



All Sciences Academy



TARIM, ORMAN VE SU BİLİMLERİNDE ÇAĞDAŞ ARAŞTIRMALAR

*TARIM, ORMAN VE
SU BİLİMLERİNDE
ÇAĞDAŞ
ARAŞTIRMALAR*

Editör

Prof. Dr. NİGAR YARPUZ BOZDOĞAN





Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Çağdaş Araştırmalar
Editör: Prof. Dr. NİGAR YARPUZ BOZDOĞAN

Dizayn: All Sciences Academy Design

Basım Tarihi: Ağustos 2025

Yayıncı Sertifika Numarası: 72273

ISBN: 978-625-5794-14-7

© All Sciences Academy

www.allsciencesacademy.com

allsciencesacademy@gmail.com

İÇERİK

1. Bölüm	6
Karaman-Ermenek İlçesinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri <i>Adem ÖZKAN, Yusuf DİLAY</i>	
2. Bölüm	19
Toprak Ekolojisine Uygun Sürdürülebilir Organik Tarımda Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Rolü <i>Arif GÜNDEŞLİ</i>	
3. Bölüm	36
Buğdayda Kök Yatması Ve Etkili Faktörler <i>Doç. Dr. Bekir ATAR</i>	
4. Bölüm	50
Ruminant Rasyonlarında Yağ İlavesinin Sindirim Sistemine Etkileri <i>Esra KAYA</i>	
5. Bölüm	64
Denizlerden Gelen Şifa: Su Ürünleri Temelli Fonksiyonel Gıda Maddeleri <i>Ayça KAŞIKÇI, Pınar OĞUZHAN YILDIZ</i>	
6. Bölüm	79
Eğrekkaya ve Akyar (Ankara) Baraj Havzalarına Ait Karakteristik Özelliklerin Analizi ile Koruma Kuşaklarının Belirlenmesi <i>Ayça TÜRKER, Şehnaz ŞENER</i>	
7. Bölüm	93
Tarımda Yenilikçi Uygulamalar ve Karar Destek Sistemleri <i>Yusuf DİLAY, Adem ÖZKAN</i>	

8. Bölüm	106
Baharat Bitkilerinin Yetiştiriciliği Ve Türkiye’de Yetiştirilen Bazı Baharat Bitkilerinin Durumu	
<i>Esra Nermin ERTEKİN, Musa TÜRKMEN</i>	
9. Bölüm	127
Kaba Yem ile Beslemenin Metan Salınımı Üzerine Etkisinin Önemi	
<i>İbrahim ERTEKİN</i>	
10. Bölüm	142
Gıda Endüstrisinde Fonksiyonel ve Alternatif Bir Gıda Katkısı Olarak Arthrospira platensis ve Chlorella sorokiniana Mikroalglerinin Kullanımı	
<i>Kioupri CHOUSEIN, İsmail YILMAZ</i>	
11. Bölüm	163
Türkiye’de Karpuz ve Karpuz Çekirdeği Tüketimi	
<i>Pelşin ŞENOL, Şule TURHAN</i>	

Karaman-Ermenek İlçesinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri

Adem ÖZKAN¹
Yusuf DİLAY²

- 1- Öğr. Gör.; Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu.
aozkan@kmu.edu.tr ORCID No:0000-0003-3043-0338.
- 2- Doç. Dr.; Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
ydilay@kmu.edu.tr ORCID No: 0000-0002- 5365-5137.

ÖZET

Bu araştırma, Karaman iline bağlı Ermenek ilçesinin tarımsal mekanizasyon düzeyini incelemeyi amaçlamaktadır. Tarım makineleri kullanımının Ermenek ilçesindeki durumu, traktör sayısı, tarım alet ve makine varlığı ve genel mekanizasyon düzeyi gibi temel göstergeler üzerinden incelenmiştir. Çalışmada, 2015 ve 2024 yılları arasına ait veriler karşılaştırmalı olarak analiz edilmiş ve bu verilere dayanarak ilçedeki tarımsal mekanizasyonun gelişimi ortaya konmuştur.

2015 ve 2024 yılları arasına ait veriler göz önünde bulundurulduğunda, ortalama traktör gücü 22,70 kW olarak belirlenmiş olup, 2024 yılı itibarıyla bu değerin 19,55 kW'a düştüğü gözlemlenmiştir. Aynı yıllar itibarıyla işlenen alana düşen traktör gücü ise 1,23 kW ha⁻¹ ve 1,51 kW ha⁻¹ hesaplanmış, bu oran tarımsal üretimin yoğunluğuna ve traktörlerin verimli kullanımına dair önemli bir gösterge sağlamaktadır. Ayrıca, 1000 hektara düşen traktör sayısı sırasıyla 54,17 ve 77,43 adet olarak belirlenmiş, bu da traktör yoğunluğunun belirli bir seviyede arttığını göstermektedir.

Bir traktöre düşen işlenen alan, 2015 yılında 18,46 ha, 2024 yılında ise 12,91 ha olarak hesaplanmış olması, traktörlerin ortalama olarak daha dar alanlarda çalışmaya devam ettiğini ortaya koymaktadır.

Bu veriler, Ermenek ilçesindeki tarımsal mekanizasyon düzeyinin son yıllarda kayda değer bir gelişim gösterdiğini ve modern tarım makinelerinin daha verimli bir şekilde kullanıldığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, mekanizasyonun arttığı bu dönemde, tarımsal verimlilik ve üretim kapasitesinin de önemli ölçüde iyileştiği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler – Ermenek, Mekanizasyon Düzeyi, Traktör, Biçerdöver, Tarımsal Mekanizasyon.

GİRİŞ

Tarımsal üretimin verimliliği ve sürdürülebilirliği açısından mekanizasyon, modern tarımın vazgeçilmez bir unsurudur. Tarımsal mekanizasyon; toprağın işlenmesi, ekim-dikim, bakım, sulama, hasat ve taşıma gibi süreçlerin daha etkin ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar. Bu teknolojik gelişmeler, özellikle kırsal bölgelerdeki üretim faaliyetlerinde iş gücü tasarrufu ve zaman yönetimi açısından büyük avantajlar sunmaktadır.

Karaman iline bağlı Ermenek ilçesi, Toros Dağları'nın eteklerinde yer alması sebebiyle engebeli ve parçalı arazi yapısına sahip bir bölgedir. Bu durum, tarımsal faaliyetlerde mekanizasyonun kullanımını hem zorunlu kılmakta hem de sınırlamaktadır. Arazilerin küçük ve dağınık parsellerden oluşması, geleneksel üretim yöntemlerinin hâlâ yaygın olarak kullanılmasına neden olmaktadır.

