilerin ve bazı bitkilerin metabolizmasında önemlidir ve antioksidatif süreçlerinde yer alır. Bununla birlikte, Selenyumun yüksek bitkiler için önemi hala tartışılmaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda bitkiler için zararlı olmasına rağmen düşük konsantrasyonlarda faydalı etkiler gösterebilir. Bitkilerin UV kaynaklı oksidatif strese toleransını artırabilir, yaşlanmayı geciktirebilir ve yaşlanan fidelerin büyümesini teşvik edebilir. Son zamanlarda Selenyumun kuraklık koşulları altında bitkilerin su durumunu düzenleyebildiği gösterilmiştir [6].

İnsanlar ve hayvanlar için temel bir mikro besin elementi olan ve aşırı miktarda alındığında toksiteye neden olan selenyumun ana kaynağı bitkilerdir. Selenyumun bitkilere etkileri hakkında tartışmalar sürmektedir. Bununla birlikte düşük dozlarda selenyumun bitkileri, düşük sıcaklık, kuraklık ve metal stresi gibi çeşitli abiyotik streslerden koruduğu da çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir [7].

Bitkiler, Se'nin topraktan besin zincirine geri dönüştürülmesinde (Şekil 1) ve taşınmasında benzersiz bir rol oynar. Tarımsal ürünlerde Se konsantrasyonu, topraktaki Se içeriğine ve biyoyararlanımına bağlıdır. Toprakta Se mevcudiyeti sınırlıdır ve azalan ayrışma durumu ve asitliğin bir sonucu olarak içeriği nispeten düşüktür. Bitki kökleri Selenyumu toprak suyundan selenat veya selenit iyonik formlarda alır. Daha yüksek bitkilerde Se metabolizması, kimyasal benzerliklerinden dolayı sülfür ile yakından ilgilidir. Toprak çözeltisindeki miktarlar, adsorbe edilmiş formların çözünürlüğü ve organik formların biyolojik dönüşümü ile belirlenir [8].



Şekil 1. Selenyumun Toprak Bitki ve Su Döngüsü [8]

Li ve ark., (2008) çalışmalarında Selenat ve selenit alımının metabolik olarak birbirine bağımlı olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada Selenit varlığının selenat alımını ve ksilem taşınımını azalttığı ileri sürülmüştür [9].

Bileşeni olarak selenoproteinler, selenyum yapısal ve enzimatik rollere sahiptir, ikinci bağlamda en iyi antioksidan olarak bilinir ve aktif tiroid hormonu üretimi için katalizör olarak görev yapar. Bağışıklığın düzgün çalışması için gerekli olan selenyumvirülans gelişimine karşı koymada ve AIDS'e yol açan HIV'in ilerlemesini engellemede önemli bir besin olarak görünmektedir. Ayrıca sperm hareketliliği için gereklidir ve düşük yapma riskini azaltabilir. Yine Se eksikliğinin ruhsal bozukluklara ilişkili olduğu çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir. Oksidatif stres ve iltihaplanma içeren koşullar, daha yüksek selenyum durumunun faydalarını göstermiştir. Yüksek selenyum alımı, kanser riskinin azalmasıyla ilişkilendirilebilir [10].

Selenyumun kanser, kardiyovasküler hastalıklar ve viral enfeksiyonların yanı sıra tiroid ve bağışıklık sistemi fonksiyonları, doğurganlık ve yaşlanmanın önlenmesindeki önemini çeşitli araştırmalar göstermiştir [11].

Bu çalışmanın amacı, insan sağlığı açısından önemli olan selenyumun bitkilerdeki metabolik davranışlarını ve özellikle mutlak alınması gerekli bir element olmamasına rağmen stres fizyolojisindeki önemini ortaya koymaktır. Bu bağlamda değişen iklim ve çevre şartlarında tarımsal ürünlerin strese maruziyetini azaltma amaçlı uygulamalardan biri olabileceği kanısındayız.

2. Bitkide Selenyum Alımı, Taşınımı Ve Dağılımı

Esasen selenat olarak toprak çözeltisinden bitki köklerine alınan selenyum, selenit ve organik Se bileşikleri şeklinde de alınabilmektedir. Bitkilerde toprak çözeltisinden

selenat ve organik Se bileşiğinin emilimi aktif süreçle gerçekleşmesine rağmen selenit pasif difüzyon yoluyla biriktirilir ve de fosfat tarafından inhibe edilebilir bir yapıdadır [12]. Selenyumun alımı, aktarılması ve dağıtılması bitki türleri, gelişim evreleri, selenyumun şekli ve konsantrasyonu, fizyolojik koşullar (tuzluluk ve toprak pH'sı vb.) ve diğer maddelerin varlığı, membran taşıyıcıların aktivitesi, bitkinin translokasyon mekanizmaları gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir [7].

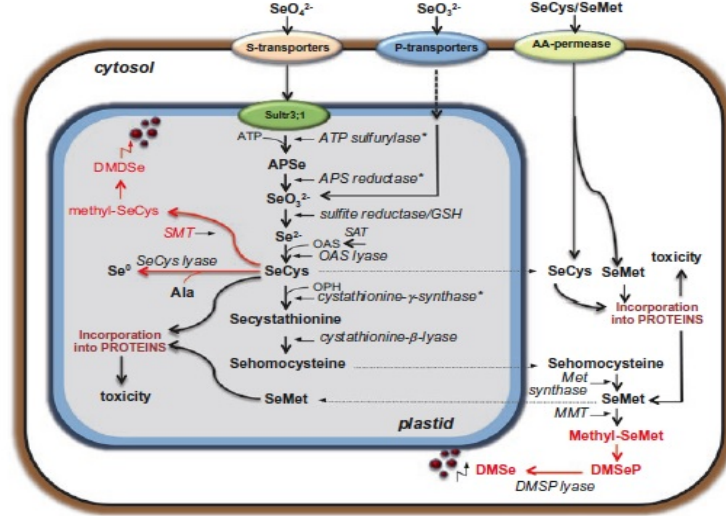
Selenyum (Se), birçok organizma için temel bir besindir, ancak aynı zamanda daha yüksek seviyelerde toksiktir. Bazı algler Selenyum selenoprotein yapımı için kullansa da daha yüksek bitkiler için böyle bir gereklilik söz konusu değildir. Yine de bitkiler, kükürt (S) taşıyıcıları ve biyokimyasal yollar kullanarak Selenyum kolaylıkla alır ve asimile eder ve ayrıca metillenmiş Se'yi uçucu hale getirebilir. Hatta bazı bitkiler, muhtemelen bir savunma mekanizması olarak, metil-selenosistein formunda selenyum bitki kuru ağırlığının yaklaşık %1'i kadar seviyelerde biriktirebilir [13].

Selenyum ve sülfür aynı temel metabolizmayı paylaşır. Aynı ortamda yetiştirildiğinde, çoğu bitki türü Se/S açısından benzer oranlara sahiptir. Bununla birlikte Selenyum (Se) hiper-biriktiriciler gibi bazı bitkiler, kuru ağırlıklarının %0.1-1,5'ini Se olarak içerebilir ve diğer organizmaların çoğu için toksik düzeydedir. Selenyum hiperakümüasyonu, Se'nin dokulardaki etkili metabolik detoksifikasyonundan kaynaklanır [14].

Yüksek bitkilerin genelde selenyuma ihtiyaç duymadığı dikkate alındığından, Se gübrelemesinin avantajı ile gıdaların doğrudan selenyumla takviye edilmesi ve selenyumla beslenme karşılaştırılarak tartışılmaktadır. Bitkilerin, selenyumun topraktan hayvanlara ve insanlara olan döngüsünde anahtar rol oynadıkları, bazı bitkilerin topraktan Se alabilmek için dikkate değer bir yetenek geliştirmiş oldukları, bu elementi işleme tabi tutmak ve biriktirmek için gerekli metabolik sistemlere sahip oldukları bildirilmiştir [3].

Köklere alındıktan sonra, selenatın bitkiye asimilasyon için biyolojik olarak aktif bir forma dönüştürülmesi gerekir. Bu, selenatı (veya sülfatı) ATP'ye bağlayan, adenosin 5'-fosfoselenat (APSe) veya adenosin 5'-fosfosülfat (APS) oluşturan ATP sülfürilaz enzimi tarafından gerçekleştirilir. Se asimilasyonunda hız sınırlayıcı olduğu bulunan bu adım hem sitozol hem de plastidlerde meydana gelir (Şekil 2) [15].

Wang ve ark., (1999), bitkiler tarafından esas olarak selenat formunda alınan Se'nin, kloroplastlara taşındığını ve S (Kükürt) asimilasyonunu takip ettiğini, burada ATP sülfürilaz ile aktive edilerek adenosin-5'-fosfoselenata dönüştüğünü, Se'un enzimatik olarak ya da enzimatik olmayan yoldan selenite indirgenmediğini ve selenit ile serinin reaksiyona girerek SeCys (selenosistein) oluştuğunu, SeCys'nin, SeMet (selenometionin)'e metabolize edilebildiğini ve metillenerek Se-metil Met gibi ürünleri oluşturabildiğini, alternatif olarak SeCys-metil transferaz SeMSC (Se-metil selenosistein) oluşturabildiğini ve bitkilerin büyük miktarda Se biriktirebildiklerini bildirmişlerdir [16].



Şekil 2. Bitki mezofil hücrelerinde Se asimilasyonunun ve metabolizmasının şematik modeli [15].

3. Selenyumun Tarımsal Kullanımı

Selenyumun genel olarak, 1 mg kg⁻¹'den düşük seviyelerin bitkiler için faydalı olduğu, yüksek seviyelerin ise tarımsal mahsullerin çoğunda toksisiteye neden olduğu bulunmuştur. Düşük yoğunluklarda Se, bitkilerdeki patojenlere karşı bitki büyüme düzenleyicisi, antioksidan, yaşlanma önleyici, abiyotik strese karşı savunma molekülü olarak görev yaparken daha yüksek konsantrasyonlarda bitkiler, büyümede bodurlaşma, kloroz, yaprakların solması ve kuruması, azalan protein sentezi erken ve hatta bitkinin ölümü gibi çeşitli toksik semptomlar gösterir [17].

Bazı yüksek bitkiler ve mantarların Selenyumunu 100 mg/kg'a kadar biriktirdiği bilinmektedir, Çin'de selenli toprakta yetiştirilen sarımsakta kuru madde üzerinden 205 mg/kg Se belirlenmiştir. Bitkilerin Se toleransı için biriktirme mekanizmalarından biri proteinlere dahil edilemeyen organoselenium bileşiklerinin oluşumudur, böylece bitkiler toksisiteden kaçınır. Bir başka bitki olan *Brassica juncea* (Hint hardalı), hidroponik olarak yetiştirildiğinde Se biriktirdiği görülmüştür. Selenifer topraklardaki birikimin yanı sıra, yeşil bitkilerde yüksek Se seviyeleri gözlemlenmiştir. Gübre olarak uygulanan kükürt, rekabet nedeniyle yonca ve yulafta Se alımını azaltmış fakat diğer mahsullerde hiçbir etkisi olmadığı görülmüştür [18].

Bitkilerin topraktaki Se miktarı ile direkt ilişkili olarak Se biriktirdikleri, Amerika'da yetişen buğday normal olarak 0,2-0,4 µg g⁻¹ Se içerirken, selenyumca zengin topraklarda yetişen buğdayın 5-15 µg g⁻¹ Se içerebildiği bildirilmiştir [19]. Selenatın köklerden alımının ve bitkide dağılımının selenite göre çok daha hızlı olduğu belirlenmiştir [20, 21]. De Souza vd. (1998), bitkide selenat birikiminin selenitten 10 kat daha fazla olduğunu bildirmişlerdir [22]. Bunun nedeninin kimyasal yönden sülfat iyonlarına benzeyen selenatın sülfat taşıyıcıları aracılığıyla aktif olarak köklere ve sonra da hızlıca sürgünlere taşınmasına dayandığı bulunmuştur [3]. Selenitin alım mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte pasif olarak alındığı [23], ayrıca bitkilerin selenometiyonin gibi organik formdaki selenyumunu da aktif olarak alabildiği [3] ve selenyumun köklerden

sürgünlere ksilem aracılığıyla taşındığı [24] şeklinde görüş bildirilmiştir. Bitkilerin selenyumu farklı biriktirme ve tolere etme yeteneği gösterdikleri ve akümülatör olmayanlar, indikatörler ve akümülatörler şeklinde sınıflandırıldıkları bildirilmiştir [2, 23].

Bazı özel bitki türlerinin hiperakümülatör olarak tanımlanmakta olduğu ve bunların büyük kısmının *Astragalus* ve *Stanleya* cinsine ait olduğu, hiperakümülatör bitkilerin primer ve sekonder olmak üzere iki gruba ayrılmakta olup; primer akümülatörlerin binlerce mg kg⁻¹ (> 4000 mg kg⁻¹) düzeyinde ve sekonder akümülatörlerin yüzlerce mg kg⁻¹ düzeyinde Se biriktirebildikleri, Hint hardalı (*Brassica juncea* L.), brokoli (*Brassica oleracea* L.) ve kanolanın da (*Brassica napus* spp. oleifera L.) içinde bulunduğu *Brassica* türlerinin primer akümülatörler olarak sınıflandırıldıkları bildirilmiştir [3].

Rani vd. (2005) tarımsal ürünlerin pek çoğunun yüksek Se düzeylerine toleransının düşük olduğunu, genelde 25 µg g⁻¹ (kuru madde)'dan düşük düzeyde Se içerdiklerini ve akümülatör olmayan bitkiler şeklinde sınıflandırıldıklarını, akümülatör olmayan bitkilerin yüksek Se düzeylerine hassas olmalarına rağmen, selenyumca zengin topraklarda yetiştirildiklerinde gelişmede gerileme olmaksızın biriktirebildiği kadar yüksek düzeyde selenyumu tolere edebildiklerini, bitki dokusunda verimi azaltan kritik Se düzeylerinin hint hardalında 105 µg g⁻¹, mısırda (*Zea mays* L.) 77 µg g⁻¹, çeltikte (*Oryza sativa* L.) 42 µg g⁻¹ ve buğdayda 19 µg g⁻¹ olduğunu ve bu değerlerin selenyumun selenit formunda hint hardalı ve mısır için toprağa 5 µg g⁻¹, buğday için 4 µg g⁻¹ ve pirinç için 10 µg g⁻¹ düzeylerindeki uygulama ile elde edilmiş olduğunu bildirmişlerdir [25].

Skarpa ve ark., (2015) yaptığı çalışmada, tarla koşullarında 2008 ve 2009 yıllarında haşhaş yapraklarına selenyum uygulanması ile haşhaş bitkisinin tohum verimi ve kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Büyüme sonunda selenyum uygulamasının tohum verimini %11,5 azalttığı gözlenirken haşhaş tohumunda selenyum içeriğinde artış gözlenmiştir. Ayrıca çiçeklenme sonrası selenyum uygulamasının verimi düşürdüğü belirtilmiştir [26].

Hıyar yetiştiriciliğinde Selenyum (Se) ve Silisyum (Si) yaprak gübrelere etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada söz konusu elementlerin hıyar yetiştiriciliğinde yapraklardan uygulama şeklinde yapılması, bitki büyümesinde fark edilir bir artış sağladığı ve meyve verimi artırıcı etkide bulunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar meyve eti sertliğinin artması ve meyve içeriğinde Se ve Si konsantrasyonlarının artması kaliteyi olumlu etkilediğini de belirtmişlerdir [27].

Bir başka çalışmada sarımsak bitkisine topraktan sodyum selenat formunda uygulanan selenyumun sarımsak bitkisinin dış ağırlığı üzerine etkileri incelenmiş ve tarla denemesi sonucunda topraktan uygulanan selenyumun kontrol uygulamasına göre sarımsak bitkisinin büyük dış ağırlığını %6.36 ve küçük dış ağırlığını %6.79 oranında artırdığı belirlenmiştir [28].

Hartikainen (2000), yaptığı çalışmada (*Lolium perene*) İngiliz çimi sürgünlerine 0,1-1,0-10 ve 30 mg Se kg⁻¹ dozlarında selenyum uygulaması yaparak, iki defa hasat edilerek iki defa verim değerlendirmesi yapılarak antioksidatif sistem ve büyüme parametreleri analiz edilmiştir. 10 mg Se kg⁻¹ selenyum dozu oksidatif strese bağlı verim kayıplarına yol açmıştır. Selenyum yüksek konsantrasyonlarda bir pro-oksidan iken düşük konsantrasyonlarda antioksidan görevi yaparak lipid peroksidasyonunu ürün miktarını artırdığı ve α-tokoferol miktarının her iki verimde de arttığını bildirmişlerdir [29].

Xue ve ark., (2001), yaşlanmaya bağlı oksidatif strese karşı koyma yeteneğini test etmek için, artan miktarlarda H_2SeO_4 ile yetiştirilen marulla (*Lactuca sativa*) bir saksı deneyi gerçekleştirdi. Ekimden 7 ve 14 hafta sonra hasat edilen marullarda, düşük Se dozajının (0.1 mg kg^{-1} toprak), azalmış bir klorofil konsantrasyonuna rağmen yaşanan fidelerin büyümesini (%14 kuru ağırlık verimi) uyardığını ortaya çıkarmıştır. Büyümeyi teşvik edici fonksiyon, azalan lipid peroksidasyonu ile ilişkilendirilmiştir. Yine genç ve yaşlanan bitkilerde, Se'nin antioksidatif etkisi, glutasyon peroksidazın (GSH-Px) artan aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir. Yaşlandırıcı bitkilerde eklenen Se, aynı zamanda tokoferol konsantrasyonunun azalmasını önleyerek ve süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesini artırarak antioksidan kapasiteyi güçlendirdiği gözlemlenmiştir. Se eklenmediğinde, tokoferoller ve SOD aktivitesi bitki yaşlanması sırasında azalım göstermiştir. Daha yüksek Se dozajı (1.0 mg kg^{-1} toprak) toksik etki göstererek genç bitkilerin verimini düşürmüştür. Yaşlanan bitkilerde, kuru ağırlık verimini düşürmüştür ancak taze ağırlık verimini düşürmemiştir [30].

Khatab (2004), Roka (*Eruca sativa*) bitkisini farklı sodyum selenat (0, 5, 10, 100, 1000, 2000, 3000 μM) dozlarına maruz bırakarak bitkilerle ilişkili metabolik ve oksidatif cevaplar araştırmıştır. Kök ve sürgün uzunluğu, yaş ağırlık, kuru ağırlık düşük selenyum konsantrasyonlarında (5 ve 10 μM) artmıştır. Ancak yüksek selenyum uygulaması (100 μM) toksik etki göstermiştir bundan dolayı sürgün ve köklerdeki uzunluk, taze ve kuru ağırlık miktarı azalmıştır. Düşük dozda (5 ve 10 μM) klorofil-a, klorofil-b ve toplam pigment içeriğinde artışa neden olurken, karotenoid içeriğinde önemli bir azalma gözlenmiştir. Yüksek konsantrasyonda (100 μM) klorofil-a, klorofil-b ve toplam pigment içeriği azalmış karotenoid miktarı artmıştır. Selenyum alınımıyla P, K, Ca, Mg ve Fe alınımı azalmaktadır. Prolin seviyesini artırmıştır. Enzimatik olmayan antioksidanların (glutasyon, askorbik asit ve karotenoidler) düzeyleri artmıştır. SOD ve APX gibi antioksidan enzim aktiviteleri 5 ve 100 μM da artarken CAT ve GPX aktiviteleri azalmıştır [31].