Bu araştırma, Karaman iline bağlı Ermenek ilçesinin tarımsal mekanizasyon düzeyini incelemeyi amaçlamaktadır. Ermenek ilçesinin tarımsal mekanizasyonuna dair temel göstergeler, traktör sayısı, tarım alet ve makineleri ile genel mekanizasyon düzeyi gibi parametreler üzerinden değerlendirilmiştir. Çalışmada, 2015 ve 2024 yıllarına ait veriler karşılaştırmalı olarak analiz edilmiş ve bu verilere dayanarak ilçedeki tarımsal mekanizasyonun gelişimi ortaya konmuştur. Ermenek ilçesi, Orta Toroslar'ın kalbinde yer alır ve bünyesinde birçok akarsu kaynağı, yayla, mesire alanı, tarihi ve doğal güzellik barındırır. Bölgenin tüm sularını, Ermenek Çayı toplar; bu çay, bölgenin en önemli akarsularından biridir.

Ermenek ilçesi, yaklaşık 124.000 hektarlık alanıyla Karaman'ın %14,3'ünü kaplar. Ancak, ilçenin tarım arazisi varlığı oldukça kısıtlıdır ve toplam arazi varlığının yalnızca %26'sını oluşturur. Karaman ilinin yüzölçümünün %14'üne sahip olmasına rağmen, Ermenek'teki tarım arazileri il genelindeki toplam tarım arazilerinin yalnızca %8,7'sini kapsar. Ermenek'in önemli bir özelliği ise Karaman ilindeki su kütlelerinin %85,7'sinin bu ilçede bulunmasıdır. Bu durum, su kaynakları açısından zenginliğini ortaya koyar. İlçedeki tarım alanlarının dağılımına bakıldığında, tahıl ürünleri en geniş alanı kaplar. Ancak, Karaman ili genelindeki toplam üretim alanları içinde Ermenek'in payı incelendiğinde, ilçe özellikle meyve ve sebze üretimiyle öne çıkar. Ermenek'in Karaman içindeki payları şu şekildedir:

- Tahıl ürünleri: %4,10
- Meyve: %7,36
- Sebze: %5,55
- Nadas alanları: %10,90

Bu veriler, Ermenek'in Karaman ilinde meyve ve sebze üretimi açısından stratejik bir konuma sahip olduğunu göstermektedir.

Ermenek İlçesi ve Bucakkışla yöresi Akdeniz iklimine benzer mikroklima özelliği gösteren önemli merkezler arasındadır. Ermenek ilçesinin sulu ve kuru tarım olmak üzere Toplam 17.370,7 ha tarım arazisine sahiptir. Merkez ilçe birinci sırada, ikinci sırada Ayrancı ilçesi, Kazımkarabekir ilçesi üçüncü, sonra Ermenek dördüncü sırada gelmektedir (Anonim, 2025-a).

Ermenek ilçesinde sebze üretiminde; sofralık domates, taze fasulye, sofralık hıyar, soğan ve biber öne çıkıyor. Meyve üretiminde ise Golden elma, kurutmalık ve sofralık çekirdekli üzüm, Starking elma, Granny Smith elma, kiraz, ceviz ve şeftali üretim miktarıyla dikkat çekmektedir (Anonim 2025-b).

Ülkemizde nüfus artışıyla paralel olarak gıda ürünlerine olan talep her geçen yıl artmaktadır. Bununla birlikte, tarım arazisi varlığının sınırlı olması, yeterli gıda üretiminin sağlanabilmesi için birim alandan elde edilen ürünün artırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, tarımda verimliliği artırmak ve sürdürülebilir üretimi sağlamak için teknolojik araçların kullanımının

önemi giderek artmaktadır. Modern tarım tekniklerinin ve yenilikçi teknolojilerin devreye girmesi, üretimdeki girdilerin daha etkin kullanılabilmesi için kritik bir gereklilik halini almıştır.

Tablo 1. Ermenek İlçesi Kadın ve Erkek Nüfusu (TUİK, 2025)

Yıllar	Toplam Ermenek Nüfusu	Erkek Nüfus Sayısı	Kadın Nüfus Sayısı
2024	27.988	14.275	13.713
2023	28.103	14.289	13.814
2022	27.776	14.156	13.620
2021	27.843	14.138	13.705
2020	28.417	14.432	13.985
2019	28.565	14.558	14.007
2018	28.832	14.656	14.176
2017	28.903	14.684	14.219
2016	29.475	14.993	14.482
2015	29.558	14.996	14.562

Tarımsal mekanizasyon, tarımsal üretimin verimliliğini artırmak amacıyla, insan emeğini azaltmak ve yeni üretim teknolojileri geliştirmek suretiyle kullanılan mekanik araçların üretimi, tasarımı, geliştirilmesi, uygulanması, pazarlanması, işletilmesi, bakımı, onarımı ve tarımsal yayım faaliyetleri gibi çok yönlü bir disiplindir (Tezer, 1990; Zeren ve ark., 1995; Koçtürk ve Avcıoğlu, 2007; Akar ve ark., 2012). Ülke bazında tarımsal mekanizasyon düzeyine ilişkin veriler incelendiğinde, Türkiye'nin dünya ortalamasının üzerinde bir düzeyde olduğu, ancak gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında düşük seviyelerde kaldığı gözlemlenmektedir (Altuntaş ve Aslan, 2009). Bu durum, verimli ve kaliteli ürün artışı için teknolojik yatırımların ve sürdürülebilir bir planlamanın gerekliliğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, tarımsal mekanizasyon araçlarının üretimin her aşamasında etkin bir şekilde kullanılması ve uygulama süreçlerindeki sorunların giderilmesi büyük önem arz etmektedir.

Tarımsal mekanizasyon düzeyinin tespitine yönelik olarak Türkiye genelinde, farklı bölgelerde ve illerde yapılan çeşitli akademik çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar, tarımsal üretimde uygulanan yeni teknik ve teknolojiler doğrultusunda sürekli olarak güncellenmekte ve geliştirilmektedir (Yılmaz ve Sümer, 2018; Dilay ve Özkan, 2021; Konak, 1995; Dertlioğlu ve Altuntaş, 2023; Yıldız ve ark., 2007; Eryılmaz ve ark., 2014; Gökdoğan ve Bayhan, 2011).

Bu çalışmada, Karaman iline bağlı Ermenek ilçesindeki tarımsal mekanizasyon düzeyinin belirlenmesine yönelik bir analiz yapılmıştır. Traktörler, tarım aletleri ve makinelerinin varlığı ve istatistiksel verilerin işlenmesiyle mekanizasyon düzeyine dair göstergeler hesaplanmış ve

değerlendirilmiştir. Çalışmanın temel amacı, Karaman ilinin Ermenek ilçesinde mevcut tarımsal mekanizasyon düzeyini, traktör ve tarım makinelerinin varlıkları ve tarım alanlarının büyüklüğü gibi faktörler dikkate alınarak belirlemektir.

MATERYAL ve METOT

Çalışmanın materyalini Konya Ovası Projesi (KOP) kapsamında yer alan; Karaman ili Ermenek ilçesine ait Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınan (TÜİK, 2025-a) 2015-2024 yıllarına ait istatistiki veriler oluşturmaktadır. Araştırmada, Ermenek ilçesindeki tarımsal mekanizasyon düzeyi, sahip olunan tarım arazileri ve traktör varlığının yanı sıra, çeşitli toprak işleme, ekim-dikim, gübreleme, tarımsal savaş, hasat, harman ve diğer önemli tarım alet ve makinelerinin mevcudiyeti üzerinden incelenmiştir. İlçenin mekanizasyon seviyesini belirlemek için şu kriterler esas alınmıştır (Altıkat ve Çelik, 2011; Lüle ve ark., 2012);

- Birim alana düşen traktör gücü (kW/ha)
- 1000 hektar alana düşen traktör sayısı (adet/1000 ha)
- Bir traktöre düşen toplam alan (ha/traktör)

Bu kriterlerin belirlenmesinde; toplam tarım alanı (Tablo 2, 3), traktör sayısı ve ortalama traktör güç büyüklüğü değerlerinden (Tablo 4) ve 1000 Hektara Düşen Makine Sayısı ise; toplam tarım makinesi sayısının (Tablo 5) toplam tarım alanına (Tablo 2) bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Ayrıca 2015 ve 2024 yılları için bazı tarım alet ve makine sayılarındaki değişim oranları hesaplanmıştır (Tablo 5).

Tablo 2. Ermenek İlçesinin Yıllara Göre Toplam Tarım Arazi Varlığı (Anonim, 2025-c).

YILLAR	Toplam Tarım Alanı (ha)
2015	17.942,3
2016	17.802,4
2017	17.305,2
2018	17.340,2
2019	16.718,8
2020	16.303,0
2021	17.241,7
2022	17.374,6
2023	17.370,6
2024	17.370,7

Tablo 3. Kültür Arazisi Kullanım Amaçlarına Göre Karaman İl Geneli 2024 Yılı Dağılımı (Anonim, 2025-c).

İlçe	Tarla Bitkileri	Bahçe	Sebze	Nadas	Toplam
Merkez	164.203,7	31.421	9.405,1	7.300	212.329,8
Ayrancı	72.468,5	1.679,9	502,5	5.000	79.650,9
Kazımkarabekir	19.910,9	431,6	521,7	1.635	22.499,2
Ermenek	10.420,7	4.390,1	646,5	1.913,4	17.370,7
Sarıveliler	2.292,2	1.877,9	126	271	4.567,1
Başyayla	824,5	873,5	27	249	1.974

Tablo 4. Ermenek İlçesinin Son On Yıla Ait Traktör Sayıları (Anonim, 2025-c)

Yıllar	Toplam	Tek	Akşlı	İki Akşlı (BG)					
		(BG)							
		1-5	5+	1-10	11-24	25-34	35-50	51-70	70+
2015	972	145	305	-	14	-	172	322	14
2016	980	145	306	-	15	-	174	325	15
2017	997	150	310	-	16	-	176	330	15
2018	1.004	150	310	-	17	-	177	335	15
2019	1.001	149	312	-	17	-	175	332	16
2020	1.003	149	312	-	17	-	175	334	16
2021	1.195	250	400	-	20	-	190	300	35
2022	1.236	251	400	-	25	-	190	310	60
2023	1.205	246	390	-	24	-	160	320	65
2024	1.345	300	450		25		165	340	65

Tablo 5. Ermenek İlçesinin 2015 ve 2024 Yıllarına Ait Tarım Alet-Makine Sayıları
(Anonim, 2025-c).

Tarım Alet ve Makineler	2015	2024	Değişim (%)
Hayvan Pulluğu	24	3	-87,5
Kulaklı Traktör Pulluğu	455	650	42,9
Kulaklı Anız Pulluğu	-	6	-
Toprak Frezesi (Rotovator)	13	20	53,8
Kültivatör	61	90	47,5
Diskli Tırmık (Diskarolar)	10	7	-30,0
Kombikürüm (Karma Tırmık)	-	3	-
Ot Tırnığı	6	24	300,0
Traktörle Çekilen Hububat Ekim Makinesi	9	9	0,0
Orak Makinesi	32	25	-21,9
Biçer Bağlar Makinesi	24	35	45,8
Ot Silaj Makinesi	3	8	166,7
Mısır Silaj Makinesi	3	3	0,0
Yem Hazırlama Makinesi	5	25	400,0
Sırt Pülverizatörü	850	1000	17,6
Kuyruk Milinden Hareketli Pülverizatör	62	100	61,3
Motorlu Pülverizatör	205	490	139,0
Atomizör	4	18	350,0
Santrifüj Pompa	57	83	45,6
Elektropomp	71	109	53,5
Motopomp (Termik)	81	78	-3,7
Derin Kuyu Pompa	33	100	203,0
Yağmurlama Tesisi	8	10	25,0
Süt Sağım Makinesi (Seyyar)	275	600	118,2
Römork (Tarım Arabası)	625	700	12,0
Su Tankeri (Tarımda Kullanılan)	98	160	63,3
Dip Kazan (Subsoiler)	10	4	-60,0
Rototiller	-	2	-
Taş Toplama Makinesi	1	5	400,0
Set Yapma Makinesi	2	1	-50,0
Sap Döver ve Harman Makinesi (Batöz)	162	160	-1,2
Saman Aktarma-Boşaltma Makinesi	11	8	-27,3
Motorlu Tırpan	275	530	92,7
Meyve Hasat Makineleri	-	100	-
Damla Sulama Tesisi	1085	1500	38,2
Kepçe (Tarımda Kullanılan)	15	43	186,7
Taş Kırma Makinesi	-	2	-

Tablo 6. Ermenek İlçesinin Güç Gruplarına Göre Traktör Sayılarının Değişimi ve Ortalama Güçleri

Güç Grupları (BG)								
Traktör Güçleri	1-5	5+	1-10	11-24	25-34	35-50	51-70	70+
Ortalama								
Traktör Gücü	3	5	5,5	17,5	29,5	42,5	60,5	70
Yıllar	Güç Gruplarına Göre Traktör Sayıları (Adet)							
2015	145	305		14		172	322	14
2024	300	450		25		165	340	65
Yıllar	Toplam Traktör Güçleri (BG) *							
2015	435	1525		245		7.310	19.481	980
2024	900	2.250		437,5		7.012,5	20.570	4.550
Yıllar	Toplam Traktör Gücü (BG)		Ortalama Gücü (BG) *		Traktör Ortalama Gücü (kW) *		Traktör Ortalama Gücü (kW) *	
2015	29.976		29.976/972=30,84		22,70			
2024	35.720		35.720/1.345=26,56		19,55			

*Bu değerler, yazarlar tarafından hesaplanmıştır.