Djanaguiraman (2005), yaptığı çalışmada soya bitkisine ekimden 78 gün sonra yapraklardan 50 ppm sodyum selenat püskürtülmüş ve soya fasulyesi yaprakları antioksidan enzim aktivitesi için 80 ve 90 gün sonra hasat edilmiştir. 80 gün sonraki hasat sonunda klorofil a, klorofil b, ve klorofil a+b miktarı kontrole göre artarken 90 gün sonraki hasatta fotosentetik pigmentlerin miktarı azalmıştır. Soyada yapraktaki selenyum miktarı kontrole göre artmış, hasattan sonrada tohumda selenyum birikimi kontrole göre artış göstermiştir. Prolin miktarı 80 gün sonra artarken 90 gün sonra azalmaya başladığı gözlenmiştir. Uzun süre selenyum uygulanan bitkilerin MDA üretimi, kısa sürede selenyum uygulanan bitkilerin MDA (malondialdehide) üretiminden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak uzun sürelerde selenyum uygulamasının dokuda daha fazla selenyum birikimine neden olduğu bildirilmiştir [32].

Ramos ve ark. (2010), Marul (*Lactuca sativa* L. cv. Vera) bitkisinde (0, 2, 4, 8, 16, 32 ve 64 $\mu\text{mol/L}$) selenyum uygulanmış, düşük selenyum dozlarında katalaz ve SOD aktivitesi artarken, artan dozlarda azalma gözlenmiştir. Bunun sebebinin oksidatif stres sırasında aşırı ROS üretimi sonucu olarak hücre ölümüne ve membran hasarına neden olmasına dayandırılmaktadır [33].

Yılmaz (2006), selenyum uygulamalarının arpada (*Hordeum vulgare* L.) selenyum, kükürt ve azot alınımına ve aminoasit profiline etkisi araştırmıştır. Yapılan çalışmada üç arpa çeşidine (Çetin 2000, Bülbül 89ve Tarım 92) bitkilerin ekimi ile 1, 2, 3 ve 4 mg selenit, başaklanma döneminde 0,25-0,50-0,75 ve 1,00 mg olarak selenat uygulanmıştır. Üç aylık gelişme sonunda hasat edilerek kök, gövde ve tanede selenyum, kükürt, azot ve

aminoasit analizi yapılmıştır. Uygulanan bütün çeşitlerde selenyum miktarının kökte, tane ve gövdeye oranla daha fazla biriktiği görülmüştür. Artan dozlarda uygulanan selenyumun bitkilerin kök, gövde ve tanesinde selenyum, tanede azot ve kükürt alımını etkilediği ve buna bağlı olarak aminoasit profilinde değişikliklere neden olduğu ve proteinogenik aminoasit, serbest aminoasit, esansiyel aminoasit, esansiyel olmayan aminoasit ve prolin amino asiti miktarı en yüksek olan çeşit Tarm 92 olduğu belirtilmiştir [34].

Çakır (2007), selenyum toksisitesinin iki arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşidinde (Tarm 92, Bülbül 89) antioksidan enzim aktivitesine etkisi, biyokimyasal ve fiziksel özelliklerin araştırıldığı çalışmada Hoagland solüsyonuyla birlikte sodyum selenat çözeltisi 2, 4, 8 ve 16 ppm dozlarında uygulamışlardır. Selenyum toksitesinin on günlük arpa fidelerinde doz artışına bağlı boy uzunluğunda ve klorofil miktarında düşüşler olmuştur. Yaprak dokularında selenyum stresi altındaki her iki arpa çeşidinde de MDA ve prolin miktarı artmıştır. Artan selenyum dozlarının antioksidan enzim sisteminde değişikliklere neden olduğu CAT, APX, SOD, GR, GST ve GPX enzim aktivitelerinin kontrol grubu ile karşılaştırıldığında artış gösterdiği bildirilmiştir [35].

Özdemir (2008), yaptığı çalışmada çeşitli buğday genotiplerinde selenyum birikimi ve bitkilerde abiyotik stres koşullarına karşı selenyumun koruyucu etkisini araştırmıştır. Ekmeklik buğday tohumları (*Triticum aestivum* L.) 0, 1, 10, 50, 100, 500, 1000 ve 5000 μM dozlarında yaklaşık 30 dakika selenyum içeren çözelti içinde ıslatılıp daha sonra tohumlar oda sıcaklığında 25°C kurutulmuştur. Yapılan çalışmada tanede yüksek selenyum birikimi gözlenmiştir. Tane selenyum konsantrasyonu $44 \mu\text{g kg}^{-1}$ den $216 \mu\text{g kg}^{-1}$ a yükselmiştir. 5000 μM selenyum uygulaması tohum çimlenmesi ve büyüme üzerine herhangi bir toksisite etkisine yol açmamıştır. Ayrıca toprağa 0,05 ve 0,5 mg Se kg^{-1} dozlarında sodyum selenat uygulanarak 21 yabancı tetraploid ve 9 kültür buğday genotipi araştırılmıştır. Kuru madde üretimi ve sürgünlerdeki selenyum konsantrasyonlarını belirlemek için 33 gün sonra bitkiler hasat edilmiştir. Seçilen *Triticum dicoccoides* genotiplerinin selenyum alımı ve biriktirmesinde büyük farklılık gözlenmemiş, kültür buğday çeşitleri ve *Triticum spelta* genotiplerinin selenyum alımını incelemiştir. *Triticum spelta* genotiplerinin selenyum alım kapasitesi kültür buğdaylara göre üstün olduğu gözlemlenmiş ve denemede yüksek selenyum alım kapasitesi gösteren bazı genotipler ön plana çıkmıştır. Kuru madde miktarının stres durumunda azaldığı bildirilmiştir [36].

Molnárová ve ark., (2009), Monokotiledon (*Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L.) ve dikotiledon (*Sinapis alba* L., *Brassica napus* L.) bitkileri için kök ve sürgünlere artan dozlarda selenyum uygulanarak kök ve sürgünlerdeki selenyum fitotoksitesisi, taze ve kuru ağırlık, fotosentetik pigmentlere (klorofil-a, klorofil-b, klorofil a+b ve karotenoid), selenyum birikimine etkisi ve monokotiledon ve dikotiledon bitkilerin duyarlılıkları karşılaştırılmıştır. *Hordeum vulgare* dışında selenyum sürgün büyümesi ve kök gelişimini inhibe ettiği belirtilmiştir. Tüm bitkilerin selenyum birikiminin köklerde sürgünlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sürgün ve köklerde artan selenyum dozlarında taze ve kuru ağırlık miktarı düşmüştür. *Triticum aestivum* L. ve *Hordeum vulgare* L. bitkilerinde artan dozlardaki selenyum uygulamalarının klorofil a, b, a+b ve karotenoid miktarlarında azalma meydana getirdiği *Sinapis alba* L. ve *Brassica napus* L. bitkilerinde ise artan dozlarla dalgalanmalar gözlemlendiği rapor edilmiştir [37].

Harmankaya (2009), yaptığı çalışmada Orta Anadolu Bölgesi iklim koşullarında yetiştirilen 20 ekmeklik ve 15 makarnalık buğday çeşidinin selenyuma (0-0,2-1 ve 5 mg kg^{-1}) verdiği tepkileri araştırmıştır. Artan selenyum dozları yeşil aksam, tane ve gövde

selenyum konsantrasyonunu ve miktarını önemli derecede artırmıştır. Ortalama yeşil aksam selenyum birikimi ekmeklik genotiplerde sırasıyla 0,0315-3,3-179 ve 2129 mg kg⁻¹, makarnalık genotiplerde ise 0,0308- 2,9-174 ve 1795 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Ortalama tane selenyum birikimi ekmeklik genotiplerde sırasıyla 0,0229-3,2- 29 ve 287 mg kg⁻¹, makarnalık genotiplerde ise 0,0201-3,1- 26 ve 330 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Ortalama gövde selenyum birikimi ekmeklik genotiplerde sırasıyla 0,0351- 1,02- 33 ve 305 mg kg⁻¹, makarnalık genotiplerde ise 0,0308- 0,78-32 ve 414 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Ekmeklik ve makarnalık buğday genotiplerinde kuru madde ve tane verimleri 0,2 mg kg⁻¹ selenyum dozunda artarken, artan dozlarda azaldığı bildirilmiştir [38].

Yao ve ark., (2009), kuraklık stresi altındaki buğday fidelerinde selenyumun etkisinin araştırıldığı çalışmada 0- 0,5-1,0- 2,0 ve 3,0 mg kg⁻¹ dozlarında selenyum uygulanmış klorofil-a, klorofil-b, klorofil (a+b) ve karotenoid miktarlarında 1, 2 ve 3 mg kg⁻¹ konsantrasyonunda önemli artışlar tespit edilmiştir. Katalaz ve peroksidaz enzim aktivitelerinde kontrole göre artışlar gözlenmiştir. MDA miktarında ise artan dozlara bağlı azalmalar bildirilmiştir [39].

Hawrylak-Novak ve ark., (2010), kısa süreli düşük sıcaklık stresi altında yetiştirilen (*Cucumis sativus* L.) cv. Polan F1 hiyarda farklı (0- 2,5- 5-10 ve 20 µM) dozlarda selenyum uygulaması yapılmıştır. İki haftalık bitkilere kısa vadeli alt optimum sıcaklık olarak 24 saat süresince 10/5°C (Gündüz/Gece) soğuğa maruz bırakıldıktan sonra 7 gün boyunca 25/20°C sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Selenyum 2,5-10 µM konsantrasyonlarında bitkilerin taze ağırlığına etki etmezken, 20 µM selenyum varlığında sürgünlerin biyokütlesi önemli ölçüde azalmıştır. Selenyum uygulamasıyla klorofil ve karotenoid içeriğinde farklılıklar olmuştur. 2,5-10 µM selenyum uygulanmış bitkilerin kök MDA (malondialdehide) içeriği azalmıştır. 20 µM selenyum dozunda bitki kök ve yapraklarında selenyum birikimi artmıştır. Düşük sıcaklık stresine maruz kaldıktan hemen sonra prolin miktarı önemli ölçüde artarken, 7 gün ısıtma sonrası yaklaşık prolin miktarı 4-9 kat düşmüştür. Selenyum uygulamalarında klorofil-a, klorofil-b ve karotenoid miktarı kontrole göre %3-8 düşerken bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır [40].

Gökbulut (2010), hidroponik ortamda yetiştirilen 2 farklı buğday çeşidinde (Gökgöl 79 ve İkizce 96) 1, 10 ve 20 ppm selenyum uygulanarak on günlük buğday fidelerindeki fizyolojik ve biyokimyasal özellikler ile antioksidan enzim aktivitelerine, oksidatif stres belirtisi olan MDA miktarına ve prolin birikimine etkisini araştırmıştır. 10 ppm üstünün boy uzunluğu, taze ve kuru ağırlıkta azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Dokuda biriken MDA (malondialdehide) miktarının ve strese bağlı artan dozlarda prolin miktarının arttığı bildirilmiştir. CAT, APX, SOD, GR, GST ve GPX enzim aktivitelerinin 1, 10 ve 20 ppm selenyum dozlarında arttığı bildirilmiştir. Selenyum birikiminde ise, artan dozlarda selenyum uygulanmış bitkilerin selenyumu biriktirmesi de artmıştır. Gökgöl 79 çeşidinde selenyum birikimi sırasıyla 9,59- 255,15- 223,74 ve 140,16 ppm bulunurken, İkizce 96 çeşidinde ise 0,09-16,86-162,04 ve 34,09 ppm olarak bulunmuştur. Gökgöl 79 buğday çeşidinin İkizce 96 çeşidine göre daha fazla selenyum biriktirdiği bildirilmiştir [41].

Saffar ve ark., (2012), ıspanak (*Spinach oleracea* L.) fidelerine 0, 1, 2, 4, 6 ve 10 mg L⁻¹ dozlarında sodyum selenat uygulanarak hoagland besin solüsyonu içinde 28 gün yetiştirilmiş, selenyumun büyüme ve selenyum birikimine etkisi araştırılmıştır. Kök ve sürgün uzunluğu, kuru ve yaş ağırlık miktarı 1 mgL⁻¹ selenyum konsantrasyonunda kontrole göre artarken artan selenyum dozlarında azalma gözlenmiştir. Yaprak sayısı en

fazla 4 mgL⁻¹ selenyum dozunda gözlenmiştir. Klorofil a, b ve total klorofil miktarı 1 ve 2 mgL⁻¹ selenyum dozunda artarken, artan dozlarda azalma bildirilmiştir. Toplam fenolik bileşikler sürgünde artan dozlarda artarken, köklerde kontrole göre yüksekken artan dozlarda azalma gözlenmiştir. Na⁺ miktarı kök ve sürgünde artan selenyum konsantrasyonlarında azalmış, Ca²⁺ kökte artan selenyum dozlarında artarken sürgünde kontrole göre yüksekken dalgalanmalar olmuştur. K⁺ kökte artan selenyum konsantrasyonunda azalmış, sürgünde ise 2 mgL⁻¹ kadar artarken artan dozlarda azalmıştır [42].

Irmak ve Semercioğlu (2012), yaptıkları çalışmada Çukurova Bölgesi'nde yetiştirilen bazı buğday (*Triticum* Spp.) çeşitlerinde toprak-bitki selenyum içeriği arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Selenyum içeriğini analiz etmek için otuz farklı yerden toprak, tane ve yaprak örnekleri toplamışlardır. Yaprak örnekleri sapa kalkma döneminde, tane ve toprak örnekleri ise hasat döneminde alınmıştır. Toprakların selenyum içerikleri 2,84 µg kg⁻¹ ile 19,31 µg kg⁻¹ arasında, yaprak örneklerinin selenyum içerikleri 46 µg kg⁻¹ ile 231 µg kg⁻¹ arasında iken tane örneklerinin selenyum içerikleri 11,3 µg kg⁻¹ ile 626,6 µg kg⁻¹ arasında değiştiği bildirilmiştir. Böylece toprak örneklerinin selenyum içerikleri ile tane ve yaprak örneklerinin selenyum içeriği arasında pozitif bir ilişki bulunmakta, toprakların selenyum içeriği arttıkça tane ve yaprakların da selenyum içeriği arttığı bildirilmiştir [43].

Abbas (2013), yaptığı çalışmada *Sorghum bicolor* L. bitkisi soğuk stresi altındaki genç fidanlarda selenat seviyesinin etkisini araştırmıştır. Sorgum tohumları ekim öncesi 6 saat boyunca 0, 3, 6 ve 12 mg L⁻¹ dozlarında sodyum selenatta ıslatılmıştır. Çimlenme döneminde 7 gün süre ile 4 °C ve 8 °C'de sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonra 3 gün boyunca 25 °C bırakılmıştır. Düşük selenyum konsantrasyonları (3 ve 6 mg L⁻¹) selenat uygulaması şeker, prolin, askorbik asit, enzimatik aktivite, klorofil miktarı ve büyümeyi geliştirirken, yüksek konsantrasyonlarda (12 mg L⁻¹) selenat uygulaması toksik etki gösterdiği bildirilmiştir. Karotenoid seviyeleri azalırken enzimatik olmayan antioksidanlar (askorbik asit gibi) artmış göstermiştir. Düşük selenat uygulamasında (3 ve 6 mg L⁻¹) lipid perosidasyonu ürünü olan MDA (malondialdehide) miktarının azaldığı bildirilmiştir (44).

Bazı Mısır (*Zea mays* L.), Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) ve Sudan otu (*Sorghum sudanense*) çeşitlerinde tohum canlılığı üzerine Selenyumun etkisinin araştırıldığı bir çalışmada 5 mısır, 6 sorgum ve 1 adet sudan otu çeşidinde farklı dozlarda (30, 60, 90 mg/L) selenyum uygulaması yapılmıştır. 30 ve 90 mg/L Se uygulaması ortalama çimlenme zamanı (gün) bakımından öne çıkmış, ikinci gün çimlenme parametresinde ise hidropriming ile birlikte Se30 uygulaması diğerlerinden istatistiki olarak farklı grupta yer almıştır (p<0,01) [45].

Ekimden önce iki buğday çeşidi (Kohistan-97ve Pasban-90) tohumlarına 25- 50- 75 ve 100 µM oranlarında Sodyum selenat dozları 30 ve 60 dk boyunca 25 °C'de priming uygulaması yapılarak kurak şartlarda gelişim ve biyokimyasal değişimlerine bakılmış. Çalışma sonucunda 100 µM (1 saat) Se uygulamasının Kohistan-97 çeşidinde %43 oranında biyo kütle artışına sebep olduğu belirlenmiştir. Kurak koşullarda serbest aminoasit birikimi artışına Se da katkı vermiş ve oranı daha da arttırmıştır (75 µM) [46].

İki çeltik çeşidinde (Super ve Shaheen Basmati) 15-30-45-60-75-90 ve 105 µmol L⁻¹ selenyum (Se) solüsyonlarında priming uygulaması yapılmış ve çimlenme ve fide gelişim dönemlerinin hızlandırılmasına etkisi araştırılmış. Se içermeyen kuru ve hidropriming uygulamaları kontrol olarak değerlendirilmiştir. Se 15 ve 60 µmol L⁻¹ dozları priming

uygulaması çimlenmenin erken başlamasına neden olmuştur. 90 ve 105 $\mu\text{mol L}^{-1}$ dozları ise toksik etkide bulunmuştur [47].

4. Sonuç ve Öneriler

Ana kaynağı toprak olan selenyum elementi insan sağlığı açısından olduğu gibi bitkiler açısından da öneme sahiptir. Özellikle değişen iklim şartlarında biyotik ve abiyotik stres koşulları tarımsal ürünlerde ekonomik anlamda verim düşüşlerine neden olmaktadır. Bu nedenle değişen şartlara uyum sağlamada bitkilere yardımcı olabilecek gübreleme faaliyetleri kapsamında selenyum da dikkate alınmalıdır. Selenyum bitki gelişimine yardımcı olurken bitkilerde belli oranlarda birikerek hayvanlara ve insanlara geçiş yapmaktadır. Selenyum eksikliği görülen topraklarda selenyum gübrelemesi çeşitli araştırmacılar tarafından önerilmekte ve bununla birlikte eksiklik olmayan topraklarda da strese karşı ilave uygulamalar da tavsiye edilmektedir.

Kaynaklar

1. Duntas LH, Benvenega S. Selenium: an element for life. *Endocrine*, 2015;48(3): 756-775.
2. Rosenfeld I, Beath OA. Selenium: geobotany, biochemistry, toxicity, and nutrition. Academic Press. Library of congress catalog card number, 2013;64-21674.
3. Terry N, Zayed AM, De Souza MP, Tarun AS. Selenium in higher plants. *Annual review of plant biology*, 2000;51(1):401-432.
4. Elrashidi MA, Adriano DC, Lindsay WL. Solubility, speciation, and transformations of selenium in soils. *Selenium in Agriculture and the Environment*, 1989;23:51-63.
5. Elrashidi MA, Adriano DC, Workman SM, Lindsay WL. Chemical equilibria of selenium in soils: a theoretical development1. *Soil Science*, 1987;144(2):141-152.
6. Germ M, Stibilj V, Kreft I. Metabolic importance of selenium for plants. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 2007;1(1): 91-97.
7. Gupta M, Gupta S. An overview of selenium uptake, metabolism, and toxicity in plants. *Frontiers in Plant Science*, 2017;7:2074.
8. Mirza H, Hossain MA, Fujita M. Selenium in higher plants: physiological role, antioxidant metabolism and abiotic stress tolerance. *Journal of Plant Sciences*, 2010;5(4):354-375.
9. Li HF, McGrath SP, Zhao FJ. Selenium uptake, translocation and speciation in wheat supplied with selenate or selenite. *New Phytologist*, 2008;178(1):92-102.
10. Rayman MP. The importance of selenium to human health. *The Lancet*, 2000;356(9225):233-241.
11. Läuchli A. Selenium in plants: uptake, functions, and environmental toxicity. *Botanica Acta*, 1993;106(6):455-468.
12. Sors TG, Ellis DR, Salt DE. Selenium uptake, translocation, assimilation and metabolic fate in plants. *Photosynthesis research*, 2005;86(3):373-389.
13. Pilon-Smits EA, Quinn CF. Selenium metabolism in plants. In *Cell biology of metals and nutrients*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010;225-241.
14. White P J. Selenium metabolism in plants. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 2018;1862(11):2333-2342.

15. Guignardi Z, Schiavon M. Biochemistry of plant selenium uptake and metabolism. In *Selenium in plants*. Springer, Cham.,2017;21-34.
16. Wang Y, Böck A, Neuhierl B. Acquisition of selenium tolerance by a selenium non-accumulating *Astragalus* species via selection. *Biofactors*,1999;9(1):3-10.
17. Kaur N, Sharma S, Kaur S, Nayyar H. Selenium in agriculture: a nutrient or contaminant for crops. *Archives of Agronomy and Soil Science*,2014;60(12): 1593-1624.
18. Sager M. Selenium in agriculture, food, and nutrition. *Pure and applied chemistry*, 2006;78(1):111-133.
19. Olson OE, Novacek EJ, Whitehead EI, Palmer IS. Investigations on selenium in wheat. *Phytochemistry*, 1970;9(6):1181-1188.
20. Shrift A, Ulrich JM. Transport of selenate and selenite into *Astragalus* roots. *Plant physiology*, 1969;44(6):893-896.
21. Cartes P, Gianfreda L, Mora ML. Uptake of selenium and its antioxidant activity in ryegrass when applied as selenate and selenite forms. *Plant and Soil*, 2005;276(1-2):359-367.
22. de Souza MP, Lytle CM, Mulholland MM, Otte ML, Terry N. Selenium assimilation and volatilization from dimethylselenoniopropionate by Indian mustard. *Plant physiology*, 2000;122(4):1281-1288.
23. White PJ, Bowen HC, Parmaguru P, Fritz M, Spracklen WP, Spiby RE, Smith BM. Interactions between selenium and sulphur nutrition in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany*, 2004;55(404):1927-1937.
24. Arvy MP. Selenate and selenite uptake and translocation in bean plants (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Experimental Botany*, 1993;44(6):1083-1087.
25. Rani N, Dhillon KS, Dhillon SK. Critical levels of selenium in different crops grown in an alkaline silty loam soil treated with selenite-Se. *Plant and soil*, 2005;277(1-2):367-374.
26. Škarpa P, Hajátková I. Účinek aplikace vybraných forem selenu na výnos a kvalitu máku (*Papaver somniferum* L). PhD Thesis. Mendelova Univerzita V Brně Agronomická Fakulta. Brno, Czech Republic, 2011.
27. Çetinsoy MF, Daşgan HY. Hıyar Yetiştiriciliğinde Selenyum ve Silisyum Yaprak Gübrelereinin Etkileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2016;5:243-252.
28. Turan MA, Taban S, Sezer SM, Türkmen N. Selenyumca zenginleştirilmiş sarımsak üretimi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2013;27(1):19-26.
29. Hartikainen H, Xue T, Piironen V. Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass. *Plant and soil*, 2000;225(1-2):193-200.
30. Xue T, Hartikainen H, Piironen V. Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce, *Plant and Soil*, 2001;237:55–61.
31. Khattab H. Metabolic and oxidative responses associated with exposure of *Eruca sativa* (Rocket) plants to different levels of selenium. *Int J Agric Biol*, 2004;6:1101-1106.
32. Djanaguiraman M, Devi DD, Shanker AK, Sheeba A, Bangarusamy U. Selenium-an antioxidative protectant in soybean during senescence. *Plant Soil*, 2005;272:77–86.
33. Ramos SJ, Faquin V, Guilherme LRG, Castro EM, Ávila FW, Carvalho GS, Oliveira C. Selenium biofortification and antioxidant activity in lettuce plants fed with selenate and selenite. *Plant, Soil and Environment*, 2010;56(12):584-588.

34. Yılmaz S. Selenyum uygulamalarının arpada (*Hordeum vulgare* L.) selenyum, kükürt ve azot alınımına ve aminoasit içeriğine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2006.
35. Çakır S. Selenyum Toksisitesinin İki Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitinde (TARM 92, BÜLBÜL 89) Antioksidan Enzim Aktivitesine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2007.
36. Özdemir Ö. Accumulation of selenium in different wheat genotypes and its protective role against various abiotic stress factors, MSc Thesis, Biological Sciences and Bioengineering, Sabancı University, İstanbul, 2008.
37. Molnárová M, Fargašová A. Se (IV) phytotoxicity for monocotyledonae cereals (*Hordeum vulgare* L., *Triticum aestivum* L.) and dicotyledonae crops (*Sinapis alba* L., *Brassica napus* L.). Journal of hazardous materials, 2009;172(2-3):854-861.
38. Harmankaya M. Orta Anadolu bölgesinde toprakların ve buğdayın selenyum düzeyinin belirlenmesi ve selenyum gübrelmesine farklı buğday genotiplerinin tepkisinin araştırılması, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2000.
39. Yao X, Chu J, Wang G. Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. Biological Trace Element Research, 2009;130(3):283-290.
40. Hawrylak-Nowak B, Matraszek R, Szymańska M. Selenium modifies the effect of short-term chilling stress on cucumber plants. Biological trace element research, 2010;138(1-3):307-315.
41. Gökbulut T. Bazı buğday çeşitlerinde selenyum birikimi ve selenyum toksisitesinin antioksidan enzim aktivitesine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2010.
42. Saffar Y A, Lahouti M, Ganjeali A. The effects of different selenium concentrations on some morpho-physiological characteristics of spinach (*Spinacia oleracea* L.). Journal Of Horticultural Science, 2012;26(3).
43. Irmak S, Semercioğlu T. Çukurova Bölgesi'nde yetiştirilen bazı buğday (*Triticum* Spp.) çeşitlerinde toprak-bitki selenyum içeriği arasındaki ilişki. International Journal of Agricultural and Natural Sciences, 2012;5(2):19-23.
44. Abbas SM. Low levels of selenium application attenuate low temperature stress in sorghum [*Sorghum bicolor* L. Moench] seedlings. Pakistan Journal of Botany, 2013;45(5):1597-1604.
45. Topal N ve Kenanoğlu BB. Bazı Mısır (*Zea mays* L.), Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench) ve Sudan otu (*Sorghum sudanense*) Çeşitlerinde Tohum Canlılığı Üzerine Selenyumun Etkisi. Edt; Kaya M, Şener A, Bıçakçı E, Bıyıklı M, Karaman R. Türkiye 13. Ulusal, 1. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi; 01-04 Kasım 2019; Antalya, Türkiye, 2019: 321-329.
46. Nawaz F, Ashraf MY, Ahmad R, Waraich EA. Selenium (Se) seed priming induced growth and biochemical changes in wheat under water deficit conditions. Biological Trace Element Research, 2013;151(2):284-293.
47. Khaliq A, Aslam F, Matloob A, Hussain S, Geng M, Wahid A, Rehman H. Seed priming with selenium: consequences for emergence, seedling growth, and biochemical attributes of rice. Biological trace element research, 2015;166(2): 236-244.



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa
Bilimleri Dergisi**
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.825931>



Derleme makalesi

Sığır Sürülerinde Hiyerarşik Davranışların Sürü Yönetimine Etkileri

Mustafa Varol^{1}, Sibel Alapala Demirhan*

¹ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Isparta, Türkiye

² Zootekni Bölümü, Ziraat Fakültesi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye

Geliş: 16 Kasım 2020

Kabul: 14 Nisan 2021 / Received: 16 November 2020

Accepted: 14 April 2021

Abstract

Dairy and beef cattle, like most living communities, are a social species and have a social order. In order to be successful in cattle breeding, it is necessary to know these social behaviors well, to establish a social hierarchical order and to plan the herd management well. Social behaviors include relationships and communications among individuals such as breeding, maternal relationships or play behaviors. Understanding these behaviors provides a significant convenience in terms of care and herd management, herd stress, productivity increase and animal nutrition. The formation of a hierarchical order in the herd management is important for the individuals living in a certain social order to survive without any adversity, and to eliminate the stress, loss of productivity and physical injuries between individuals that will result from agonistic behaviors.

Herd management can be achieved by paying attention to factors such as shelter layout, cold-heat stress, and transportation, as well as by understanding the behavioral characteristics that exist between animals. With a good herd management, it is possible to produce high quality and continuous meat-milk production and to ensure efficiency by obtaining higher efficiency from cattle. Good herd management means less stress, more welfare, more yield. Hierarchical behavior, which has been among the animal behaviors that have existed since the past, should be used positively in herd management

In this study, it was prepared to determine how hierarchical behaviors affect herd management and productivity in dairy and beef cattle herds.

Keywords: *Animal behavior, herd management, beef cattle, dairy cattle.*

Özet

Süt ve besi sığırları çoğu canlı topluluğu gibi sosyal bir türdür ve sosyal bir düzenleri vardır. Sığır yetiştiriciliğinde başarılı olmak için bu sosyal davranışları iyi bilmek, sosyal hiyerarşik düzeni oluşturmak ve sürü yönetimini iyi planlamak gerekmektedir. Sosyal davranışlar bireylerin kendi arasında üreme, ana yavru ilişkileri veya oyun davranışları gibi ilişkileri ve iletişimlerini içermektedir. Bu davranışları anlamak, bakım ve sürü idaresi, sürü stresi, verim artışı ve hayvan besleme konularında önemli bir kolaylık sağlamaktadır. Sürü idaresinde hiyerarşik düzenin oluşması, belli bir sosyal düzen içerisinde yaşayan bireylerin herhangi bir olumsuzluk yaşamadan yaşamlarını idame ettirmesi ve agonistik davranışlar sonucu meydana gelecek stres, verim kaybı ve bireyler arası fiziksel yaralanmaların ortadan kalkması için önemlidir.

Sürü yönetimi barınak düzeni, soğuk-sıcak stresi, nakil gibi faktörlere dikkat edilerek sağlanabildiği gibi hayvanlar arası var olan davranışsal özelliklerin anlaşılması sayesinde de sağlanabilmektedir. Sığırlardan

*Corresponding author: Mustafa Varol

E-mail: mustafavarol15@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-3468-2137

©2021 Usak University all rights reserved.

daha yüksek verim elde edilerek kaliteli ve devamlı et-süt üretimi yapmak, verimliliği sağlamak iyi bir sürü yönetimi ile mümkündür. İyi bir sürü yönetimi demek, daha az stres, daha fazla refah, daha fazla verim anlamına gelir. Geçmişten beri var olan hayvan davranışları arasında bulunan hiyerarşik davranışın, sürü yönetiminde olumlu şekilde kullanılması gerekmektedir.

Bu çalışma, süt ve besi sığırları sürülerinde hiyerarşik davranışların sürü yönetimini ve sığırlarda verim üzerine etkilerini belirlemek amacıyla hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hayvan davranışı, sürü yönetimi, besi sığırları, süt sığırları

©2021 Usak University all rights reserved.

1. Giriş

Tüm hayvanlar ortak beslenme, çiftleşme ve nesillerini sürdürme amacı ile gruplaşma ve sosyalleşme eğilimi gösterirler [1]. Çiftlik hayvanlarının büyük bir kısmı da çoğu canlı topluluğu gibi sosyal bir türdür ve sosyal bir düzenleri vardır. Hayvan yetiştiriciliğinde başarılı olmanın koşullarından biri de bu sosyal davranışları iyi bilmek, sürü yönetimini iyi planlamaktır. Sosyal davranışlar iki veya daha fazla birey arasındaki, ana yavru ilişkileri, oyun davranışları, üreme davranışları, birbirlerini koklamak veya vücut temasında bulunarak iletişim kurmak gibi karşılıklı ilişkileri içerir [2]. Hayvan davranışlarını anlamak; bakım ve sürü idaresini kolaylaştırması, sürü stresinin azaltılması, verim artışı, çiftleşme, döl verimliliği, beslenme, sağlık ve hayvan refahı için önemlidir. Bireyler arasındaki sosyal iletişim ve düzenin oluşması sürü içerisindeki hayvanların birbirini kabul etmesi ve hiyerarşik düzenini oluşturması ile başlar [3]. Hiyerarşi düzenini; canlı ağırlık, boynuzluluk, yaş, cinsiyet, cüsse, hastalık, huy, genetik yapı ve yaşa bağlı tecrübeler gibi birçok etmen etkilemektedir. Bir sığır sürüsündeki hiyerarşik düzen aynı yaş ve cinsiyet grubundaki hayvanlar arasında olduğu gibi, özellikle boynuzlu hayvanlardan boynuzsuz hayvanlara, yaşlı hayvanlardan genç hayvanlara veya erkek hayvanlardan dişi hayvanlara doğru bir sosyal düzen söz konusudur. Sürüdeki bireyler, bu sosyal düzene uyduğu sürece barınacak, beslenecek ve sürü içerisine bir yer edinecektir [4].

Hayvansal üretimde sosyal hiyerarşinin, alt sıralarda kalan genetik olarak üstün bireylerin potansiyellerini ortaya çıkaramaması gibi bir takım olumsuzlukları olmasına karşın, genellikle yararlıdır. Çünkü belli bir sosyal düzen içerisinde yaşayan bireyler herhangi bir sorun olmadan yaşamadan yaşamlarını idame ettirirler. Ayrıca sosyal hiyerarşi, sürü idaresinde kolaylık sağladığı gibi mücadele davranışlarını azaltarak gereksiz enerji tüketimini, üstünlük kurma çabalarından kaynaklı yaralanmaları ve bireyler arası tehdit sonucu stres oluşumunu azaltarak bunlara bağlı verim kayıplarının önüne geçilmesini sağlamaktadır. [2].

2. Hiyerarşik Davranışların Önemi

Hayvanlardaki sosyal hiyerarşik davranışlar ile ilgili çalışmalara uzun yıllar önce başlanmış ve önemli bulgular ortaya çıkarılmıştır. Çalışma konumuz ile bağlantılı olarak, süt sığırcılığında sosyal davranışlar ilk kez 1853 yılında Low [5] tarafından incelenmiş, sonrasında ise yaklaşık bir asır sonra Woodbury [6] tarafından ele alınmıştır. Tam olarak sosyal hiyerarşi ilişkilerinin incelenmesi ise 1955 yılında Schein ve ark. [7] tarafından gerçekleştirilmiştir. [8]. Ülkemizde ise sosyal davranışlar, hiyerarşi ve refah konularının hakkında önceki yıllarda çok çalışma bulunmasa da son yıllarda konunun önemi fark edilmiştir.

Ülkemizde bu tür araştırmaların geç kalmasının, hayvancılık işletmelerinin genellikle küçük ve aile işletmesi şeklinde olmasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu işletmelerde az sayıda ve aynı bölmede ya da ortak merada otlayan bireyler bir birini tanıyabilir ve sorunlu hiyerarşi davranışları çok görülmeyebilir. Örneğin bir sığır ortalama 50-70 adet bireyi tanıyabilir ve sürüden ayrılrsa bile bir süre hatırlayabilir [9]. Bu tip işletmelerde işletme başına düşen hayvan sayısı az olması sebebiyle basit bir sosyal düzen vardır. Bu tip sürülerde dominant veya lider olarak adlandırılan bir sığır mevcut olup, aralarında sağladıkları üstünlük oranında liderin altında hiyerarşik düzeni oluşturan tüm bireyler arasında da dominans ilişkisi vardır. [4].

Sığır sürülerine dışarıdan bakıldığında, lider olarak adlandırılan hayvan fiziksel üstünlük, yaş, canlı görünüm, başını dik tutuş ya da diğer bireylerden üstünlük sağladığı boynuz varlığı, ağırlık ya da türe özgü morfolojik üstünlük ile sürü içerisinde ilk göze çarpan ve dikkati çeken hayvan olarak tanımlanmaktadır. Bu tip hayvanlara diğer canlılardaki gibi baskın yani "alfa hayvan" denir. Alfa hayvan sürüde ortak kullanılan yemlik, suluk, dinlenme ve yataklık gibi alanlara geç katılsalar bile önceliğe sahiptirler. Baskın hayvanın altında yer alan, lidere itaat etmek zorunda kalan hayvanlara ise "omega hayvan" denir [4]. Bu özellikteki çiftlik hayvanları, lider hayvana veya sosyal düzen içerisinde kendinden üstün kabul ettiği sürüdeki diğer hayvanlara saygısını ve çekincesini belirtmek için kulak ve başlarını her zaman için daha aşağı seviyede tutmak zorundadırlar. Hiyerarşik düzenlerde yaklaşık böyle bir durum söz konusu olup, bunun aksi bir hareket yapması durumunda ortaya çıkacak kavgaya memeli beyni temel çalışma mekanizması olan; karşılık vermek(Savaş) veya kaçmak(Kaç) şeklinde tepki göstermek mecburiyetinde kalmaktadır [4,9].

Çiftlik hayvanları kararlarını ve davranışlarını diğer hayvanlar gibi mantıksal değil içgüdüsel olarak, kalıtım ve çevrenin etkisiyle belirlerler ve bunları etkileyen birçok etmen vardır [10]. Sığırlardaki bu tür davranışları etkileyen etmenler ırk, tür, cinsiyet ve bireysel varyasyon olarak sıralanabilir. Genetik parametreler açısından agresif davranışlar sergileme ve bu tarz davranışlara maruz kalma olarak düşünüldüğünde ise agresif davranışlar sergilemenin daha yüksek bir kalıtım derecesine sahip olduğu bilinmektedir [11]. Ayrıca yapılan bir çalışmada; ırklar arasında baskınlık karakterleri olduğu, Angus ırkı ineklerin Shorthorn ırkı ineklerden daha baskın olduğu ve her ikisinin de Hereford ırkı ineklerden daha baskın olduğu, diğer bir çalışmada ise Siyah-Beyaz x Jersey melezlerinin Avrupa Bizonundan daha agresif ve sosyal gerilime daha dayanıklı olduğu bildirilmiştir (12). Davranışsal olarak ise sosyal sıralamada önde olmak ve grup içinde üstünlük kurmak için özellikle sürüdeki erkekler yeri boynuzlama, eşeleme, tehdit edici yan bakış ve ani tepki vermeye hazır bir duruş gösterir. Başın aşağıda tutularak rakibe dik bakma, arka ayakları öne çekerek dik durması ve böğürerek başıyla diğer hayvana boynuz atması da en fazla görülen üstünlük kurma çabalarındandır. Genellikle erkek hayvanların bulunduğu besi işletmelerinde bu tip davranışlar daha çok görülmekte, süt sığırcılığı işletmelerinde daha az karşılaşılmaktadır. İnekler arasında kavga davranışı nadiren ortaya çıkmakta, genellikle yem mücadelesi için karşılaşılan bu durumda ineklerin birbirlerinin yan taraflarını hedef alarak saldırdıkları veya toslaştıkları gözlenmektedir [4,9,13,14].