Tablo 7. Ermenek İlçesinin Tarımsal Mekanizasyon Düzeyi Göstergeleri

Mekanizasyon Düzeyi Göstergeleri*						
Yıllar	Tarım arabası/100 0 ha	Traktör/Tarım arabası	Traktör/1000 ha	ha/traktör	kW/ha	Ortalama Traktör Gücü (kW)
2015	34,83	1,56	54,17	18,46	1,23	22,70
2024	40,30	1,92	77,43	12,91	1,51	19,55

*Bu değerler, yazarlar tarafından hesaplanmıştır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Türkiye İstatistik verileri ışığında Ermenek ilçesine ait, son on yıla ilişkin traktör sayıları güç gruplarına göre Tablo verilmiştir. Veriler incelendiğinde 2015 yılı toplam traktör sayısı 972 adet olduğu,2024 yılı traktör sayısı ise 1.345 adet olduğu anlaşılmıştır.2015-2024 yıllarını kapsayan on yıllık toplam traktör sayısı %38,37 oranında artmıştır.2015 ve 2024 yılları incelendiğinde artışların ve azalışların olduğu görülecektir. Tek akslı 1-5 BG Gücündeki traktörde %68,97 artış, tek akslı 5 BG üzerindeki

traktörlerde ise %47,54 artışın olduğu görülmektedir. İki akslı traktör grubunda 1-10 BG ve 25-34 BG güç grubunda ise bölgede traktör mevcut değildir. 11-24 BG güç grubunda %78,57, 51-70 BG güç grubunda ise 5,59 ve 70 BG üzerindeki güç gruplarında ise %364 artış gösterirken, 35-50 BG güç grubunda ise %0,71 azalış görülmektedir.

İlçede biçerdöver sayısı bulunmamaktadır. İşletmelerin küçük ve düz arazi ve engebeli topografik yapıda olması buna imkân vermemektedir. Mekanizasyon gösterge değerleri içinde bulunan **biçerdöver/ha** ve **ha/biçerdöver** gösterge değerleri hesaplanmamıştır.

Ermenek ilçesinde 2015 ve 2024 yıllarındaki tarım alet ve makineleri sayıları Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre on yıllık değişim oranları ile Tablo 5 'de verilmiş ve hesaplanmıştır. İstatistiki veriler incelendiğinde tarım alet ve makinalarında artışlar ve azalışlar görülmüştür. Tablo 5 'e göre hayvan pulluğu, diskli tırmık, orak makinesi, motopomp (termik), dip kazan, set yapma makinesi, saman aktarma-boşaltma makinesi sayısında azalış olurken diğer makinelerde artma görülmüştür.

Ermenek ilçesinde 2015 yılında Toplam tarım alanı 17.942,3 ha iken 2024 yılında ise 17.370,7 ha gibi kısa bir azalma değeri görülmüştür.

Ermenek ilçesinde 2015 yılında 972 adet ,2024 yılında 1.345 adet Traktör sayısı belirlenmiştir. Tablo 6'a göre 2015 yılında toplam traktör gücü 29.976 BG iken 2024 yılında bu sayı 35.720.BG ulaşmıştır. Toplam Traktör gücü Artış oranı %19,16 seviyelerinde gerçekleşmiştir. Bu da bölgedeki işletmelerin yeni aldıkları traktör satın alma durumu daha yüksek güçlü traktör lehinde kullanmışlardır.

İlçenin tarımsal mekanizasyon düzeyi ile ilgili hesaplamalar Tablo 7 'de verilmiştir.2015 yılında 54,17 olan traktör/1000 ha gösterge değeri 2024 yılında 77,43 traktör/1000 ha olmuştur. ha/traktör gösterge değeri de 2015 yılında 18,46 iken 2024 yılında ise 12,91 gibi azalma eğilimi göstermiştir. Ortalama traktör gücü ise 2015 yılı ile 2024 yılı arasında 22,70 kW'tan 19,55 kW 'a düşmüştür. Yokuş ve ark. (2015) yaptıkları çalışmalarında Aksaray ili 2013 yılı geneli için 36,64 Traktör/1000 ha, ha/Traktör 27,66 ve ortalama traktör gücünü 37,17 kW olarak bulmuştur. Diğer taraftan Dilay, Y., ve Özkan, A. (2021) yaptıkları çalışmada ise 2020 yılı için 37.96 Traktör/1000 ha, 26.35 ha/Traktör,1.31 kW /ha ve ortalama traktör gücü 34.64 kW olarak tespit etmişlerdir.

Tarımsal mekanizasyon düzeyinin 2015 yılından 2024 yılına kadar geçen süre içerisinde traktör başına düşen ekili alan değerlerinin (ha/traktör) ve ortalama traktör gücü (kW) haricindeki tüm mekanizasyon kriterlerinde artış belirlenmiştir.

Mekanizasyon düzey belirlenmesi ve mekanizasyon derecelerinin belirlenmesi amacıyla birçok kriter ile değerlendirilmesi mekanizasyon seviyesindeki değişim özellikleri daha doğru olacaktır.

Ermenek ilçesinin tarım arazileri, dağlık yapının ve küçük parselasyonun yaygın olması nedeniyle tarımsal iş makineleri ve traktör

kullanımını kısıtlamaktadır. Bu durum, bölgedeki tarımsal verimliliği olumsuz etkileyen önemli bir faktördür.

İlçede tarımda çalışan nüfusun ve tarımsal işletmelerin gelir düzeylerinin düşüklüğü, temel güç kaynağı olan traktörler ile diğer tarımsal alet ve makinelerinin satın alınmasını yetersiz kılmaktadır. Bu bağlamda, düşük gelirli ve küçük ölçekli işletmelerin ağırlıkta olduğu Ermenek'te tarımsal üretimi artırmak için makine kullanım model ve sistemlerinin yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır.

Ayrıca, işletmelerin ölçeklerine uygun tarım aleti, makinesi ve traktör kullanımının sağlanması, ilçenin tarımsal potansiyelini tam anlamıyla değerlendirebilmek adına kritik bir gerekliliktir. Bu tespitler, Ermenek ilçesinde tarımsal mekanizasyonun geliştirilmesine yönelik stratejilerin belirlenmesi için bir yol haritası sunmaktadır.