Hayvansal üretimde bu tür davranışlar sürü içerisindeki stres yoğunluğunu arttırmakta, işletme için önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır [2,15,16]. Ancak merada ve meradan dönüş zamanlarında, ahır giriş ve çıkış zamanlarında ya da sağıım zamanlarında insan faktörünün de etkisi ile sürüdeki hiyerarşik sıralamanın ortadan kalktığını görmek mümkündür. Erkek ve dişilerin karışık olarak meraya gönderildiği sürülerde ise doğal ortamlarındaki hiyerarşik dağılıma benzer olarak 2 yaş ve üzerindeki boğalar bütün

sürüye egemen olup, aralarında ise, fiziksel üstünlükleri oranında bir hiyerarşik konuma sahiptirler. 1-2 yaş arasındaki tosunlar ise, düve ve dişi danalara hâkimiyet kurmalarına karşılık, ergin ineklere karşı etkisiz kalmakta ve onlara da hükmedebilmek için sık sık ergin ineklerle kavga etmektedirler [4].

Sosyal hiyerarşi oluşmuş sürüye o yıl giren genç hayvanların ve dışarıdan getirilen yabancı hayvanların girişi kısa süreli bir kargaşa oluşturmakta, sürüye yeni giren hayvanların hiyerarşide yerini bulmalarıyla birlikte genellikle son bulmaktadır [3,16,2]. Birleştirilen sürülerde bir grup içerisinde lider ve baskın olan sığır, başka bir grupta baskın bireyi yenmeyi göze almazsa ancak itaatkâr olduğu takdirde kabul görmektedir. Bu nedenle sürüye yeni girenler ilk birkaç gün sürüden ayrı bir yerde gruplaşarak durmakta, arada bir yerli sürünün fertleri ile vücut teması ve koklaşmak suretiyle tanışma davranışları sergilemektedirler. Sürüye yeni dahil olan sığır grubu ferdi olarak kabul edilmektedir. Her bir yeni birey, eski sürünün fertlerine itaat ettiğini gösterir davranışları sergilediği takdirde sürüye kabul edilmekte, yem yemesine, yataklık alanlarından yararlanmasına izin verilmektedir. Agresif davranan yeni birey ise, sürüden dışlanmakta yem yemesine veya su içmesine izin verilmemektedir. Ancak kavga davranışı ile üstünlük sağlayabilirse, üstünlük oranında sosyal düzende bir yer edinmektedir [2,4,36,37]. Birleşme süreleri sürüye göre değişmekle birlikte sürülerin içindeki tecrübeli birey sayısının yoğunluğuna göre değişiklik göstermektedir. Bouissou [17] yaptığı bir çalışmada farklı bölümlerden bir araya getirilen düvelerin %70' inin ilk on dakikada, toplamda ise bir saat içerisinde sosyal düzende yer aldıklarını, sürü içerisindeki deneyimli bireylerin bu sıralamayı daha az mücadele ile daha kısa sürede tamamladığını bildirmiştir. Diğer taraftan, daha büyük popülasyona sahip sığır sürülerinde ise sosyal düzen daha karmaşıktır. Sürü yönetimi için popülasyonu ve gruplaşmaları daha dikkatli incelemek gerekmektedir. Grupların oluşmasında vücut cüssesi, boynuz, yaş, cinsiyet ve mizaç gibi faktörler önemli bir etkiye sahiptir. Fiziksel olarak üstün olan; cüssesi büyük, canlı ağırlığı yüksek, cidago, sağrı ve ön kürekler arkası göğüs çevresi genişliği fazla olan inekler, sürü içerisindeki her grupta sosyal olarak iyi bir yer alma ihtimalleri yüksektir. Grup içerisindeki genç bireylerin genotipik özellikleri ve çevre etkisiyle sosyal sıralamalarında kısa süreli değişiklik olabilir, fakat bir süre sonra yaşayan hayvanlar arasında oluşan sosyal hiyerarşideki sıralamanın genellikle sabit kaldığı ifade edilmektedir [4]. Sürü içerisindeki sosyal sıralamanın canlı ağırlık [18], göğüs genişliği [19] ve cidago yüksekliği [20] ile pozitif yönde bir ilişkisinin olduğunu bildirmiştir.

Sığırlar arasındaki kavga tüm ruminantlarda olduğu gibi kafa kafaya toslaşma şeklindedir [21]. Büyükbaş ve küçükbaş hayvanlar genellikle alınları ya da boynuzları ile birbirlerine saldırır. Bu yüzden sosyal hiyerarşinin oluşumuna hayvanın boynuzluluğu en önemli faktör, canlı ağırlığı ve yaşı diğer önemli faktörler olarak bilinmektedir. Hiyerarşinin üst noktalarında boynuzlu hayvanlar olup yaşça küçük ve düşük canlı ağırlığa sahip olsalar dahi bazı hayvanlar sahip oldukları boynuz sayesinde sosyal sıralamada üst noktalarda kendilerine yer edinebilirler. Hayvanlarda boynuzun varlığının yanında boynuzun şekli ve büyüklüğünün de baskınlıkta önemli bir faktör olduğu bilinmektedir. Hayvanlarda yaşla beraber kazanılan tecrübe ve artan canlı ağırlık, hiyerarşide yükselmelerine neden olmaktadır. Buna ek olarak fertlerin çoğunluğunun boynuzsuz olduğu bir sürüde boynuzlu bir sığır her zaman için sosyal olarak kendine iyi bir yer edinebilmektedir. Düveler ve genç danalar, gruplaşmanın en bariz olarak gözlemlendiği çağ grupları olup, günün önemli bir kısmında kendi aralarında ve ayrı bir yerde toplu olarak hareket ettikleri rahatlıkla gözlemlenmektedir. Bu gibi sürülerde yaşlı inekler, genç inekler, düveler, dişi danalar olmak üzere hiyerarşik bir düzen dâhilinde sıralanmaktadır. [22,23,24,25,26,27,28,29,30,2,3]. Ayrıca sürü içerisindeki baskın annelerinin yavruları da baskın olma eğilimindedir [31,32,13]. Bu da baskın yavruların kaynakları daha iyi

kullanması, daha çabuk kilo alması ve daha verimli olmasını sağlamaktadır [12,13,33,34,35].

Sığırlar arasındaki sosyal ilişkiler, ülkemizde yeni bir konu olmakla beraber, sürü idaresinde dikkate alınmayan ancak süt, et ve özellikle döl verimi gibi verimler üzerinde önemli bir etkiye sahip çevre faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır. Sürü idaresinin iyi planlanmaması veya yönlendirilmemesi sonucu ortaya çıkan sosyal stres, verimlilik adına birçok olumsuzluğun kaynağı olarak görülmektedir. Diğer konularda da bahsedildiği gibi, sığırlar bedensel ve psikolojik olarak rahat ettiği sürece verimli olacaktır. Bu noktadan hareketle sürünün veya sürü içerisindeki sığırların sosyal strese maruz kalmasını önleyecek tedbirlerin alınması gerekmektedir. Yetişkinlerle herhangi bir temas kurmadan aynı cinsiyetten genç gruplar halinde yetiştirilen hayvanlar, ergenlik çağında çok geç dönemde baskınlık ilişkileri sergilemektedir [38]. Sosyal olarak güçlü bir sürü arzu ediliyor ise, sığırların genç yaşlardan itibaren bir arada büyümelerine ve devamlı surette vücut temasında bulunmalarına izin verilmelidir. Birbirinden ayrı bölmelerde büyütülen sığırların daha sonra bir araya getirilmeleri halinde, birbirleri ile agresif davranışlara girdikleri, sosyal düzenin oluşmasının bir arada büyüyen sığırlara oranla daha uzun zaman aldığı gözlemlerle tespit edilmiştir [4,39,40].

Doğal yaşamdaki hayvanlar daha geniş bir alanda yaşamlarını sürdürdükleri için kaynakların kullanımında bağımsız olabilmektedirler. Ancak sürü halinde yaşayan çiftlik hayvanları nispeten sınırlı çevre koşullarında yaşamlarını sürdürmektedirler. Hayvanları dar alanlarda sınırladığımızda veya kapattığımızda, onların doğal olarak oluşturdukları bireysel mesafeleri azalttığımızda tüm sürü boyunca stres yaşandığını görürüz. Bunun sonucunda başat hayvanlar üstünlüklerini korumak için daha fazla çaba harcayacak, tepkilerinde daha saldırgan olacaklardır. İtaat eden hayvanlar da öncekinden daha sinirli, ürkek olurlar ve bu durum tüm sürüye yayılır. Sürü içerisinde gerek gerekse ahır durağı değiştirilen bir ineğin sosyal strese maruz kaldığı bunun da veriminde düşmeye yol açtığı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle yer değiştirme işleminin mümkün olduğunca yapılmamasına veya yer değiştirme zorunluluğu var ise, ferdi olarak değil sığırların grup olarak hareket ettirilmelerine özen gösterilmelidir [21,24,41].

2.1. Hiyerarşinin beslenmeye etkileri

Hayvanlar arasındaki hiyerarşi ve sosyal diziliş, mera veya çayırdaki yeteri kadar yem ve su sağlandığı takdirde üretimi önemli ölçüde etkilemese de kapalı yetiştirme koşullarında etkisinin çok daha fazla olduğu görülmektedir. Özellikle, sığırlar kış bölmelerine alınacağı zaman damızlık olacak düvelerin, genç boğaların ve zayıf dişlere sahip ineklerin, ayrı beslenmelerini gerektirir. Bu yüzden sürü içerisindeki sosyal diziliş, sınırlı yemleme koşullarında da büyük önem kazanır [39].

Yapılan çalışmalar sığırların sosyal sıralaması ile beslenme davranışı arasında kesin ve önemli bir ilişki olduğunu göstermiştir. Baskın bireyler yemliklerde ve yemliğe yakın yerlerde toplanır ve özellikle yem sınırlıysa istedikleri yemleri ilk yiyen onlar olur. İtaat eden bireyler ise yemlikten uzaklaşır, gece veya yemlikte başka hayvan olmadığı zamanlarda yemleri yiyebilir ya da aç kalırlar. Bu yüzden özellikle yemleme esnasında hayvanların birbirleri ile vücut teması yaparak yemlenmelerini sağlamak gerekmektedir. Yemlenen sığırların vücut temaslarını engelleyecek düzenekler sürekli rekabet halinde olmaları hatta kavgaya etmelerine yol açmaktadır. Bu yüzden çiftlik hayvanlarında sosyal hiyerarşi ve agresif davranışlar verimlere doğrudan veya dolaylı olarak etki edebilmektedir. Bu konuda işletmelerde kullanılan sığırların başını yemleme bölümüne çıkardıkları ama geriye çekemedikleri, vücutlarının serbest olduğu kilit sistemleri,

hayvanların vücut teması için ideal ortam hazırlayarak rekabet faktörlerini ortadan kaldıracaktır [2,4,8,42,43,44].

Yapılan bir çalışmada rasyondaki enerji seviyesinin artırılması bir takım agresif davranışların ortaya çıkmasına neden olabileceği belirtilmiştir. Bu da hem sürü idaresini zorlaştırmakta özellikle yemleme sırasında rekabetçi ortamı oluşturmakta, dolayısı ile diğerlerinin yemlenmesini engellemekte ve buna bağlı olarak gelişimlerini sınırlamaktadır. Özellikle bu gibi agresif davranışlar kesim öncesi hayvanların yaralanmalarında ve dolayısıyla karkas kalitesini düşürmektedir. Bu bakımdan agresif hayvan davranışları bir takım idari tedbirlerle kontrol altına alınmaması, yapılan besinin ekonomikliğinin kaybolmasına neden olacaktır [39]. Özellikle ülkemizde sayısı giderek artan kültür ırkı sığırlarda tüm bu bahsedilen olumsuz koşulların etkisi daha fazla görülmektedir. Bu bakımdan sürüdeki hiyerarşik oluşumun takip edilerek sosyal stresin önlenmesi ve yeterli konfor alanı oluşturularak üstünlük davranışlarının azaltılması gerekmektedir. Mücadele davranışının azalması ve konfor alanının artması ile geniş getirme süresi artarak, yemden yararlanma daha fazla olacaktır. Bu da daha çok ve daha ekonomik süt ve et üretimi sağlayacaktır [2,4,16].

2.2. Hiyerarşinin Döl ve Süt Verimine Etkileri

Sığır sürülerinde hiyerarşik davranışların etkilerinin fazlaca görüldüğü alanlardan biri de döl ve süt verimidir. Özellikle süt yönlü yetiştiricilik yapılan işletmelerde döl ve süt verimi önem arz etmektedir. Çok görülme de hiyerarşik davranışların olumsuz etkileri bu işletmelerde en aza indirilmelidir.

Alvarez ve ark. [45] hiyerarşinin üst sıralarından alt sıralarına doğru kızgınlık gösterme ve gebe kalma bakımından bir sıralamanın olduğunu belirtmektedirler. Macmillan ve ark. [46] yapmış olduğu bir çalışmada Yeni Zelanda' da 200'den fazla inekten oluşan büyük sürülerde sosyal stresin bir sonucu olarak genç ineklerde doğurganlığın azaldığını ve kısa östrus döngülerinin ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Benzer olarak, Boissou [17] yapmış olduğu bir çalışmada büyük sürülerde döl verim problemlerinin ortaya çıkabileceğini, gebe kalma oranında %10'luk bir azalma ve 2 yaşına gelmiş ama hala östrus göstermeyen hayvanların olduğunu bildirmiştir.

Sürü içerisinde yalnızca östrusta ve gebe olan hayvanların sosyal sıralamadan hormonların etkisi veya annelik içgüdüsünün ön planda olmasıyla etkilenmediği, ancak buzağı doğduktan sonra sosyal sırasına geri döndüğü görülmüştür [8]. Burada dikkat edilmesi gereken nokta bilindiği üzere laktasyondaki inekler genellikle daha çekingen olurlar. Baskın olma eğiliminden çok, annelik içgüdüğü doğrultusunda sosyal davranışlarda bulunurlar. Bu yüzden sosyal sıralaması oluşmuş sürülere yeni doğum yapmış ineklerin katılmasında dikkatli olunmalıdır. Hatta bu ineklerin daha az baskınlık kurma yönünde olan bireylerle birlikte ayrı bir gruba alınması sürü içerisindeki sosyal stresi azaltır [50,8].

Süt veriminde de benzer olarak hiyerarşik sıralamalar iyi yönetilmediği takdirde olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır. Özellikle sağım ünitesinde, kişisel alanlarını ihlal etme korkusuyla dominant hayvanların yanında duran ineklerin daha az süt ürettiği gözlemlenmiştir [51]. Sürü içerisindeki sosyal sıra davranışlarının sonucu oluşan stresin süt veriminde %5'lik bir düşüş meydana getirdiği bildirilmektedir [7,8,44]. Çevresel etkilerden çok çabuk etkilenen süt veriminde ancak sürüde stres faktörü olmadan, dinlenme ve konfor seviyesinin yükselmesiyle gerçek verim seviyelerine ulaşılmaktadır.

İnek mücadele davranışına girmeden, stres faktörü olmadan yatarak dinlendiğinde meme bezinde kan akışı %20-25 artmakta, böylece yemden yararlanma ve süt veriminde yükselme olmaktadır. Yapılan araştırmalara göre yatma süresinin günde bir saat daha fazla olması durumunda süt veriminde 0.9-1.5 kg arasında bir artış olduğu bildirilmiştir [47,48,49].

Hiyerarşik davranışların olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması ve olumlu etkilerinin kullanılması için iyi bir sürü yönetimi planlanarak uygun yetiştirme sistemi, uygun yerleşim sıklığı, hayvanların yaş ve fizyolojik dönemlerine göre gruplandırılması, yeni hayvan girişlerinin kısıtlı ve kontrollü yapılması, sürüde sürekli huzursuzluğa strese neden olan hayvanların verimlerine de bakılarak gerekirse sürüden ayıklanması ve hayvanların kaynaklardan eşit biçimde yararlanmasını sağlayıcı tedbirlerin alınması önemli uygulamalar olarak ilk etapta uygulanabilir [2,52].

3. Sonuç

Süt ve besi sığırcılığında hiyerarşi ve sürü yönetimi, ekonomik olarak etkinin en fazla görüldüğü konulardır. Bu yüzden sosyal hiyerarşinin, bazı verim özelliklerine olumsuz etkisini en aza indirebilmek için hayvan davranışlarının dikkatle takip edilmesi ve iyi bir sürü idaresine ihtiyaç duyulmaktadır [42]. Aynı zamanda hayvanların verimlerine sosyal sıralamadaki yerlerinin de etkisinin olduğu bilinmeli, damızlık niteliği iyi olduğu halde sosyal sıranın en altlarında yer aldığı için verimsiz olduğu düşünülen hayvanların damızlıktan çıkarılmasını önlemek için ıslah programlarında sosyal sıralamanın bir çevre faktörü olarak gözetilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde, süt ve besi sığırı sürülerinde hiyerarşik davranışların sürü yönetimine ve verime olumlu veya olumsuz etkisini ortaya koyma amaçlı yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Son yıllarda artan nüfus ve beslenme ihtiyaçları doğrultusunda hayvan verimlerini arttırıcı unsurların tamamının dikkate alınması gerekmektedir. Sığırlar bedensel ve psikolojik olarak rahat ettiği, hiyerarşik düzeni oluşturduğu ve sosyal stresten uzak olduğunu zaman daha verimli olacaktır.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde hayvanlar arası var olan hiyerarşinin sürü yönetimine olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sosyal hiyerarşik davranışlar ile sürü içi düzenin sağlanması gerçekleşmektedir. Hayvanlar arasında agresif davranışların sergilenmesi ve düzeyi noktasında varyasyon görülmektedir. Bu varyasyonların belirlenmesi için ıslah çalışmalarında hayvanları agresif davranışlar anlamında bireysel olarak irdeleyen hayvan mizacı çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Sonuç olarak besi ve süt sığırı işletmelerinde sürü idaresi ve işletme karlılığı için sığırların mizaç özellikleri iyi bilinmeli ve takip edilmelidir. Sosyal etkileşimleri, hiyerarşi ilişkilerinin takibi yapılmalıdır. Hiyerarşik davranışlar iyi takip edildiğinde sürü yönetimine olumlu katkı sağlamaktadır.

Kaynaklar

1. Göncü KS. Barınak planlama ile sürü idaresi açısından hayvan davranışları ve bunun sığır yetiştiriciliği optimizasyonunda kullanımı. 4. Ulusal Zootečni Bilim Kongresi;2004; 1-4 Eylül 2004, 240-246: Isparta.
2. Tölü C, Savaş T. Çiftlik hayvanlarında sosyal sıra ve antagonist davranışlar. Hayvansal Üretim Dergisi, 2006; 47(2):26-31.