Ermenek ilçesi, son on yılda tarımsal mekanizasyon düzeyi göstergelerinde genel bir iyileşme kaydetmiştir. Bu gelişim, KOP Bölgesi'nin önemli merkezlerinden biri olarak Ermenek'in tarımsal potansiyelini artırma yolunda atılan adımların bir göstergesidir. Ancak, bu ilerlemenin sürdürülebilirliği ve tarımsal verimliliğin daha da artırılması için önemli adımlar atılması gerekmektedir. Özellikle, bölge çiftçilerinin bilimsel verileri etkin bir şekilde kullanmaları ve teknolojik gelişmeleri yakından takip ederek tarımsal üretim süreçlerine entegre etmeleri büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, tarımsal üretimde verimliliği artırmak amacıyla ortak makine kullanımının yaygınlaştırılması kritik bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Ek olarak, iyi tarım uygulamaları ve hassas tarım tekniklerine yönelik yatırımların teşvik edilmesi gereklidir. Bu teşvikler, farklı tip ve büyüklükteki tarım işletmelerinin yapılarına uygun traktör ve tarım alet-makinesi kullanımını sağlayarak, modern tarımın gerektirdiği verimlilik ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına katkıda bulunacaktır. Ermenek'in tarımsal geleceği için bu stratejilerin hayata geçirilmesi büyük bir potansiyel barındırmaktadır. Ayrıca, bu kapsamda yapılacak bilimsel çalışmalar, fuar organizasyonları, çiftçiler için bitki desenine göre eğitimlerin verilmesi de önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, Ermenek ilçesinde tarımsal mekanizasyon, arazilerin fiziksel özelliklerine bağlı olarak şekillenmekte ve farklı çözüm stratejileri gerektirmektedir. Bölgeye uygun makine parkının oluşturulması, çiftçilerin teknik bilgi düzeyinin artırılması ve **mekanizasyon** yatırımlarına yönelik teşviklerin sürdürülmesi, bölge tarımının geleceği açısından kritik öneme sahiptir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma, 13-15 Mayıs 2025 tarihleri arasında Karaman ili Ermenek ilçesinde gerçekleştirilmiş olan 1. Uluslararası Disiplinlerarası Ermenek Kongresi'nde sunulmuş ve Özeti, bildiri kitabında yayınlanmıştır.

REFERANSLAR

- Akar M, Malaslı MZ, Çelik A. (2012). Hatay İlinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *Tarımsal Mekanizasyon 27. Ulusal Kongresi*, 5-7 Eylül, Samsun, s. 64-73.
- Altıkat S, Çelik A. (2011). Iğdır ilinin tarımsal mekanizasyon özellikleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1 (4): 99-106.
- Anonim,(2025-a). [https://karaman.tarimorman.gov.tr/Menu/26/Tarimsal-Yapi-Ve-Calismalar#:~:text=Ermenek%20%C4%B0l%C3%A7esi%20ve%20Bucakk%C4%B1%C5%9Fla%20y%C3%B6resi%20Akdeniz%20iklimine%20sahip%20olup%20mikroklima%20%C3%B6zelli%C4%9Fi%20g%C3%B6stermektedir.&text=327.058%20ha%20alan%20sahip%20olan,alan%20miktar%C4%B1%20142.412%20ha'd%C4%B1r.](https://karaman.tarimorman.gov.tr/Menu/26/Tarimsal-Yapi-Ve-Calismalar#:~:text=Ermenek%20%C4%B0l%C3%A7esi%20ve%20Bucakk%C4%B1%C5%9Fla%20y%C3%B6resi%20Akdeniz%20iklimine%20sahip%20olup%20mikroklima%20%C3%B6zelli%C4%9Fi%20g%C3%B6stermektedir.&text=327.058%20ha%20alan%20sahip%20olan,alan%20miktar%C4%B1%20142.412%20ha'd%C4%B1r. adresinden) adresinden 8 Mayıs 2025 tarihinde alınmıştır.
- Anonim,(2025-b). Mevlana kalkınma ajansı. Ermenek ilçe raporu 2024. <https://www.mevka.org.tr/assets/upload/dosyalar/ermenek-ilce-raporu-2024.pdf>
- Anonim, (2025-c). Türkiye İstatistik Kurumu, Tarım Alet ve Makine İstatistikleri, Ankara.
- Dertlioğlu, U., & Altuntaş, E. (2023). Amasya İlinin Tarımsal Makinalaşma Düzeyinin 2016-2021 Yılları Arasındaki Değişiminin İncelenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 19(1), 36-52.
- Dilay, Y., & Özkan, A. (2021). Karaman İlinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 761-767.
- Eryılmaz, T., Gökdoğan, O., Yeşilyurt, M. (2014). Yozgat İlinin Tarımsal Mekanizasyon Durumunun İncelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1 (2): 262-268.
- Gökdoğan, O., Bayhan, A.K. (2011). Eğirdir İlçesi Tarım İşletmelerinin Mekanizasyon Düzeyi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 23-29
- Koçtürk, D., Onurbaşı, Avcıoğlu A. (2007). Türkiye’de Bölgelere ve İllere Göre Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3 (1): 17-24
- Konak, M. (1995). Konya İli Çumra İlçesi Tarımsal Mekanizasyon Düzeyinin Araştırılması. *S.Ü. Ziraat Fak. Dergisi* 8 (10):61-70 Konya.
- Lüle, F., Koyuncu, T., Engin, K.E. (2012). Adıyaman İlinin Tarımsal Mekanizasyon Durumu. *Tarımsal Mekanizasyon 27. Ulusal Kongresi*, 5-7 Eylül, Samsun, s. 48-54.

- Yıldız, M. U., Dilay, Y., & Özkan, A. (2007). Karaman İlinin Tarımsal Mekanizasyon Seviyesinin Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 3(4), 211-215.
- Tezer, E. (1990). Tarımsal Üretim Planlaması Kavramı ve Mekanizasyon. Tarım Sorunları ve Tarımsal Üretim Planlaması Semineri, Ankara.
- TUIK., (2025). Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri.
- Yılmaz, S., Sümer S.K. (2018). Türkiye’de Traktör Parkı Yenilenme Oranları ve Mekanizasyon Düzeyinin Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14 (2): 79-87.
- Yokuş, S.ve ark. (2015). Aksaray İlinin Tarımsal Mekanizasyon Özellikleri. *III.KOP Uluslararası Bölgesel Kalkınma Sempozyumu* .22-24 Ekim 2015.Aksaray. Sempozyum Kitabı syf.272-277.
- Zeren, Y., Tezer, E., Tuncer, İ.K., Evcim, Ü., Güzel, E., Sındır, K.O. (1995). Tarım Alet-Makine ve Ekipman Kullanım ve Üretim Sorunları. *Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi Tarım Haftası 95 Kongresi*, 9-13 Ocak, Ankara.