3. Karaağaç F. Entansif koşullarda yetiştirilen yumurtacı tavuklarda ve besi kuzularında gözlenen anormal davranışlar. Sağlık Bil. Enst. Zootekni Anabilim Dalı, [Doktora tezi]. İstanbul; İstanbul Üniversitesi; 2002
4. Anonim. Sığırlarda sosyal davranış.2020a.
https://amasyadyseb.org/public/docs/045_suru_idaresinde_basari.pdf. Son erişim tarihi:10.06.2020.
5. Low D. On the domesticated animals of the British Islands. 1853. Boston.
6. Woodbury AM. Changing the "hook-order" in cows. Ecology, 1941;22:410.
7. Schein MW, WH Fohrman. Social dominance relationships in a herd of dairy cattle. Brit. J. Anita. Behav. 1955; 3:45.
8. RC Lamb. Relationship Between Cow Behavior Patterns and Management Systems to Reduce Stress Journal of Dairy Science, 1976 ; 59, (9): 1630-1636.
9. Anonim. Sığır davranışları.2020b.
<http://cdn.istanbul.edu.tr/FileHandler2.ashx?f=sigir-davranislari.pdf>. Son erişim tarihi:11.06.2020.
10. Grandin T, MJ. Deesing Chapter 1 - Behavioral Genetics and Animal Science. Genetics and the Behavior of Domestic Animals (Second Edition) 2014; Pages 1-40
11. Akbaş A. Çiftlik hayvanları davranışlarının genetik parametreleri. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 2013;10(3): 193-200
12. Wagnon KA, RG Loy, WC Rollins, FD Carroll. Social dominance of a herd of Angus, Hereford and Shorthorn cows. Anim. Behav. 1966;14:474-479.
13. BF Sowell, JC Mosley, JGP Bowman. Social behavior of grazing beef cattle: Implications for management. Journal of Animal Science, 2000; 77:1-6.
14. Anonim. Hayvan Davranışları. 2020c.
https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/satasev/110425/Hayvan_Davranislari_ders_notlari.pdf. Son erişim tarihi: 10.06.2020.
15. Barroso FG, Alados CL, Boza J. Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. Appl. Anim. Behav. Sci., 2000;(69): 35-53.
16. Tölü C, Savaş T. Süt keçilerinde agonistik davranışlar ve yetiştirme problemleri. Süt Keçiciliği Ulusal Kongresi; 2005; 26-27 Mayıs 2005, İzmir: 89-94.
17. Bouissou MF. Social relationships in domestic cattle under modern management techniques, Italian Journal of Zoology,1980;47;(3-4):343-353
18. Sołtysiak T, Nogalski Z. The effects of social hierarchy in a dairy cattle herd on milk yield. Pol. J. Natur. Sc., 2010;25(1): 22-30.
19. Beilharz RG, Mylrea J. Social position and behaviour of dairy heifers in yards. Anim. Behav. 1963;(11):522.
20. McPhee CP, G McBride, JW James. Social behavior of domestic animals. III. Steers in small yards. Anim. Prod.,1964;(6):9.
21. Cengiz F. Sığırların ve koyunların davranışları. Eskişehir; Anadolu Üniversitesi Yayın No: 2332;(2): 20-41.2013.
22. Dawkins R. Gen bencilidir-The selfish gene. Oxford University Pres;1976. Çeviri: Asuman Ü. Müftüoğlu, TÜbitak popüler bilim kitapları 19, 4. Basım, Mayıs 2001.
23. Conway MLT, Blackshaw JK, Daniel RCW. The effects of agonistic behaviour and nutritional stress on both the success of pregnancy and various plasma constituents in Angora goats. Appl. Anim. Behav. Sci. 1996; (48): 1-13.
24. Pusey A, Williams J, Goodali J. The influence of dominance rank on the reproductive success of female chimpanzees. Science, 1997;(277): 828-831.
25. Drickamer LC, Arthur RD, Rosenthal TL. Predictors of social dominance and aggression in gilts. Appl. Anim. Behav. Sci., 1999; (63):121-129.
26. Cote SD. Dominance hierarchies in female goats: stability, aggressiveness and determinants of rank. Behaviour., 2000;(137):1541-1566.

27. Cote SD, Festa-Bianchet M. Reproductive success in female goats: the influence of age and social rank. *Anim. Behav.*, 2001;(62):173-181.
28. Phillips CJC, Rind MI. The effects of social dominance on the production and behavior of grazing dairy cows offered forage supplements. *J. Dairy Sci*, 2002;(85): 51-59.
29. Tölü C, Savaş T. Factors affecting development of rank-order in goats. The second joint meeting of Departments of Animal Science of the Balkan countries associated with the 32 nd Annual Session of Scientific Communications of the Bucharest Faculty of Animal Science,2003; 15-17 Oct. 2003; Romania.
30. Holand Ø, Gjøstein H, Losvar A, Kumpula J, Smith ME, Røed KH, Nieminen M, Weladji RB. Social rank in female reindeer [*Rangifer tarandus*]: effects of body mass, antler size and age. *J. Zool.*,2004; (263): 365-372.
31. Tyler SJ. The behaviour and social organization of the New Forest ponies. *Anim. Behav. Monogr.*, 1972;(5):87-196.
32. Clutton-Brock TH, SD Albon, FE Guinness. Great expectations: Dominance, breeding success and offspring sex ra-tios in red deer. *Anim. Behav.*, 1986;(34):460-471.
33. Broom DM, JD Leaver. Effects of group-rearing or partial isolation on later social behaviour of calves. *Anim. Behav.*, 1978;(26):1255-1263.
34. Bennett IL, VA Finch, CR Holmes. Time spent in shade and its relationship with physiological factors of thermoregulation in three breeds of cattle. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 1985; (13):227-236.
35. Bennett IL, CR Holmes. Formation of a feeding order in a group of cattle and its relationship with grazing behaviour, heat-tolerance and production. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 1987;(17):9-18.
36. Jameson KA, Appleby MC, Freeman LC. Finding on appropriate order for a hierarchy based on probabilistic dominance. *Anim. Behav*, 1999; (57):991- 998.
37. Pedersen LJ, Heiskanen T, Damm BI. Sexual motivation in relation to social rank in pair-housed sows. *Anim. Reprod. Sci*, 2003;(75): 39-53.
38. Bouissou MF. Etude du developpement des relations de dominance-subordination chez les jeunes bovins i l'aide d'e'preuves de com pTition alimentaire. *Biol. Comp.*, 1977; (2): 213-221.
39. Bozkurt Y, Özkaya S. Yarı açık besi sistemlerinde yüksek enerjili yemleme seviyesinin sığırlarda agresif davranışlar üzerine olan etkileri. 4. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi;2004; Eylül 1-3 2004, 234-238: Isparta
40. Craig JV. Domestic animal behavior : causes and implications for animal care and management Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1981:302-307; NJ.
41. Çavuşoğlu Y S, Akyürek H. Koyunlarda ve keçilerde beslenme davranışları. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*.2018; (22): 137-151.
42. Demirören E. Hayvan davranışları. İzmir; Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları;2002.
43. Albright JL. Let cow sociology help you plan a feeding system. *Successful Farming*,1974;(72):1.
44. Friend TH, CE Polan. Effects of social rank on feeding behavior and free stall utilization by cows. *J. Dairy Sci*. 1973;(56):668.
45. Alvarez L, Martin GB, Galindo F, Zarco L. Social dominance of female goats affects their response to the male effect. *Appl. Anim. Behav. Sci*. 2003;(84): 119-126.
46. Macmillan KL, JD Watson. Short estrous cycles in New Zealand dairy cattle. *J. Dairy Sci*. 1971;(54):1526.
47. Rulquin H, Caudal JP. Effects of lying or standing on mammary blood flow and heart rate of dairy cows. *Ann. Zoo*,1992;41(1):101

48. Grant R. Taking advantage of natural behavior improves dairy cow performance. Proc. 8th Western Dairy Management Conference;2007; March 7-9, 89-101: Reno NV
49. Ayyılmaz T, Uzmay C, Kaya İ. Süt sığırlarında inek konforu esaslı durak konforu tasarımı. Hayvansal Üretim, 2011;52(2): 46-57.
50. Arave CW, JL Albright, DH Yungblut, PV Malven. Social status and physiological traits as affected by group interchange of dairy cows. J. Dairy Sci. 1973;(56):667.
51. Abramowicz P, Brzozowski P, Gołębiewski M. Praktyczne aspekty społecznych zachowań bydła. Med. Weter. 2014;70(2):90-93.
52. Andersson M, Schaar J, Wiktorsson H. Effects of drinking water flow rates and social rank on performance and drinking behaviour of tied-up dairy cows. Livest. Prod. Sci.,1984; (11): 599–610.



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa
Bilimleri Dergisi**
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.892530>



Derleme makalesi

Manda Sütünden Üretilen Bazı Ürünlerin Duyusal Özellikleri

*Büşra Aydın, Onur Güneşer**

Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Uşak Üniversitesi, Uşak, Türkiye

Geliş: 8 Mart 2021

Kabul: 3 Haziran 2021/ Received: 8 March 2021

Accepted: 3 June 2021

Abstract

Buffalo is an animal whose meat, milk and workforce is benefitted and its history goes back to at least 2,500 BC. Buffalo milk is not directly utilized as a drinking milk in several country due to its intense aroma, and taste properties. However, the buffalo milk is used at high levels for the production of various dairy products such as Mozzarella cheese, Ghee in South Asia and Italy. "Afyon kaymağı" and "Kömüş yoğurdu" are produced from buffalo milk in our country. Dairy products produced from buffalo milk have superior sensory properties owing to high level of fat content in buffalo milk. In this review, knowledge about the production of certain dairy products produced from buffalo milk were given, and aromatic and sensory properties of these products were revealed.

Keywords: Buffalo milk, Mozzarella cheese, Afyon kaymağı, Volatile compounds, Sensory analysis.

Özet

Manda, eti, sütü ve iş gücünden yararlanan bir hayvandır ve geçmişi M.Ö 2500'lere uzanmaktadır. Birçok ülkede manda sütü yoğun aroma ve tat özellikleri nedeniyle doğrudan içme sütü olarak değerlendirilmemektedir. Ancak, manda sütü Hindistan yarımadası ve İtalya'da Mozzarella peyniri, Ghee gibi çeşitli süt ürünlerinin üretiminde yüksek miktarda kullanılmaktadır. Ülkemizde ise manda sütünden "Afyon kaymağı" ve "Kömüş yoğurdu" üretilmektedir. Manda sütünden yapılan süt ürünleri, manda sütünün yüksek yağ miktarı nedeniyle üstün duyuşal özelliklere sahip olabilmektedir. Bu derlemede, manda sütünden üretilen çeşitli süt ürünlerinin üretimleri hakkında bilgiler verilmiş ve söz konusu ürünlerin aromatik ve duyuşal özellikleri ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Manda sütü, Mozzarella peyniri, Afyon kaymağı, Uçucu bileşen, Duyusal analiz.

©2021 Usak University all rights reserved.

1. Giriş

Manda eti, sütü ve iş gücünden yararlanan geçmişi M.Ö 2500'lere dayanan bir hayvandır. Manda, nehir (water buffalo) ve bataklık mandası (swamp buffalo) olarak iki gruba ayrılmakta ve 74 farklı manda ırkının olduğu bilinmektedir. Özellikle su mandaları et ve süt üretiminde kullanılırken bataklık mandalarının iş gücünden yararlanılmaktadır. 2017 yılı verilerine göre dünyadaki manda varlığı 200,967.747'dur. Toplam manda

*Corresponding author:

E-mail: onur.guneser@usak.edu.tr
(ORCID ID: 0000-0002-3927-4469)

©2021 Usak University all rights reserved.

varlığının yaklaşık %85'i Asya (Hindistan, Pakistan ve Çin) kıtasındadır. Ülkemizdeki manda varlığı ise 2018 verilerine göre 178.397 baştır. Manda sayısının en fazla olduğu ilimiz Samsun olup Sinop, Çorum, Amasya, Sivas, Yozgat Afyon, Muş ve Diyarbakır illerimizde de yaygın bir şekilde manda yetiştiriciliği yapılmaktadır[1,2]. 1970-80'lı yıllarda 1 milyon adetten daha fazla olan manda sayısı çok yüksek miktarlarda (ortalama %90) azalmıştır. Yakın zamanda çıkarılan destek tebliğleriyle manda yetiştiriciliği teşvik edilmektedir[3-5]. Ülkemizde 2019 yılında üretilen toplam süt miktarı bir önceki yıla göre %3,8 artarak 22 milyon 960 bin tona ulaşmış olup üretilen toplam süt miktarının %90,5'i inek sütü, %6,6'sı koyun sütü, %2,5'i keçi sütüne ve %0,3'ü manda sütünden oluşmaktadır[3].

Süt üretiminde özellikle *Bubalus bubalis* olarak bilenen Murrah cinsi evcil mandalar kullanılmaktadır. Süt bileşenleri açısından manda sütü inek sütüne göre daha zengin değerlere sahiptir. Manda sütünde bulunan yağ, kuru madde, protein ve laktoz gibi değerler inek sütüne oranla daha fazla miktardadır[6]. Manda sütünün %19,28'ini toplam kuru madde, %5,30'unu protein, yaklaşık %7,97'sini yağ oluşturmaktadır. Aynı zamanda, manda sütü yüksek miktarda amino asit ve esansiyel amino asit de içermektedir. Manda sütünde bulunan toplam kalsiyum ve fosfor miktarı da oldukça fazladır (sırasıyla 192,2 ve 124,3mg/100ml) [7]. Ayrıca, manda sütü içerdiği yüksek miktardaki laktoferrin nedeniyle de mikrobiyel yükü inek sütüne göre daha düşüktür. Murrah cinsi mandalardan elde edilen sütün pH'sı 6,81, toplam kuru maddesi %17,4, yağ miktarı %7, protein miktarı %4,5, laktoz miktarı %5,2 ve mineral madde miktarı %0,84 olarak bildirilmiştir[8]. Manda sütünde doğal antioksidan özellik gösteren tokoferol miktarı ve peroksidaz aktivitesi inek sütüne göre 2 ile 4 kat daha fazladır. Manda sütünün protein yararlılık oranı (PER: Protein Efficiency Ratio) 2,74 olup inek sütünden daha yüksektir[5].

Manda sütü yoğun aroma ve tat özellikleri nedeniyle doğrudan içme sütü olarak değerlendirilmemektedir. İtalya orjinli olan ve dünya çapında iyi bilenen Mozzarella peyniri manda sütünden yapılmaktadır. Mozzarella, ABD'de Cheddar peyniri ile birlikte kişi başına tüketimi en fazla peynir çeşididir. Bu nedenle ekonomik değeri yüksek bir peynirdir [9]. Ülkemizde manda sütü küçük ve orta büyüklükteki işletmelerde çoğunlukla kaymak üretiminde (özellikle Afyon ili) ve düşük miktarlarda ise yoğurt üretiminde (Örn: Samsun-Bafra ili) kullanılmaktadır[5,6,9]. Dünyada manda sütünden elde edilen krema ile "Ghee" olarak bilenen sadeyağ da üretilmektedir. Ayrıca, manda sütünün konvansiyonel olarak üretilen süt ürünlerinde kullanım olanaklarının araştırılması da yoğun olarak sürdürülmektedir[10]. Nitekim, literatürde manda sütünün yabancı peynirlerden olan Cheddar, Gouda, Emmental ve Swiss peynirlerin üretiminde kullanım olanağının araştırıldığı birçok çalışma bulunmaktadır [8,11-13]. Bu derlemede, manda sütünden üretilen çeşitli süt ürünlerinin üretimleri hakkında bilgiler verilmiş ve söz konusu ürünlerin aromatik ve duyuşsal özellikleri ortaya koyulmuştur.

2. Manda Sütünden Elde Edilen Bazı Ürünlerin Duyusal Özellikleri

2.1. Manda Yoğurdu

Yoğurt, dünyada en popüler fermente süt ürünü olup, Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği'nde[14], "*Fermentasyonda spesifik olarak Streptococcus thermophilus ve Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus'un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünü*" olarak tanımlanmaktadır. Yoğurt, süt alerjisi olan insanların ve laktoz intolerans hastalarının şikayetlerini azaltabilmektedir. Sütün çeşidi, üretilen yoğurdun karakteristik özelliklerini belirlemektedir[15]. Yoğurdun yapısı ve kıvamını etkileyen en

önemli faktörler özellikle sütün kuru maddesi, protein miktarı, uygulanan ısıl işlem, serum proteinleri denatürasyonu, asitlik ve kazein/serum proteini oranıdır[16]. Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği'ne göre, yoğurtların protein miktarı en az %3, tam yağlı yoğurtlarda süt yağı miktarı ise en az %3,8 olması gerekmektedir[14]. TS 1330'a göre yoğurtların yağsız kuru madde oranının en az %12 olması belirtilirken iyi bir yapıya sahip yoğurdun yapımında %15-16 oranında toplam kuru maddeye sahip sütün kullanılması ile yoğurdun toplam kuru maddesinin %14-15 olduğu ifade edilmektedir[17]. İnek sütünün toplam kuru maddesinin %9'a kadar düştüğü kabul edilirse inek sütünden yapılan yoğurtlarda mutlaka kuru madde artırımının yapılması gerekmektedir[18]. Buna karşın, manda sütünün toplam kuru maddesi %17,2 olabilmektedir. Bu nedenle, manda sütünden yapılan yoğurtlar sıkı ve düzgün bir yapıya sahip olmaktadır[19]. Manda sütünün kuru maddesinin yüksek olmasıyla yoğurtta kıvamı iyileştirmek için sütün evapore edilerek koyulaştırma veya kuru madde artırımı için süt tozu ilavesi gibi ek proseslere ihtiyaç duyulmamaktadır. Ancak, istenildiği takdirde yüksek oranda yağ içeren manda sütünün yağ miktarı azaltılıp yoğurt üretiminde kullanılabilir. Manda sütünde bulunan kazein misellerinin büyüklüğü ve miktarı ile manda sütünün asitliği inek sütünden daha fazla olduğundan pıhtılaşma süresi kısa sürmektedir. Manda sütünün A vitamini miktarı inek sütünden daha yüksektir. Bu nedenle, inek sütünden daha beyaz bir görünüme sahiptir[15]. Gerek sahip olduğu aromatik özellikleri gerekse de yapısal özelliğinden dolayı manda yoğurdu Anadolu'da geleneksel olarak üretilmektedir. Özellikle, manda yoğurdu Samsun Bafra'da "Kömüş yoğurdu" olarak bilinmektedir. Manda yoğurdu manda sütünün üretildiği bölgelerde küçük ev ölçeğinde üretilmekte, endüstriyel tüketimine sunulmamaktadır. Ancak, dünyada manda yoğurdu Güney Rusya, Hindistan, Bangladeş ve Pakistan gibi ülkelerde endüstriyel olarak farklı çeşitlerde üretilebilmektedir. Bu çerçevede, son yıllarda özellikle manda yoğurdu üretimi için probiyotik kültürler kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda manda yoğurdu tüm yaş gruplarındaki tüketiciler için "sağlıklı gıda" olarak tanımlanmaktadır[6,8]. İnek sütünden yapılan yoğurdun kalorisiz ortalama 90 iken manda sütünden yapılan yoğurdun 100-120 kalori arasında olduğu bildirilmiştir[20].

Geleneksel olarak yapılan manda yoğurdu üretim aşamaları yoğurt yapım aşamalarıyla benzer olup bazı işlem parametreleri değişiklik göstermektedir. Geleneksel olarak manda yoğurdu üretimi için ilk olarak manda sütü süzülür. Daha sonra manda sütü karıştırılarak kaynatılmaktadır. Kaynamış olan süt soğutulmuş mayalamaya sıcaklığına getirilerek, sıcaklık kontrolü el ile yapılmaktadır. 500 g süte 1-1,5 tatlı kaşığı maya (bir önceki üretimden olan manda yoğurdu) ilave edilerek mayalanmaya bırakılmaktadır. Mayalama aşamasında süt kalın beze sıkıca sarılarak ağzı kapalı olarak 4-5 saat bekletilmektedir. Bu süre sonunda yoğurtlar odalardan alınarak buzdolabında soğutulması gerçekleştirilmektedir[20].