Toprak Ekolojisine Uygun Sürdürülebilir Organik Tarımda Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Rolü

Arif GÜNDEŞLİ¹

¹ Bilim Uzmanı, Bayburt Üniversitesi, Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-8227-6508>

GİRİŞ

Tıbbi ve aromatik bitkiler, genel olarak değerlendirildiğinde, hayvancılık sektöründe özellikle sağlıklı beslenme ve sürdürülebilirlik açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Hayvancılıkta, hayvanların beslenmesi, bağışıklık sistemlerinin güçlendirilmesi ve yaşam koşullarının iyileştirilmesi gibi konularda tıbbi ve aromatik bitkilerin sağladığı katkılar göz ardı edilemeyecek düzeydedir. Bu tür bitkilerin doğal içerikli olmaları ve yan etkilerinin düşük olması, onları hayvancılıkta cazip bir seçenek haline getirmektedir. Tıbbi ve aromatik bitkiler, hayvan sağlığı, hastalıklara karşı direnç ve beslenme açısından önemli bir destekleyici unsur olarak öne çıkmaktadır. Öncelikle, bu tür bitkilerin hem doğal içerikli olmaları hem de yan etkilerinin düşük olması önemli bir avantajdır. Bu nedenle, tıbbi ve aromatik bitkiler hayvan sağlığı, hastalıklara karşı direnç ve beslenme açısından destekleyici bir unsurdur. Ayrıca, bu bitkiler hem doğrudan yem olarak hem de yem katkı maddesi şeklinde kullanıldığında, hayvanların sindirim sistemlerinin düzenlenmesine ve iştahlarının artmasına katkı sağlar. Bu durum, aynı zamanda hayvansal verimliliğin önemli ölçüde artmasına da etki eder. Bu nedenle, tıbbi ve aromatik bitkilerin özellikle hayvancılıkta kullanımı; ekonomik kazanç, doğal beslenme, sürdürülebilirlik ve pazar alanlarının genişlemesi açısından önemli avantajlar ve fırsatlar sunmaktadır.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin sürdürülebilir organik tarımdaki rolü, hem ekolojik denge hem de insan sağlığı açısından büyük bir öneme sahiptir. Tıbbi bitkiler, çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılabilecek doğal ürünler sağlaması açısından geleneksel tıpta önemli bir yer tutmaktadır. Bununla birlikte, organik tarımın benimsenmesi, sadece bu bitkilerin kalitesini artırmakla kalmaz, aynı zamanda üretimin devamlılığını da destekler. Geleneksel tarım uygulamalarının doğaya olan olumsuz etkileri göz önüne alındığında, organik tarımın ekosistem hizmetlerini artırma potansiyeli, bu konuda yapılan araştırmaların odak noktası olmuştur (Jiang vd., 2022). Ayrıca, tıbbi bitkilerin ekosistemdeki biyolojik çeşitliliği korumanın, maddi ve manevi olarak faydaları olduğu araştırmalarla desteklenmiştir (Alahmad vd., 2024). Dolayısıyla, sürdürülebilir tarım uygulamalarının biyolojik çeşitlilikle olan ilişkisinin daha ayrıntılı biçimde incelenmesi gerekmektedir.

Tıbbi ve aromatik bitkilerin ekiminde kullanılan organik tarım yöntemleri, doğal koşulların taklit edilmesi ve agrokimyasalların kullanılmaması gibi uygulamalara dayanarak, bu bitkilerin ekolojisini ve verimliliğini artırmayı hedefler (Suwitchayanon vd., 2017). Organik tarım sistemlerinin benimsenmesi, biyolojik çeşitlilik ile doğrudan ilişkilidir. Biyolojik çeşitlilik, sağlıklı bir ekosistemin temel unsurlarından biridir ve tıbbi bitkiler için ekolojik dengeyi sağlamada kritik bir rol üstlenir. Almanya ve Hindistan gibi ülkelerde tıbbi bitkilerin kültürel ve ekonomik değerleri, sürdürülebilir tarım uygulamalarıyla daha iyi bir şekilde korunabilir (Gao vd., 2022; Li vd., 2024).

Bu noktada, tarımsal sistemlerin hem ekonomik hem ekolojik sürdürülebilirliği birlikte ele alması kaçınılmazdır.

Tıbbi bitkiler, tarımsal üretim sistemlerinde önemli bir rol oynamakta ve bu uygulamaların etkili yönetimi ile biyoçeşitlilik artırılmakta, aynı zamanda tarımsal verimlilik de sağlanmaktadır. Bunun yanında, ekonomik kaygıları olan çiftçiler için bu ürünlerin talebinin artması, tıbbi bitki yetiştiriciliğini cazip hale getirmektedir (Lulekal vd., 2008). Tıbbi ve aromatik bitkiler, sürdürülebilir tarım uygulamalarının merkezinde yer almakta olup, hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli katkılar sağlamaktadır. Bu bitkilerin kullanımı, tarımsal üretimin ekolojik dengesini koruyarak toprak sağlığını iyileştirmekte ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına destek olmaktadır. Ayrıca, artan talep sayesinde tıbbi bitki üretimi, kırsal kalkınma ve çiftçilerin gelir düzeylerinin artırılması açısından da önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu nedenle, organik tarım sistemlerinde tıbbi ve aromatik bitkilerin yaygınlaştırılması, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ekonomik gelişim hedefleri doğrultusunda stratejik bir gereklilik haline gelmiştir. Tıbbi ve aromatik bitkilerin sürdürülebilir organik tarım içindeki rolü, tarımsal üretimin çevre ile uyumlu hale getirilmesini sağlamaktadır. Toprak sağlığını ve biyolojik çeşitliliği destekleyerek, bu bitkilerin korunmasına ve gücüne katkıda bulunmaktadır. Elde edilen bulgular, tıbbi bitkilerin organik tarım sistemlerinde kullanılmasıyla elde edilen ekosistem hizmetlerinin iyileştirilmesinin yanı sıra, insan sağlığını ve yaşam kalitesini artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, tıbbi ve aromatik bitkilerin sürdürülebilir bir tarım modeli içinde dikkate alınması, çevresel ve ekonomik açıdan sürdürülebilir gelişim için kritik bir gerekliliktir (Behera vd., 2024; Gandhi, 2024). Bu bulgu, özellikle organik üretim sistemlerinde mikrobiyal etkileşimlerin önemini artırmaktadır.

Toprak Ekolojisi ve Biyolojik Çeşitlilik

Toprak ekolojisi, toprağın içinde bulunan tüm canlı ve cansız varlıkların birbiriyle olan fiziksel ve kimyasal etkileşimlerinin gerçekleştiği önemli bir alandır. Bu alan içerisinde; mikroorganizmalar, solucanlar, böcekler, kimyasal atıklar, insan atıkları, hayvan ölüleri, sanayi atıkları gibi çeşitli canlılar ve artıkların yanı sıra mineraller, su, hava, organik ve inorganik maddeler gibi çok sayıda unsur yer almaktadır. Canlı ve cansız varlıkların toprakta bir arada bulunması, toprağın verimliliği, yapısı ve biyolojik aktivitesi üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Örneğin, mikroorganizmalar organik maddeleri parçalayarak bitkilerin alabileceği besin maddelerine dönüştürür. Öte yandan, topraktaki fiziksel yapılar suyun toprakta tutulması ve hava alışverişinin sağlanması gibi son derece önemli işlevlerin yerine getirilmesini sağlar. Bu işlevlerin dengeli bir şekilde sürdürülmesi, hem toprak sağlığı hem de tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Tüm bu

etkileşimler, biyolojik çeşitliliğin artmasına katkı sağlarken, aynı zamanda toprak içindeki dengenin korunmasında da etkili olmaktadır.