Manda sütünün inek sütünden üstün olan duyu ve aromatik özellikleri tipik olarak en fazla yoğurtta görülmektedir. Erkaya ve Şengül[21] tarafında yapılan bir çalışmada inek, koyun, keçi ve manda sütünden yapılan yoğurtların uçucu bileşenleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada, manda sütünden yapılan yoğurtların diğer yoğurtlara göre daha yüksek miktarda asetaldehit (fermente aroma) (yoğurdun temel uçucu bileşenidir) ve kaproik asit (ekşi, peynirimsi aroma) içerdiği belirlenmiştir. Diğer taraftan, etil asetat (meyvemsi aroma) içeriğinin ise inek ve keçi sütleri ile yapılan yoğurtlarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Emirmustafaoglu ve ark. [22] yaptıkları bir çalışmada, Batı Karadeniz bölgesinde üretilen geleneksel manda yoğurtlarının aromatik ve duyu özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada, manda sütünden üretilen yoğurtların temel uçucu bileşenlerinin asetaldehit (yoğurt aroması), etanol (tatlı aroma), diasetil (tereyağı

aroması), asetoin (kremamsı aroma) ve aseton (eterik aroma) olduğunu belirlemişlerdir. Söz konusu bileşenlerin manda yoğurtlarındaki miktarları sırasıyla 8,93 mg/kg, 114,93 mg/kg, 0,95 mg/kg, 24,44 mg/kg ve 0,59mg/kg düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Bezerra ve ark.[23], farklı oranlarda keçi ve manda sütleri karıştırılarak yapılan yoğurtlarda, manda süt ile yapılan yoğurtların keçi sütünden yapılan yoğurtlardan daha düşük tatlılık değerine sahip olduğu ancak kıvam açısından daha yüksek duyuşsal puanlar aldığını belirlemişlerdir.

1.2. Mozzarella Peyniri

Mozzarella peyniri, İtalya'nın güney kesiminde bulunan Battipaglia bölgesi orjinli olup dünya genelinde en fazla tüketilen pıhtısı haşlanan bir peynir çeşididir. Geleneksel olarak Mozzarella peyniri yapımında manda sütü kullanılmakta olup günümüzde başta, İtalya, Amerika Birleşik Devletleri ve diğer ülkelerde inek sütünden üretilebilmektedir. Mozzarella peyniri, olgunlaştırılmadan taze olarak tüketilen beyaz renkte, yumuşak ve parlak bir yüzeye sahip olan ve ısıtma sonucunda eriyebilme ve uzama özellikleri çok yüksek olan bir peynirdir. Bu nedenle çoğunlukla Lazanya yapımında ve pizzanın üzerinde kullanılmaktadır. Mozzarella peyniri küre veya yumurta biçiminde, 10-15 cm çapında ve 125-350 g ağırlığındadır [8,9,24].

Mozzarella peyniri üretiminde genel olarak iki farklı üretim metodu benimsenmiştir. Bunlar; "starter kültür" ve "doğrudan asitlendirme" metotlarıdır. Starter kültür metodu konvansiyonel bir yöntem olup sütün rennet ile pıhtılaştırılmasında önce asitlendirilmesi starter kültür ile yapılmaktadır. Doğrudan asitlendirme metodunda ise sütün asitlendirmesi starter kültür yerine laktik asit, asetik veya hidroklorik asit gibi çeşitli organik/inorganik asitlerin ilavesi ile gerçekleştirilmektedir[8,25]. Genel olarak starter kültürlü üretim metodunda; manda sütünün kazein:yağ oranı 0,7:1'e ayarlanarak 72°C'ye ısıtması gerçekleştirilir. Daha sonra, %2 oranında *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* (1:1) karışık kültürü ilave edilerek 37°C de 40-45 dakika asitlendirme gerçekleştirilir. İnkübasyon süresince sütte %0,01-0,02 oranında bir laktik asit gelişimi gerçekleşmektedir. Asit gelişimi sağlandıktan sonra, süte rennet ilavesi yapılarak 40-45 dakikada pıhtılaştırma yapılmaktadır. Daha sonra, oluşan peynir pıhtısı kesilerek, peynir altı suyu içerisinde 40°C'de 2,5 saat ısıtılmaktadır. Bu süre sonunda pıhtının asitliği %0,4 laktik asit oranına yükselmektedir. Peynir altı suyu uzaklaştırılan peynir pıhtısına %2,5-3 oranında tuz ilavesi yapılarak pıhtı 4-5 dakika boyunca kaynamış suda haşlanarak pıhtının plastikleşmesi sağlanmaktadır. Plastikleşen pıhtıya yumurta şekli verilerek pastörize soğuk suda (4-5°C) iki saat bekletilmektedir. Daha sonra, peynir paketlenerek satışa sunulmaktadır[8,24]. Doğrudan asitlendirme metodu ile Mozzarella peyniri üretiminde ise manda sütünün asitlendirmesi 6-8°C'de 1,6-3,5 mL HCl/L veya 2-4 ml asetik asit/L düzeyinde asit ilavesiyle yapılmaktadır. Daha sonra sıcaklık 35°C'ye çıkarılıp rennet ile pıhtılaştırması yapılmaktadır. Pıhtının ısıtılması ve karıştırılması 35°C'de 50 dakikada gerçekleştirilmektedir. Peynir pıhtısı %3 oranında tuzlanarak, pıhtının plastikleştirilmesi 90°C'de yapılmaktadır. Bu şekilde plastikleşen pıhtıya starter kültür yönteminde olduğu gibi şekil verilerek pastörize soğuk suda (4-5°C) iki saat bekletilmektedir. Doğrudan asitlendirme ile yapılan Mozzarella peynirinin daha iyi kalitede, eriyebilirliği yüksek ve yağ salımının daha az olduğu ifade edilmektedir[8].

Literatürde, Mozzarella peynirinin duyuşsal ve aromatik özelliklerinin araştırıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Geleneksel yöntemlerle üretilen Mozzarella peynirinde 85 adet aroma bileşenin tanımlandığı ve bu aroma bileşenlerinin %50'sinin keton grubundaki bileşenler olduğu bildirilmiştir[26]. Cfuni ve ark. [27] tarafından hem İngiliz Delice otu silajı hem de saman ile beslenen mandaların sütlerinden elde edilen Mozzarella peynirlerinde 84 adet uçucu bileşenin olduğu ve incelenen peynirlerde özellikle alkol ve

keton türevli bileşiklerin yoğun miktarda olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan, rasyon çeşidinin Mozzarella peynirinde dekanal ve nonanal aldehytlerinin miktarını değiştirdiğini ve asetoinin temel keton bileşik olduğunu ifade edilmiştir. Benzer şekilde, Sabia ve ark. [28] tarafından, Delice otu silajı ve samanyla beslenen mandaların sütlerinden üretilen Mozzarella peynirlerinde toplam 58 uçucu bileşen olduğu ve bileşenlerin birçoğunu keton grubu bileşikler oluşturduğu belirlenmiştir. Rasyon farklılıklarının Mozzarella peynirinin uçucu bileşen profilini önemli derecede etkilediği, Delice otu silajı ile beslenen mandaların sütlerinden üretilen Mozzarella peynirlerinde terpen bileşenlerin miktarının daha yüksek olduğu ve bitkisel aromanın bu peynirlerde daha fazla algılandığını belirlemişlerdir. Pagliarini ve ark. [29] yaptıkları bir çalışmada inek ve manda sütlerinden üretilen farklı yağ oranlarına sahip Mozzarella peynirlerinin duyuşal özellikleri ve tüketici beğenilerini belirlemişlerdir. Çalışmada, inek sütünden tam yağlı olarak üretilen Mozzarella peynirlerinin tatlı, sütümsü, kremamsı, lifli ve elastik duyuşal terimleri ile karakterize edildiklerini, manda sütünden tam yağlı olarak üretilen Mozzarella peynirlerinin ise tuzlu, asidik, yoğurt aroması ve lifli duyuşal terimleriyle karakterize olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan inek sütünden yapılan Mozzarella peynirini tercih eden tüketicilerin manda sütünden yapılan Mozzarella peynirini tercih edenlerden kolay bir şekilde ayrıldığı tespit edilmiştir.

Starter kültür ile Mozzarella peyniri üretiminde *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* dışında farklı starter kültürlerin kullanımı da geniş bir şekilde araştırılmış olup farklı starter kültür çeşitlerinin Mozzarella peynirinin duyuşal ve aromatik özellikleri üzerine etkileri de araştırılmıştır. Yapılan bir çalışmada [30], geleneksel yolla üretilen peynir altı suyundaki mikrobiyel kültür ve kompleks termofilik starter kültür (*Lactobacillus delbrueckii* subsp *lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis* subsp *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp *diacetylactis*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp *dextranicum*, *Enterococcus faecalis*, *Kluyveromyces marxianus*) ile üretilmiş Mozzarella peynirlerinin duyuşal ve aromatik özellikleri incelenmiştir. Buna göre; peynir altı suyundan elde edilen mikrobiyel kültür ile üretilen peynirlerde asit gelişiminin daha hızlı olduğu, etanol, asetik asit, L- ve D- laktik asit miktarlarının hem kompleks karışık kültür hem de termofilik ikili kültürle (*S. thermophilus* ve *L. bulgaricus*) üretilen peynirlerden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Diğer taraftan, kompleks karışık mikrobiyel kültür ile üretilen peynirlerin hem tekstürel hem de aroma açısından daha yüksek duyuşal skorlar aldığı belirlenirken, peynir altı suyundan elde edilen mikrobiyel kültür ile üretilen peynirlerin bozulmuş peynir altı suyu (whey taint) aromasına sahip olduğu tespit edilmiştir. Pizzolongo ve ark. [31] yaptıkları bir çalışmada, güney İtalya bölgelerinde üretilen ve “*Mozzarella di Bufala Campana*” olarak belirtilen Mozzarella peynirinin duyuşal karakteristiklerini ortaya koymuşlardır. Buna göre; Salerno ve Caserta bölgelerinde üretilen peynirlerin birbirlerinden çok farklı duyuşal özelliklere sahip olduğu, özellikle Caserta bölgesinde üretilen peynirlerin Salerno bölgesinden üretilen peynirlere göre daha tuzlu ve yoğun tereyağı aromasına, tekstürel açısından ise daha homojen yüzeye ve yüksek doğranabilirlik özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Moio ve ark. [26] inek, koyun, keçi ve manda sütlerinden yaptıkları Mozzarella peynirinin aroma aktif bileşenlerini gaz kromatografisi-olfaktometri sistemi ile belirlemişlerdir. Çalışmada, tüm peynir örneklerinde 14 aroma aktif bileşen belirlenmiştir. İnek, koyun ve keçi sütlerinden yapılan peynirlerde meyvemsi aroma ile ilişkilendiren etil butanoat ve etil heksanoatın temel aroma aktif bileşenler olarak belirlenirken, etil butanoat (meyvemsi aroma), etil heksanoatın (meyvemsi aroma) ve etil oktanoat (meyvemsi aroma) ile birlikte mantar aroması veren 1-okten-3-ol, taze kesilmiş çimen veya don yağı aroması ilişkilendirilen nonanal ve hayvansı aroma veren indol ile sıcak süt veya tütülenmiş peynir aroması ile ilişkilendirilen ancak kimyasal yapısı tanımlanmayan bir uçucu bileşenin manda sütünden yapılan peynirlerin temel aroma

aktif bileşenleri olduğu tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada [32], Mozzarella peynirinde kullanılan mikrobiyel kültürlerin aroma üretimi ve bakteriyolojik özellikleri de karşılaştırılmıştır. İtalya'nın farklı bölgelerinden toplanan ve doğal peynir altı suyu kültürleri kullanılarak üretilen geleneksel Mozzarella peynirlerinin aromatik özelliklerini karşılaştırmışlardır. Buna göre; İtalya'nın Salerno ve Caserta bölgelerinde toplanan doğal peynir altı suyu mikrobiyel kültürlerinin 27 adet farklı uçucu bileşen üretme potansiyellerinin olduğu belirlenirken, özellikle asetoin (tatlı aroma), 2,3-bütanediol (kremamsı aroma) ve dimetil sülfon (pişmiş süt, sülfür aroması) uçucu bileşiklerinin diğer bileşiklerden daha yüksek konsantrasyonlarda üretildikleri tespit edilmiştir.

1.3. Ricotta Peyniri

Ricotta peyniri, çoğunlukla inek, keçi, koyun ve manda sütlerinden üretilen peynirlerden elde edilen peynir altı suyu ile yapılan bir İtalyan peyniridir. Ricotta peyniri de Mozzarella peyniri gibi olgunlaştırılmadan tüketilen bir peynir çeşididir. İtalya'nın güney bölgelerinde, üretim tekniği, kullanılan hammadde ve saklama koşullarına bağlı olarak yaklaşık 30 farklı Ricotta çeşidi olduğu bildirilmektedir. İtalya'nın güney bölgelerinde Ricotta peyniri çoğunlukla inek sütü haricinde diğer sütlerden edilen peynirlerden arta kalan peynir altı suyundan üretilmektedir. Bu nedenle çoğunlukla, mevsimsel üretimi olup bölgede geleneksel üretime bağlı kalınarak üretim gerçekleştirilmektedir[33].

Ricotta peyniri peynir altı suyundan üretilse de üretiminde tam yağlı, yarım yağlı veya yağsız süt, süt kreması veya peynir altı suyu kreması ve bazen tuz ilave edilebilmektedir[33]. Sadece manda sütünden üretilen Mozzarella peynirinden arta kalan peynir altı suyundan yapılan Ricotta peyniri "*Ricotta di Bufala Campana*" olarak adlandırılmakta ve menşei adı korunmuş (PDO) ürün olarak satılmaktadır. *Ricotta di Bufala Campana* üretiminde Mozzarella peynir altı suyundan arta kalan tatlı peynir altı suyuna peynir altı suyu kreması (en fazla %5 oranına kadar), tuz (en fazla %1 oranında) ve belli miktarda krema eklenerek ısıtılmaktadır. Isıtma sırasında protein pıhtıları oluştuğu gözlemlendiğinde bir önceki Mozzarella peyniri üretiminden kalan ve doğal peynir altı suyu kültürlerini içeren peynir altı suyu (sieroinnesto) ilave edilir. Peynirin pıhtılaşması 85°C'de tamamlanır ve peynir pıhtısı toplanarak şekillendirilir. Bu şekilde hazırlanan taze peynirin +4°C'de 5 gün bir raf ömrü olmaktadır[34]. Manda sütünden üretilen Ricotta peynirinin nem içeriği yüksektir (65-75%) ve pH değeri 6'ya yakındır. Ricotta peynirinde nem miktarı oldukça önemli bir parametredir. Çünkü peynirin dokusunu, yumuşaklığını ve elastikiyetini önemli ölçüde etkilemektedir. Ricotta peyniri α -laktalbumin ve β -laktoglobulin proteinlerini içeren jel yapısından oluşmaktadır. Bunun sonucunda da yağ ve suyu birbirine bağlayan moleküler ağ yapı peynire esneklik ve sertlik kazandırmaktadır [35,36]. Ricotta peyniri, kabuk bağlamayan yumuşak yapılı, pütürlü görünüme sahip ancak yumuşak tatta ve sürülebilir bir yapıya sahiptir [33]. Günümüzde Ricotta peyniri üretiminde çoğunlukla inek sütü ve inek sütünden üretilen Mozzarella peyniri yapımından arta kalan peynir altı suyu kullanılmaktadır. Bu nedenle, manda sütünden üretilmiş Mozzarella peyniri yapımından arta kalan peynir altı suyundan üretilmiş Ricotta peynirinin duyu ve aromatik özellikleri hakkında sınırlı sayıda bilgi bulunmaktadır. Çok yakın zamanda yapılan bir çalışmada [37], probiyotik kültürlü hazırlanmış Ricotta peynirinin karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir. Buna göre; hem *Lactobacillus acidophilus* La-05 probiyotik kültürü ile hem de starter kültür kullanılmadan manda sütünden üretilmiş Ricotta peynirlerinin yavan bir lezzet ile birlikte düşük miktarda tereyağımsı, asidik ve peynir altı suyu aromasına sahip olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan her iki peynir örneğinin ağız ile belirlenen dokusal özelliklerden kremamsı (creminess) ve dış yapışkanlık (adhesiveness) özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir. Miele ve ark. [38] manda, koyun ve inek sütünden üretilen peynirlerden arta kalan peynir altı suları ile üretilmiş 8 farklı menşei işaretine sahip

Ricotta peynirinin duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda; manda peynirinden elde edilen peynir altı suyu ile üretilen Ricotta peynirlerinin düşük tatlı tat özelliğı ile birlikte yoğun süt aromasına sahip olduklarını belirlemişlerdir. Diğer taraftan, söz konusu peynirlerin tekstürel olarak yumuşak, sürebilir ve yüksek homojenlik özelliğine sahip olduğı belirlenmiştir. İnek peynirinden elde edilen peynir altı suyu ile üretilen Ricotta peynirlerinin ise tatlı tat ve yoğun süt aroması ile birlikte yüksek sineresiz özellikleri ile karakterize olduğı, koyun peynirinden elde edilen peynir altı suyu ile üretilen Ricotta peynirlerin de düşük kremamsı, düşük yumuşaklık özeliğinin olduğı belirlenmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada[39], İtalya'nın Veneto bölgesinde faaliyet gösteren bir işletmeden temin edilen ve Ricotta peyniri üretimi için kullanılan 6 farklı peynir altı suyunun uçucu bileşenleri belirlenmiştir. Araştırmacılar, Ricotta peyniri üretimi için kullanılan peynir altı sularında, aldehit, alkol ve keton grubu aroma bileşenlerinin yoğun olduğı, iki adet peynir altı suyunda ise oktanoik ve dekanolik asitlerin de yüksek olduğı belirlenmiştir. Özellikle incelenen peynir altı suyu örneklerinde 2,3-bütandionun (diasetil, tereyağımsı aroma) ve 3-hidroksi-2-bütanonun (asetoin, tatlı aromatik) karakteristik uçucular olduğı saptanmıştır.

1.4. Paneer Peyniri

Paneer peyniri Hindistan orjinli bir peynir olup İtalya'da üretilen Cottage peynirine benzer bir yapıya sahiptir. Paneer peyniri manda sütünün belli sıcaklığa kadar ısıtılması ve daha sonrasında sitrik, tartarik ve laktik gibi organik asitlerle, amonyum sülfat tuzu (alum) veya ekşi peynir altı suyu ile pıhtılaştırmasıyla elde edilmektedir. Hindistan'da üretilen sütlerin yaklaşık %5 kadarının Paneer peyniri üretiminde kullanıldığı ifade edilmektedir. Standart olarak Paneer üretiminde %6 yağlı manda sütü 82°C'de 5 dakika ısıtılma maruz bırakılmakta ve daha sonra 70°C'ye soğutulmaktadır. Bu aşamada, süte sitrik asit (%1 sitrik asit solüsyonu) ilave edilerek 10 dakika karıştırılmaktadır. Karıştırma süresince sütün sıcaklığı 63°C'ye düşmektedir. Oluşan peynir telemesi kalıplanarak +4°C'de pastörize soğuk suda 2-3 saat bekletilmektedir. Daha sonra oluşan taze peynir parşömen kağıtlara sarılarak +4°C'de depolanmaktadır. Paneer peyniri özellikle et ve sebze yemekleriyle taze tüketilmektedir. Son yıllarda manda sütünün yanısıra inek sütü, soya sütü, soya diyet lifi, kişniş veya nane yaprakları veya farklı baharatların ilavesi ile de üretilabilmektedir. Endüstriyel olarak ultrafiltrasyon yapılmış süttten de üretimi mevcuttur[40,41].

İyi kaliteli Paneer peynirinin mermer beyazı renkte, tatlımsı ve hafif asidik tatta, fındığımsı aromaya sahip olduğı belirtilmektedir. Peynirin süngerimsi yapıda ve pürüzsüz bir tekstüre sahip olduğı ifade edilmektedir[42]. Paneer peynirinin duyuşal ve aromatik karakteristikleri özellikle yapımında kullanılan manda sütün yağ içeriğı ve kurumadde içeriğı, kullanılan pıhtılaştırıcı organik asidin duyuşal karakteristiğı ve kullanılan diğer bileşenlerin karakteristik özelliklerinden etkilenmektedir. Örneğın; Paneer üretiminde sitrik asit kullanımının malik asit kullanıma göre daha iyi duyuşal karakteristiğıne sahip olduğı, malik asit kullanıldığında tekstürel olarak oldukça zayıf Paneer peyniri elde edildiğı bildirilmiştir[42]. Yapılan bir çalışmada acı biber lezzeti sağılayan kapsaisin ilave edilerek üretilmiş Paneer peynirinin duyuşal özelliklerini hem elektronik dil hem de tüketici testleriyle incelenmiştir[43]. Çalışmada, elektronik dil cihazı ile 3,75 ve 15 ppm kapsaisin içeren Paneer peynirinin baharatlı, tatlı, tuzlu ekşi ve umami duyuşal özellikleri ile gruplandırıldığı, 1.875 ve 30 ppm kapsaisin içeren peynirler ise metalik ve acı (bitter) tat özellikleriyle karakterize edilmiştir. Ahmed ve Bajwa [44] yaptıkları bir çalışmada asidik karakterdeki farklı meyve sularını pıhtılaştırıcı olarak kullanarak yaptıkları Paneer peynirlerinin mikroyapısı ve tekstürel özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda kullanılan meyve suyunun asitliğı yükseldikçe peynir

pihtısının pütürlü ve boşluklu yapısının arttığı belirlenmiştir. Araştırmacılar, Bektaşi üzümü (amla meyvesi) meyvesi suyu ile pihtılaştırılan süttten elde edilen Paneer peynirinin pıhtı yapısının daha ince ve pıhtılar arasındaki boşluklarının daha az ve küçük olduğunu ve bu nedenle protein pıhtıları arasındaki boşluklarda daha az suyun kaldığını ifade etmişlerdir. Diğer taraftan, limon suyu ile pihtılaştırılan süttten edilen Paneer peynirinin tekstürel olarak daha sert, Bektaşi üzümü suyu ile pihtılaştırılan süttten elde edilen peynirde ise kırılgnalık özelliğinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Gallardo-Escamilla ve ark. [45] yaptıkları bir çalışmada, Paneer peynirinin üretilmesi sonucu ortaya çıkan peynir altı suyunun ayırt edici karakteristik bir aromasının olmadığı ancak süt, yulaf ve pişmiş süt aromalarının peynir altı suyunda yapılan duyuusal analizlerde yüksek olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, Paneer peynirinin üretilmesinde ortaya çıkan peynir altı suyunun ayırt edici karakteristik bir aromaya sahip olmamasının peynir üretiminde rennet veya starter kültür kullanılmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Diğer taraftan, söz konusu peynir altı suyunda asetaldehit (fermente aroma), propiyonik asit (peynirimsi aroma), aseton (solvent kokusu) ve propanalın (toprak, küf aroması) yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu belirlenmiştir.

1.5. Afyon Kaymağı

Manda süttünden yapılan en önemli süt ürünlerinden biri de “Afyon kaymağı”dır. Ülkemizde özellikle Afyonkarahisar ilinde üretilen ve coğrafi menşei işaretine sahip bir üründür. Türk Gıda Kodeksinde [46], kaymak esasen en az %60 oranında süt yağı içeren krema olarak ifade edilmektedir. Afyon kaymağının da süt yağı oranı ağırlıkça en az %60 olarak belirlenmiştir. TGG’de manda kaymağı “*manda süttünün tekniğine uygun kaynatılarak 92 °C’de en az 2 dakika tutulması ve tekniğine uygun soğutulması ile elde edilen ürün olarak*” tanımlanmaktadır. Geleneksel olarak Afyon kaymağının üretiminde ise sabah sağılmış ve süzülerek kaba pisliklerinden arındırılmış manda sütleri 2-2.5 litrelik bakır tavalara yarısı dolacak şekilde aktarılır ve tavalar ağır yanan ocak veya mangal kömürünün ateşi üzerinde süt kabarcıncaya kadar ve yüzeyde oluşan tabaka kırılmadan pişirilir. Pişirilen süt ocaktan alınır ve tavanın üzerine bez örtülerek akşama kadar bekletilir. Bu şekilde hazırlanan tavalarda biriken kaymak tabaksı bir iğne yardımıyla çizilerek tava ile bağlantısı kesilir. Tavaların kenarından akşam sağılan manda sütleri doldurulur ve tavalar ikinci kez süt taşırılmadan kabarcıncaya kadar tekrar pişirilir. Daha sonra, tavalar ocaktan alınarak üzeri örtülür ve 5-6 saat daha bekletilir. Tavalar daha sonra üzeri açık bir şekilde soğuk bir ortamda veya buzdolabında bekletilir. Tavalarda oluşan kaymak tabakası tava ile bağlantısı kesilerek, elle tavadan alınıp kaymak tabaklarına yerleştirilir [47].

Afyon kaymağı özellikle bal, şeker ve süt ile karıştırılarak tüketildiği gibi Afyonkarahisar ilimizde “kaymaklı lokum” ve “kaymaklı şeker” yapımında da kullanılmaktadır. Afyon kaymağının manda süttünden yapılmasının başlıca sebepleri arasında süttünün kuru madde ve yağ gibi bileşen miktarlarının yüksek olmasının yanı sıra manda süttünün yüksek kremalaşma özelliği ve manda süttünün kremasının diğer süt kremalarına göre daha beyaz olması olarak ifade edilebilir. Afyon kaymağı inek süttünden yapılacak olursa eğer inek süttünün içeriğinden kaynaklı olarak sarımsı bir renk alacaktır. Aynı zamanda kaymak üzerinde çatlamalar oluşacaktır. Bu da tüketici memnuniyetini olumsuz yönde etkileyeceği için Afyon kaymağı üretiminde inek süttü yerine manda süttü tercih edilmektedir. Afyon kaymağının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerinde birçok çalışma bulunmasına rağmen duyuusal ve aromatik özellikleri çok fazla çalışılmamıştır. Afyon kaymağının kendine özgü aromasının mandaların Afyon’daki mera ve otlaklarda tükettikleri çeşitli otlardan ve özellikle besiye çekildiklerinde Afyon’a özgü haşhaş küspesi ile beslenmelerinden kaynaklandığı ifade edilmektedir[48]. Şenel [49] yaptığı bir çalışmada Afyon kaymağının aroma ve tat özelliklerine özellikle süt

kaymağının uçucu bileşenlerden olan aseton (solvent kokusu), 2-bütanon (meyvemsi, eterik aroma), diasetil (tereyağı aroması) ve asetaldehit (yoğurt aroması) ve serbest yağ asitlerinin etki ettiğini belirlemiştir. Buna göre; Afyon'dan toplanan 14 kaymak örneğinin 7 gün +4 °C'de depolama sonunda aseton, 2-bütanon, diasetil ve asetaldehit içeriklerinin sırasıyla 5,96 mg/kg, 0,51 mg/kg, 2,80 mg/kg ve 1,81 mg/kg düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Afyon kaymağının tat ve aroma özelliklerine özellikle serbest yağ asitleri, bütirik asit, palmitik asit, stearik asit, oleik asit ve karbonil bileşik olan asetonun önemli derecede etki ettiği saptanmıştır. Afyon kaymağı örneklerinde metalik, ransit, peynirimsi, asidik, yemsi, pişmiş ve süt aroması ve ekşi tat ile karakterize ederek söz konusu özelliklerin duyuşal skorlarının 7 gün depolama sonunda azalma gösterdiği ifade edilmiştir. Yapılan diğer çalışmada ise [5] Afyon kaymağından farklı olarak manda sütü kremasından elde edilen tereyağlarında yüksek konsantrasyonda 2-tridekanon (toprak kokusu), stiren (plastik kokusu), heksanal (çimen kokusu), γ -terpinen (bitkisel aroma), asetik asit (sirke aroması), bütirik asit (peynirimsi aroma), 2-nonanon (vaks aroması), 2-undekanon (meyvemsi aroma) ve tetradekanoik asitin (sabun kokusu) bulunduğu belirlenmiştir.

1.6. Ghee Yağı

Ghee, susuz süt yağı olup Hindistan kökenli bir süt ürünüdür ve üretimi antik çağlara kadar dayanmaktadır. Ghee, Hindistan yarımadasında manda sütünden üretilmektedir. Ghee yağının birçok terapötik özelliğı olduğu bildirilmiştir. Ghee yağı, Hint yarımadasındaki insanların diyetinde önemli bir yer almaktadır. Ghee yağı iyi bir enerji kaynağıdır. Ayrıca içerisinde vitaminler (yağda çözünen A, D, E ve K vitaminleri), esansiyel yağ asitleri, bütirik asit, konjuge linoleik asit ve fosfolipidler bulunmaktadır[50,51]. Ghee Desi yöntemi, tereyağının ısıtılması, kremanın doğrudan ısıtılması ve ön-tabakalaşma yöntemi olarak dört farklı metot ile üretilmektedir. Geleneksel olarak Ghee üretiminde Desi yöntemi kullanılırken, endüstriyel üretiminde çoğunlukla tereyağının ısıtılması veya kremanın doğrudan ısıtılması yöntemleri kullanılmaktadır. Desi yöntemiyle üretilen Ghee'nin endüstriyel olarak üretilen Ghee'den daha zengin bir aromaya sahip olduğu bildirilmekte olup tüketicilerin Desi yöntemiyle üretilen Ghee'yi daha fazla tercih ettikleri ve daha yüksek ücrete satıldığı bildirilmektedir. Ghee yağı, en az %96 süt yağı, en fazla %0,3 nem, en fazla %0,3 serbest yağ asitleri ve 1'den az peroksit değerine sahiptir[51,52].

Desi yöntemi; ekşimiş fermente tam yağlı sütün önce tereyağı üretimi için yayıklanmasını ve yayıklama sonucunda elde edilen tereyağından Ghee üretimini içermektedir. Sütün fermentasyonu özellikle oluklu ve porlar içeren tahta kaplar içerisinde spontan olarak 10-16 saat süresince oda sıcaklığında bırakılması ile gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde spontan fermentasyona bırakılan süt daha sonra yayıklanmakta ve Desi tereyağı elde edilmektedir. Desi tereyağı açık kaplarda ortamdaki süt proteinlerinin tamamen yanması engellenerek kaynatılmakta ve fazla su uzaklaştırılmaktadır. Erimiş haldeki Ghee toprak kaplara doldurularak saklanmaktadır[8,52,53]. Etiyopya'da özellikle geleneksel Ghee yağının üretim aşamasında kurutulmuş otlar, yeşil yapraklı sebzeler ve baharatlar da kullanılabilir[54].

Sadeyağ ve Ghee arasındaki temel tekstürel ve aromatik farklar incelendiğinde; Ghee daha düşük nem içeriğine ve daha yüksek protein kütesine sahiptir. Ayrıca, sadeyağdan farklı olarak farklı yağ asidi kompozisyonu ve fosfolipid içeriğı bulunmaktadır. Sadeyağ yağsız süt tozu ile birlikte çözünebilirken Ghee çözünmemektedir [53]. İyi kalitede bir Ghee fındıgımsı, hafif pişmiş ve karamelize aromalarına sahip çok az sıvı yağ içeren geniş ve tekdüze tanecikli bir yapıya sahiptir. Ghee eritildiğinde berrak ve şeffaf özellikte tortu

ve yabancı renk maddesi içermeyen sarımsı veya yeşilimsi beyaz bir renge sahip olmaktadır[8].

Ghee aroması ve tat özellikleri kompleks bileşiklerden oluşmaktadır. Söz konusu bileşikler fermentasyon ve ısıtma aşamasında protein parçalanma ürünleri, laktoz ve mineral maddelerin etkileşimleri, süt yağının hidroliz ve lipolizi sonucunda oluşmaktadır. Özellikle serbest yağ asitleri, karbonil bileşikler ve laktonlar Ghee'nin temel aroma bileşenleridir [51,52]. Wadodkar ve ark. [51] yaptıkları bir çalışmada, 4 farklı metot ile üretilen Ghee örneklerinin uçucu bileşenlerini belirlenmişlerdir. Buna göre, Desi yöntemiyle üretilen Ghee'nin ucucu bileşen profilinin daha zengin olduğu tespit edilirken, 2-heptenal (yağ, meyvemsi aroma), 2-dekenal (vaks aroması) ve 5-hidroksi metil furfuralın(tatlı, karamel aroması) sadece Desi yöntemiyle üretilen Ghee örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Özellikle aseton, 2-heptanone (meyvemsi aroma), asetik asit (sirke aroması), hekzanoik asit (peynirimsi, meyve aroması), maltol (yanık şeker aroması), oktanoik asit (ransit aroma), 2-heptanol (meyvemsi, aroma) ve Δ -oktalaktonun (kremamsı aroma) Desi yöntemiyle üretilen Ghee yağlarında diğer metotlara göre daha yüksek miktarda bulunduğu tespit edilmiştir. Yapılan diğer bir çalışmada[55], manda sütü tereyağının ısıtılmasıyla elde edilen Ghee'nin aroma profili gaz kromatografisi-olfaktometre ve gaz kromatografisi-kütle spektrometresi ile belirlenmiştir. Çalışmada, metil ketonlardan 2-bütanon (meyvemsi, eter), 2-pentanon (tatlı aromatik, muz aroması), 2-heptanon (meyvemsi aroma) ve 2-nonanon (vaks aroma) ve diasetilin (tereyağı aroması), asit karakterdeki uçucu bileşiklerden asetik asit, bütirik ve propiyonik asidin, aldehit grubu bileşiklerden 3-metilbütanal (muz, viski aroması) ve 2-metilbütanalın (muz, viski aroması) manda tereyağından üretilen Ghee'de yüksek konsantrasyonda bulunduğu belirlenmiştir. Söz konusu bileşiklerin Ghee'ye kremamsı, tatlı aroma ve koyu karamelize aromalarını verdiği tespit edilmiştir. Tereyağının ısıtılması ile inek ve manda sütünden üretilmiş Ghee örneklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada ise [56], her iki Ghee örneğinin de laktik-fermente, bütirik-peynirimsi, tatlı, ransit, pişmiş, ahır, kimyasal ve metalik aromalarla karakterize oldukları ve özellikle laktik-fermente aromanın manda sütünden üretilmiş Ghee'de daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Tekstürel özellik bakımından inek sütünden yapılmış Ghee'nin daha fazla partiküllü yapı göstermesine manda sütünden üretilen Ghee'nin kumsu yapılı skorları daha yüksek bulunmuştur.

3. Sonuç ve Öneriler

Manda sütü yoğun aroma ve tat özellikleri doğrudan içme sütü olarak değerlendirilmesini kısıtlamaktadır. İtalya, Hindistan ve Pakistan'da geleneksel bazı süt ürünlerinin üretiminde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Manda sütünden yapılan süt ürünleri inek sütünden üretilenlere göre daha üstün duyuşal özelliklere sahip olabilmektedir. Manda sütünden üretilen ürünlerin duyuşal özellikleri üzerine yapılan çalışmalar hem manda sütünün farklı süt ürünlerinde endüstriyel olarak kullanımını arttıracakları hem de manda sütünden yapılan geleneksel ürünlerin endüstriyel boyutta üretilmesi için yol gösterici olacakları düşünülmektedir.

Bilgilendirme

Bu çalışma Büşra AYDIN tarafından hazırlanan "*Manda ve İnek Sütünden Üretilen Taze Peynirin Karakteristik Özelliklerinin İncelenmesi*" başlıklı yüksek lisans tezinin literatür özeti kısmından üretilmiştir. Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır. BA, derlemenin araştırma ve yazma kısmında katkı sağlamıştır. OG çalışmanın konusunu seçme, araştırma, yazma, inceleme ve düzenleme aşamalarında danışman olarak katkıda bulunmuştur. Yazarlar

çalışmaya ortak katkı sağlamış ve yazarlar arasında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

1. Anonim, FAO istatistikleri, 2019. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Son erişim tarihi: 02 Şubat 2021
2. Yalman M. Manda sütünden üretilen farklı çeşit peynirlerin karakterizasyonu, mayaların İzolasyonu ve potansiyel probiyotiklerin seçilmesi”, Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, 2018.
3. Anonim. Türkiye İstatistik Kurumu. Hayvansal Üretim İstatistikleri, 2019. <https://www.esk.gov.tr/tr/14055/Yeni-TUIK-Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-2019>.
Son erişim tarihi: 05 Mart 2021.
4. Anonim. Tarım ve Orman Bakanlığı Damızlık Manda Düvesi Yetiştiriciliğinin Desteklenmesine İlişkin Uygulama Esasları Tebliği, 2021. (Tebliğ no: 2021/1). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/02/20210216-7.htm>
Son erişim tarihi: 05 Mart 2021
5. Ergöz, E. Manda sütünden üretilen yayık ve krema tereyağlarının nitelikleri, Yüksek lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2017.
6. Akgün A. Geleneksel Bafra Manda (Kömüş) Yoğurdunun Teknolojik Standardizasyonu, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 2009.
7. Sun Q, Lv JP, Liu L, Zhang SW, Liang X, Lu J. Comparison of milk samples collected from some buffalo breeds and crossbreeds in China. *Dairy Science & Technology*, 2014; 94(4), 387-395.
8. Murtaza MA, Pandya AJ, Khan MM H. Buffalo Milk Utilization for Dairy Products In: Park Y.W, and Haenlein, GFW. *Buffalo Milk Utilization for Dairy Products. Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2017. pp.284-342.*
9. Pamuk Ş, Gürler Z. Manda sütünden gelen lezzet: Mozzarella. *Kocatepe Veteriner Dergisi*. 2010; 3(1), 49-53.
10. Sarıözkan S. Türkiye’de manda yetiştiriciliğinin önemi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2011; 17(1): 163-166.
11. Dimitreli G, Exarhopoulos S, Antoniou KK, Zotos A, Bampidis VA. Physicochemical, textural and sensory properties of white soft cheese made from buffalo and cow milk mixtures. *International Journal of Dairy Technology*, 2017;70(4), 506-513.
12. Rafiq S, Huma N, Pasha I, Shahid M, Xiao H. Angiotensin-converting enzyme-inhibitory and antithrombotic activities of soluble peptide extracts from buffalo and cow milk Cheddar cheeses. *International Journal of Dairy Technology*, 2017; 70(3), 380-388.
13. Murtaza MA, Rehman SU, Anjum FM, Huma N. Descriptive sensory profile of cow and buffalo milk Cheddar cheese prepared using indigenous cultures. *Journal of Dairy Science*, 2013; 96(3), 1380-1386.
14. Anonim. Tarımve Orman Bakanlığı Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği, 2009. (Tebliğ no: 2009/25).