Topraklar, bitkiler için köklenme materyali sağlayan ve ayrışma süreciyle madde ve besinleri geri dönüştüren saprofit organizmalar için yaşam alanı sağlayan temel ekosistem bileşenleridir. Toprak ekolojisi, topraktaki organizmalar (hem mikrop hem de fauna) arasındaki ve toprak organizmaları ile fiziksel ve kimyasal ortamları arasındaki etkileşimlerle ilgilenir. Toprak habitatının heterojenliği, çok çeşitli bakteri, mantar ve mikroskobik ve makroskobik toprak hayvanlarını destekler. Bu organizmalar, organik maddelerin ayrışmasının, karbondioksitin topraktan dışarı atılmasının ve toprak içindeki besin döngüsünün temel itici güçleridir. Toprak organizmalarının çeşitliliği, işlevsel özelliklerinde de görülür ve organizmalar, toprağın fiziksel özelliklerinden besin dinamiklerinin oranına kadar değişen ekosistem özelliklerini etkiler. Toprak besin ağlarındaki trofik etkileşimler, bu ekosistem işlevlerinin çoğunu yönlendirir. Toprağın opak yapısı, yerinde gözlemin zorluğu ve toprak organizmalarının nispeten keşfedilmemiş çeşitliliği, topraklardaki çeşitlilik ve işlev arasındaki doğrudan ve açık bağlantıları sorunlu hale getirir. Bunu zorlaştıran şey, toprakların oldukça heterojen ve karmaşık yapısı ve bileşimidir. Modern teknikler ve kavramsal araçlar, toprak organizmalarının mikroskobik ölçeklerinin ekosistemlerin ve biyosferin işlev gördüğü geniş ölçeklerle bağlantılandırılmasında ilerleme kaydedilmesine olanak sağlıyor (Pavao-Zuckerman, 2008).

Toprak ekolojisi, toprakta yaşayan organizmalar arasındaki etkileşimleri, bitkilerin büyümesini ve ekosistem hizmetlerini etkileyen faktörleri inceleyen bir bilim dalıdır. Toprak, yalnızca bitki köklerinin büyümesi için bir ortam sağlamakla kalmaz, aynı zamanda birçok mikroorganizmanın evi olarak da işlev görmektedir. Bu mikroorganizmalar, bitkilerin sağlığına doğrudan etki eden önemli bir rol oynamaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkilerin sürdürülebilir tarımda kullanımı, toprak sağlığını iyileştiren ve biyoçeşitliliği artıran doğal bir yaklaşım sunar. Özellikle, bu bitkilerin mikrobiyal ekosistemle olan etkileşimleri, toprak verimliliğini etkileyen ve pestisit kullanımını azaltarak çevresel sürdürülebilirliği destekleyen önemli mekanizmalardır (Jiang et al vd.,2022).

Toprakta bulunan mikrobiyal çeşitlilik, bitki büyümesini destekleyen önemli bir bileşendir. İyi bir mikrobiyal topluluk, bitkilerin besin maddelerini etkili bir şekilde almasına yardımcı olurken, patojenlere karşı savunmalarını artırır. Biyoçeşitlilik, tarımsal verimliliği artırma ve çevresel dengeyi koruma açısından kritik bir rol üstlenmektedir. Tıbbi bitkilerin, pek çok tohumu ve kök sistemini güçlendirerek bu ilişkilerin olumlu etkilerini artırma potansiyeline sahip olduğu gösterilmiştir (Uçar ve Yücel, 2023). Toprak mikrobiyal çeşitliliği, bitkilerin sağlıklı büyümesi ve gelişmesi için temel bir

faktördür. Zengin ve dengeli bir mikrobiyal yapı, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin etkin şekilde alınmasını sağlarken, hastalıklara karşı doğal direnç mekanizmalarını da güçlendirir. Bu bağlamda, tıbbi bitkilerin toprakta oluşturduğu olumlu etkiler, hem bitki kök sistemlerinin güçlenmesine hem de genel biyoçeşitliliğin desteklenmesine katkıda bulunmaktadır. Organik tarım uygulamaları ise kimyasal kullanımını azaltarak ve doğal süreçleri destekleyerek, toprak ekosisteminin sağlığını koruma ve geliştirme potansiyeline sahiptir. Böylelikle, sürdürülebilir tarımda mikrobiyal çeşitliliğin korunması ve artırılması, ekosistem dengesinin devamlılığı ve tarımsal verimliliğin yükseltilmesi için kritik öneme sahip olmaktadır. Toprak ekosistemleri içerisinde kullanılan organik tarım uygulamaları, toprak sağlığını koruma ve iyileştirme açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Organik tarım, kimyasal gübre ve pestisit kullanımını azaltmakla kalmaz, aynı zamanda doğal şartları taklit eden teknikler kullanarak toprakta yaşayan organizmaların çeşitliliğini artırma hedefindedir (Karsinah vd., 2023). Tıbbi bitkilerin ekiminde çeşitliliğin artırılması, zararlı organizmalar üzerinde baskı yaratabilirken, toprakta besin maddelerinin döngüsünü de iyileştirmekte öncü bir rol oynamaktadır (Awad, 2024). Tıbbi bitkilerin kullanımıyla elde edilen doğal ürünler, biyoçeşitlilik ve toprak sağlığı sağlayarak çiftçilerin ekonomik kazançlarını artırma potansiyeline sahiptir. Bu bitkiler yalnızca tıbbi amaçlar için değil, aynı zamanda gıda ve diğer tarımsal ürünlerin geliştirilmesinde de önemli hale gelmektedir (Uçar ve Yücel, 2023). Agroekolojik yaklaşımlar, bu bitkilerin biyoçeşitlilik üzerindeki etkisini artırarak, toprak ekosistemlerinin işlevselliğini bütüncül bir şekilde geliştirmektedir (Awad, 2024). Bu nedenle, bitkisel üretimde kullanılan doğal girdilerin etkilerinin izlenmesi kritik öneme sahiptir.