<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/02/20090216-8.htm>

Son erişim tarihi: 5 Mart 2021

15. Khalifa MI, Zakaria AM. Physiochemical, sensory characteristics and acceptability of a new set yogurt developed from camel and goat milk mixed with buffalo milk. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 2019; 7(3), 172-177.
16. İşleten M. Süt Kaynaklı Toz Bileşenlerin Yağsız Yoğurdun Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, 2006.
17. TSE, Türk Standardı 1330, Yoğurt. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2006.
18. Tamime AY, Robinson RK. Tamime and Robinson's yoghurt: science and technology. 3rd edition, Cambridge-England. CRC Press, 2007.
19. Sarıca E, Coşkun H, Kemer İC, Samur ES, Çifçi FM, Aktaş A, Erer H, Vergili E. (2019). A comparative study on the shelf life of the yogurts produced from cow and buffalo milks. *Gıda*, 2019;44(3):483-490.
20. Bayram G. Samsun ve çevresinde üretilen manda yoğurtlarının bazı özellikleri üzerine bir çalışma. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013.
21. Erkaya T, Şengül M. Comparison of volatile compounds in yoghurts made from cows', buffaloes', ewes' and goats' milks. *International Journal of Dairy Technology*, 2011;64(2), 240-246.
22. Emirmustafaoğlu A, Coşkun H, Güler G. Some chemical, physical, microbiological and sensorial properties of traditional water buffalo yogurts produced in Turkey. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 2019;19(1), 83-91.
23. Bezerra MF, Souza DFS, Correia RTP. Acidification kinetics, physicochemical properties and sensory attributes of yoghurts prepared from mixtures of goat and buffalo milks. *International Journal of Dairy Technology*, 2012; 65:437-443.
24. Jana AH, Mandal PK. Manufacturing and quality of mozzarella cheese: a review. *International Journal of Dairy Science*, 2011; 6(4), 199-226.
25. Kindstedt PS. Mozzarella cheese: 40 years of scientific advancement. *International Journal of Dairy Technology*, 2004;57(2-3), 85-90.
26. Moio L, Langlois D, Etievant P, Addeo F. Powerful odorants in bovine, ovine, caprine and water buffalo milk determined by means of gas chromatography-olfatometry. *Journal of Dairy Research*, 1993; 60,215-222.
27. Cifuni GF, Pizzillo M, Claps S, Napoli D, Mazzi M, Rubino R. Effect of feeding systems on aromatic characteristics of buffalo mozzarella cheese, *Italian Journal of Animal Science*, 2007; 6:sup2, 1147-1149.
28. Sabia E, Gauly M, Napolitano F, Cifuni GF, Claps S. The effect of different dietary treatments on volatile organic compounds and aromatic characteristics of buffalo Mozzarella cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 2020 (in press). <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12696>
29. Pagliarini E, Monteleone E, Wakeling I. Sensory profile description of mozzarella cheese and its relationship with consumer preference. *Journal of Sensory Studies*, 1997; 12(4), 285-301.
30. Coppola S, Villani F, Coppola R, Parente E. Comparison of different starter systems for water-buffalo Mozzarella cheese manufacture. *Le lait*, 1990; 70(5-6), 411-423.

31. Pizzolongo F, Quarto M, Nasi A, Ferranti P, Addeo F, Sacchi R, Chianese L. Sensory profile of PDO Mozzarella di Bufala Campana cheese. *Italian Journal of Animal Science*, 2007; 6(sup2), 1136-1139.
32. Mauriello G, Moio L, Genovese A, Ercolini D. Relationships between flavoring capabilities, bacterial composition, and geographical origin of natural whey cultures used for traditional water-buffalo mozzarella cheese manufacture. *Journal of Dairy Science*, 2003;86(2), 486-497.
33. Gobbetti M, Neviani E, Fox P. *The cheeses of Italy: science and technology*. 1st edition. Switzerland:Springer International Publishing AG; 2018.
34. Tripaldi C, Rinaldi S, Palocci G, Di Giovanni S, Campagna MC, Di Russo C, Zottola T. Chemical and microbiological characteristics of homogenised Ricotta cheese produced from buffalo whey. *Italian Journal of Food Science*, 2020; 32(2),292-309.
35. Rubel IA, Iraporda C, Gallo A, Manrique GD, Genovese DB. Spreadable ricotta cheese with hydrocolloids: Effect on physicochemical and rheological properties. *International Dairy Journal*, 2019; 94, 7-15.
36. Borba KKS, Silva FA, Madruga MS, de Cássia Ramos do Egypto Queiroga R, de Souza EL, Magnani M. The effect of storage on nutritional, textural and sensory characteristics of creamy ricotta made from whey as well as cow's milk and goat's milk. *International Journal of Food Science & Technology*, 2014; 49(5), 1279-1286.
37. Sameer B, Ganguly S, Khetra Y, Sabikhi L. Development and characterization of probiotic Buffalo milk Ricotta cheese. *LWT*, 2020;121, 108944.
38. Miele NA, Puleo S, Di Monaco R, Cavella S, Masi P. Sensory profile of protected designation of origin water buffalo ricotta cheese by different sensory methodologies. *Journal of Sensory Studies*, 2021;e12648. (In press) <https://doi.org/10.1111/joss.12648>
39. Sattin E, Andreani NA, Carraro L, Lucchini R, Fasolato L, Telatin A, Balzan S, Novelli E, Simionati B, Cardazzo, B. A multi-omics approach to evaluate the quality of milk whey used in ricotta cheese production. *Frontiers in microbiology*, 2016;7, 1272.
40. Kumar S, Rai DC, Niranjana K, Bhat ZF. Paneer—An Indian soft cheese variant: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 2014;51(5), 821-831.
41. Masud T, Shehla S, Khurram M. Paneer (White cheese) from buffalo milk. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 2007; 21(4), 451-452.
42. Khan Su, Pal M A. Paneer production: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 2011; 48(6), 645-660.
43. Schlossareck C, Ross, C. F. Electronic tongue and consumer sensory evaluation of spicy paneer cheese. *Journal of Food Science*, 2019;84(6),1563-1569.
44. Ahmed A, Bajwa U. Composition, texture and microstructure appraisal of paneer coagulated with sour fruit juices. *Journal of Food Science and Technology*, 2019;56(1), 253-261.
45. Gallardo-Escamilla FJ, Kelly AL, Delahunty CM. Sensory characteristics and related volatile flavor compound profiles of different types of whey. *Journal of Dairy Science*, 2005;88(8), 2689-2699.
46. Anonim. Tarım ve Orman Bakanlığı Türk Gıda Kodeksi Krema ve Kaymak Tebliği, 2003. (Tebliğ no: 2003/34), 2003.

Son erişim tarihi: 5 Şubat 2021Anonim.

47. Anonim. Afyon Kaymağı Coğrafi İşaret Sicil Belgesi, 2009. <https://ci.turkpatent.gov.tr/Files/GeographicalSigns/115.pdf>
Son erişim tarihi: 5 Şubat 2021
48. Pamuk Ş. Geleneksel Afyon kaymağı üretimi. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 2017;12(1), 84-89.
49. Şenel, E. Some carbonyl compounds and free fatty acid composition of Afyon Kaymağı (clotted cream) and their effects on aroma and flavor. *Grasas y Aceites*, 2011;62(4), 418-427.
50. Bhavaniramy S, Vishnupriya S, Vijayarani K, Baskaran D. A review on understanding the subterranean insights in nature of South Indian ghee with its biological and physicochemical properties. *International Journal of Food Sci and Nutrition*, 2018;3(6), 257-262.
51. Wadodkar UR, Punjrath JS, Shah AC. Evaluation of volatile compounds in different types of Ghee using direct injection with gas chromatography-mass spectrometry. *The Journal of Dairy Research*, 2002;69(1),163-171.
52. Sserunjogi ML, Abrahamsen RK, Narvhus J. A review paper: current knowledge of Ghee and related products. *International Dairy Journal*, 1998;8(8), 677-688.
53. Ganguli NC, Jain MK. Ghee: Its chemistry, processing and technology. *Journal of Dairy Science*, 1973;56(1), 19-25.
54. Gemechu AT, Tola YB. Traditional butter and Ghee production, processing and handling in Ethiopia: A review. *African Journal of Food Science*, 2017;11(4), 95-105.
55. Edris A. Chemical composition and aroma description of some volatiles isolated from Ghee using GC-MS and AND GC-Olfactometric analysis. *Egyptian Journal of Dairy Sciences*, 2014: 42. 209-214.
56. Pena-Serna C, Restrepo-Betancur LF. Chemical, physicochemical, microbiological and sensory characterization of cow and buffalo Ghee. *Food Science and Technology*, 2020 (Inpress) <https://doi.org/10.1590/fst.32219>



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa
Bilimleri Dergisi**
Usak University Journal of Science and Natural Sciences

<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.928524>



İnceleme Makalesi

Çok Tabakalı Evren Modeli Üzerine Genel Bakış

Cemal Çifci

Kimya Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye

Geliş: 26 Nisan 2021

Kabul: 07 Haziran 2021 / Received: 26 Nisan 2021

Accepted: 07 Haziran 2021

Abstract

Multilayered Universe Model was obtained when "Multilayered universe model with thermodynamics and kinetics studies" was published in Chemical Physics Letters journal in 2020. According to this model; The first layer is the part we live in and the other layer is the part in touch with it. This model studies to explain the universe from the periods between the before of beginning of time and the end of time with thermodynamic and kinetic calculations. In this study; The events at the stage of trying to explain the universe of the model were examined with an overview.

Keywords: *Thermodynamics, kinetics, model, universe.*

Özet

Çok Tabakalı Evren Modeli; 2020 yılında Chemical Physics Letters dergisinde yayınlanan "Multilayered universe model with thermodynamics and kinetics studies" isimli çalışma ile elde edilmiştir. Bu modele göre; içinde yaşadığımız kısım birinci tabaka ve bununla temasta olan kısımda diğer tabakadır. Yapılan termodinamik ve kinetik hesaplamalarla bu model evreni; zamanın başlangıcından önceki dönem ile zamanın sona erdiği döneme kadar açıklamaya çalışmaktadır. Bu çalışmada; model ile evrenin açıklanmaya çalışılması aşamasındaki olaylar, genel bakış ile incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Termodinamik, kinetik, model, evren.*

©2021 Usak University all rights reserved.

1. Giriş

Bu çalışmada; Çok Tabakalı Evren Modeli (ÇTEM) ile zamanın başlangıcından önceki dönemden başlayarak zamanın sona erdiği döneme kadar evrenin açıklanmaya çalışılması aşamasındaki olaylar, genel bakış ile incelenmiştir [1].

Termodinamiğin birinci yasasına göre kütle ve enerji korunmaktadır. Esasta tabiatta kütle ve enerjinin toplamı korunur. Günümüzde hala evrenle alakalı karanlık madde, karanlık enerji gibi bilinmeyen pek çok olaylar vardır [2,3]. Hesaplamalar bize göstermiştir ki görülen madde yıldızları bir arada tutmak için gerekli kütleçekimi

Corresponding author:

E-mail: cificemal@aku.edu.tr

(ORCID ID: 0000-0001-9410-211X)

©2021 Usak University all rights reserved.

kuvvetini sağlamada yetersizdir. Bu yüzden karanlık madde adı verilen görülmeyen maddenin ek kütleçekimi kuvveti uygulaması gerektiği düşünülmektedir. Benzer şekilde ayrıca araştırmalar evrenin genişleme hızının kütleçekiminden dolayı yavaşlamadığını tam tersine arttığını göstermektedir [2,3]. Bilinmeyen bu enerjiye de karanlık enerji denmektedir [2,3].

Evrenle alakalı teorik ve deneysel çalışmalar insanlık için çok önemlidir. Çünkü bu çalışmalar neticesi sağlanabilecek yeni açılımlar; günümüz teknolojisinin ilerlemesine büyük katkılar sağlayabilme potansiyeline sahiptir. Literatürde evreni daha çok açıklamayı amaçlayan çalışmaların bazıları şunlardır: Evreni açıklamak için Lu ve arkadaşları [4], Bhattacharya ve arkadaşları [5] Brans- Dicke teorisi üzerine araştırmalar yapmışlardır. Yine evreni açıklamak amacıyla Kao [6] Scalar-Tensor teorisi üzerine, Dijkgraaf ve arkadaşları [7] String teorisi üzerine çalışmışlar yapmışlardır.

2. Çok Tabakalı Evren Modelinin Genel Bakış ile İncelenmesi

ÇTEM'e göre içinde yaşadığımız ve milyarlarca yıldızların olduğu kısım birinci tabakadır. Bu birinci tabakayla temasta olan, kendi içerisinde de tabakaları olabilecek olan ve bu olabilecek tabakaların toplam bileşkelerinin etkisini gösteren ikinci tabakadır [1].

ÇTEM'de zamanın başlangıcından önceki periyotta A miktarınca X çiftleri vardır. Neticede A(+X) ve A(-X)'lerin birlikte toplamı A(X)'i oluşturmaktadır. A(+X) ve A(-X)'ler bu periyotta madde ve enerjiye sahip değildir. A'nın M_0 kadar ikinci tabakaya $M_{0t}(-X)$ (\downarrow ; sadece kütleçekimi potansiyel enerjisi aktif, kinetik enerjisi aktif değil) olarak geçtiği anda birinci tabakada saf enerjinin göreceli kütlesi M_{0t} (\downarrow ; kütleçekimi potansiyel enerjisi ve kinetik enerjisi her ikisi de aktif), $(A-M_0)(+X)$ ve $(A-M_0)(-X)$ bulunmaya başlamaktadır. Zaman ilerledikçe M_{0t} 'ın bir kısmı ÇTEM'de bahsedilen şekilde dönüştükçe düzenli zaman periyodunda $M_{t\downarrow}$ ve düzensiz zamanın başlangıcında $M_{t\uparrow}$ birinci tabakada kalmaktadır. ÇTEM'de M_{0t} , $M_{t\downarrow}$ ve $M_{t\uparrow}$ üzerine termodinamik ve kinetik çalışmalarla işlemler yapılmıştır. Bunlar ÇTEM'e göre birinci tabakadaki evrenin görülen ya da hissedilen kısımlarıdır. Ayrıca ÇTEM'e göre birinci tabakadaki $(A-M_0)(+X)$ ve $(A-M_0)(-X)$ 'ler birinci tabakadaki her olayla iç içedir. Dolayısıyla $(A-M_0)(+X)$ ve $(A-M_0)(-X)$ 'lerden de yararlanma yolları aranmalıdır. Diğer taraftan yine ÇTEM'de M_{0t} üzerine yapılan çalışmalar neticesinde birinci tabakaya $(c^2R_t/12G)\downarrow(+X)$ (R_t ; t zamanında evrenin birinci tabaka yarıçapı, c; ışık hızı ve G; kütleçekimi sabiti) salınmaktadır, bunlardan da yararlanma yolları aranmalıdır. Ayrıca ÇTEM'e göre ikinci tabakada olan $M_{0t}(-X)$ 'nin birinci tabakaya yaptığı etkilerde araştırılarak yararlanma yolları aranmalıdır [1].

ÇTEM'e göre evrenin birinci tabakasındaki görülen ya da hissedilen kısımları olan değişik zaman periyotlarındaki M_{0t} , $M_{t\downarrow}$ ve $M_{t\uparrow}$ 'ler ile $(A-M_0)(+X)$, $(A-M_0)(-X)$, $(c^2R_t/12G)\downarrow(+X)$ ve $M_{0t}(-X)$ 'ler arasında uygun olabilecek simülasyon programları ve deney düzenekleri geliştirilerek faydalı sonuçlar çıkartılmaya çalışılmalıdır [1].

ÇTEM'de yapılan termodinamik ve kinetik çalışmalarla ulaşılan diğer önemli çalışmalarda zaman üzerinedir. ÇTEM'e göre evrenin zaman periyodu şöyledir; zamanın başlangıcından önceki periyot, düzenli zaman periyodu, düzensiz zaman periyodu ve zamanın sona ermesi. ÇTEM'de çıkartılan zaman eşitlikleri; herhangi bir düzenli zaman için elde edilen zaman (t) eşitliği ve düzenli zamanın sonu için zaman ($t_{endreg.}$) eşitliğidir. Burada $t = R_t/3c = 4G(M_{0t} - M_{t\downarrow})/c^3$ ve $t_{endreg.} = R_{endexp}/3c = 4G(M_{0t} - M_{t\uparrow})/c^3$ 'dir (R_{endexp} ; genişlemenin durduğu $t_{endreg.}$ zamanındaki evrenin birinci tabaka yarıçapı). Bazı yöntemlerle yaklaşık ölçülebilen değerleri de göz önünde bulundurarak bu zaman eşitliklerinden yararlanma yolları aranmalıdır [1].

Sistem ve çevrenin toplamı evreni oluşturmaktadır. Bu modelle; evrenin bütünlüğü daha detaylı bir şekilde açıklanabileceğinden, sistemle çevre arasındaki ısı, iş ve benzeri ilişkiler daha detaylı bir şekilde incelenebilecektir. Neticede sistem olarak ilgilenilen her olayda daha yararlı sonuçlara ulaşılabilecektir [1].

3. Sonuçlar

ÇTEM evreni çok tabakalı olarak açıklamaktadır. ÇTEM'e göre içinde yaşadığımız kısım birinci tabaka, bununla temasta olan kısımda diğer tabaka olarak açıklanmaktadır. ÇTEM, yapılan termodinamik ve kinetik hesaplamalarla zamanın başlangıcından önceki dönemden başlayarak zamanın sona erdiği döneme kadar evreni açıklamaya çalışmaktadır.

Bu çalışmada; ÇTEM ile evrenin açıklanmaya çalışılması aşamasındaki olaylar, genel bakış ile incelenmiştir. ÇTEM'de geçen değişik zaman periyotlarındaki M_{0t} , M_{tt} ve M_{rt} 'ler ile $(A-M_0)(+X)$, $(A-M_0)(-X)$, $(c^2R_t/12G)_l(+X)$ ve $M_{0l}(-X)$ 'lar arasında uygun olabilecek simülasyon programları ve deney düzenekleri geliştirilerek faydalı sonuçlara ulaşılabileceği vurgulanmıştır. ÇTEM'de çıkartılan zaman eşitlikleri olan; herhangi bir düzenli zaman için elde edilen ve düzenli zamanın sonu için elde edilen zaman eşitliklerinden de yararlanma yollarının araştırılması gerektiği vurgulanmıştır.

Sistem ve çevrenin toplamı evreni oluşturmaktadır. Bu modelle; evrenin bütünlüğü daha detaylı bir şekilde açıklanabileceğinden, sistemle çevre arasındaki ısı, iş ve benzeri ilişkiler daha detaylı bir şekilde incelenebilecektir. Neticede sistem olarak ilgilenilen her olayda daha yararlı sonuçlara ulaşılabilecektir.

Kaynaklar

1. Çifci C. Multilayered universe model with thermodynamics and kinetics studies, Chemical Physics Letters, 2020;747:137356.
2. Frieman JA, Turner MS, Huterer, D. Dark energy and the accelerating universe, Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 2008;46:385-432.
3. Nesbet RK. Conformal Gravity: Dark Matter and Dark Energy, Entropy, 2013;15(1):162-176.
4. Lu JB, Wu YB, Yang WQ, Liu ML, Zhao X. The generalized Brans-Dicke theory and its cosmology, European Physical Journal Plus, 2019;134:318.
5. Bhattacharya S, Debnath U. Brans-Dicke theory and thermodynamical laws on apparent and event horizons. Canadian Journal of Physics, 2011;89:883-889.
6. Kao WF. Scalar-tensor theory and the anisotropic perturbations of the inflationary universe. European Physical Journal C, 2010;65:555-565.
7. Dijkgraaf R, Gopakumar R, Ooguri H, Vafa C. Baby universes and string theory. International Journal of Modern Physics D, 2006;15:1581-1586.