Organik Bitki Üretim Sistemleri

Organik bitki üretim sistemleri, kimyasal gübre ve sentetik pestisit gibi dış girdiler kullanılmadan, doğal döngülerden ve biyolojik çeşitlilikten yararlanarak bitki üretimini sürdürülebilir şekilde gerçekleştirmeyi amaçlayan yöntemlerdir. Bu sistemlerde temel amaç, toprağın doğal yapısını koruyarak zaman içinde verimliliğin ve sürekliliğin artırılmasıdır. Kimyasal katkı maddeleri yerine organik gübreler, kompost, yeşil gübreleme ve rotasyon gibi çevre dostu uygulamalar tercih edilerek toprağın yapısı iyileştirilir; erozyon ve kirlilik gibi olumsuz çevresel etkiler en aza indirilir. Organik bitki üretim sistemleri aynı zamanda suyun daha etkin kullanılması, doğal kaynakların korunması ve ekolojik dengenin sürdürülmesi açısından da önemli katkılar sağlar. Bu yönüyle, hem insan sağlığını koruyan hem de çevreye duyarlı bir tarımsal üretim modeli olarak öne çıkmaktadır.

Organik bitki üretim sistemleri, ekolojik dengeyi korumak ve doğal kaynakları sürdürülebilir bir şekilde kullanmak amacıyla geliştirilmiş yöntemlerdir. Bu sistemler, kimyasal gübre ve pestisit kullanımını en aza

indirmeyi hedefleyerek, çevresel etkileri azaltmayı ve toprak sağlığını iyileştirmeyi amaçlamaktadır (Jiang et al vd.,2022). Organik bitki üretim sistemleri, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak ve doğal kaynakların verimli kullanımını desteklemek amacıyla tasarlanmıştır. Bu yaklaşımla, kimyasal girdilerin kullanımının azaltılması toprağın yapısını korurken, ekosistemdeki biyolojik çeşitliliğin devamını sağlamaktadır. Özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerin organik yöntemlerle yetiştirilmesi, sadece ürün kalitesini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda ekolojik dengeyi güçlendiren önemli bir faktör olarak ön plana çıkmaktadır. Özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerin organik üretimi, bu bitkilerin kalitesini artırdığı gibi, biyoçeşitliliğin korunmasına da önemli katkılarda bulunmaktadır (Pranskünienė vd., 2019).

Organik Hayvan Yetiştiriciliği

Organik hayvan yetiştiriciliği ile tıbbi ve aromatik bitkiler arasında tamamlayıcı bir ilişki bulunmaktadır. Organik hayvancılıkta, hayvan sağlığını, hayvan hastalığını önlemek, hayvanların refah düzeyini artırmak amacıyla kimyevi maddeler yerine doğal tedavi yöntemleri ve doğal beslenme yöntemleri tercih edilmektedir. Tıbbi bitkiler doğal bağışıklık güçlendirici, sindirimi düzenleyici ve hastalıklara karşı daha dirençli olmasıyla ön plana çıkar. Özellikle kekik, adaçayı, sarımsak ve rezene gibi bitkiler, yem katkısı olarak kullanıldıklarında hayvanların genel sağlığını destekler hemde antibiyotik kullanımını azaltma olarak ciddi anlamda etki yapmaktadır. Aynı zamanda, organik sistemlerde çevreye yarar ön planda olduğu gibi, aynı zamanda tıbbi bitkilerin üretimi ve kullanımı çevresel sürdürülebilirliğe de önemli etkenler arasındadır. Bu nedenle, organik hayvancılıkla tıbbi bitki üretiminin entegrasyonu sağlanmalı ve hem sağlıklı hayvan ürünleri elde edilmeli hem de çevreye faydalı, tamamlayıcı bir tarım modelinin geliştirilmesine imkan tanımalıdır. Organik hayvancılık, hayvanların doğal ortamlarda yetiştirilmesini teşvik ederken, beslenme biçimleri ve sağlıkları üzerinde olumlu etkiler oluşturmaktadır (Zhao vd., 2017).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin organik hayvan besleme sistemlerinde kullanımı, hem hayvan sağlığını desteklemekte hem de besin kalitesini artırmaktadır. Özellikle, bu bitkilerin sağladığı doğal antibakteriyel ve anti-inflamatuar özellikler, hayvanların hastalıklara karşı dirençli hale gelmesini sağlayabilir (Jiang vd., 2022). Araştırmalar, bazı aromatik bitkilerin hayvan yemlerinde kullanıldığında hem sindirim sistemini desteklediğini hem de genel sağlık durumunu iyileştirdiğini göstermektedir (Mendes vd., 2023). Bu bitkiler, sindirim enzimlerinin aktivitesini artırarak besin maddelerinin daha verimli kullanılmasını sağlar ve bağırsak florasının dengesini koruyarak sindirim sorunlarının önlenmesine yardımcı olur. Ayrıca, doğal bileşikler içerdikleri için bağışıklık sistemini güçlendirme, antioksidan etkiler gösterme ve inflamasyonu azaltma gibi sağlık faydaları da sağlamaktadırlar. Örneğin, kekik (*Thymus vulgaris*) ve nane (*Mentha*) gibi bitkiler, sindirimi

kolaylaştırmanın yanı sıra, hayvanların stres seviyelerini de azaltmaya yardımcı olabilir (Jiang vd., 2022). Bu bitkiler, sindirim enzimlerinin aktivitesini artırarak besin maddelerinin daha etkin kullanılmasını sağlar ve bağırsak florasının dengede kalmasına yardımcı olarak sindirim problemlerinin önüne geçer. İçerdikleri doğal bileşikler sayesinde bağışıklık sistemini güçlendirme, antioksidan koruma sağlama ve inflamasyonu azaltma gibi önemli sağlık faydaları sunarlar. Özellikle kekik (*Thymus vulgaris*) ve nane (*Mentha*) gibi aromatik bitkiler, sindirim sistemini desteklemekle kalmayıp, hayvanların stres seviyelerinin düşürülmesine de katkıda bulunmaktadır. Bu özellikleri sayesinde, hayvan yetiştiricilerinin bu bitkileri yemlerinde kullanmaları, hem üretim verimliliğini artırmakta hem de çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmektedir. Hayvan yetiştiricilerinin bu tür bitkileri yemlerinde kullanmaları, geçim kaynaklarını artırırken, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği de desteklemektedir (Moldovan vd., 2022). Ayrıca, organik hayvancılığın temel prensiplerinden biri, hayvanları yaşadıkları çevresel koşullarda en doğal biçimde yetiştirmektir. Bu yaklaşım, hayvanların doğal besin kaynaklarına erişimini artırmakta ve dolayısıyla tıbbi ve aromatik bitkilerin ekimini teşvik etmektedir. Tıbbi bitkilerin besin olarak sunulması, hayvanların genel sağlığına olumlu katkıda bulunur ve bireysel sağlık sorunlarına yönelik doğal tedavi seçenekleri sunar (Joshi vd., 2016).

Aromatik bitkiler, çiftlik hayvanlarının genel sağlığını ve refah düzeylerini artıran doğal alternatifler sunmakta, dolayısıyla organik hayvancılık uygulamalarında olumlu bir rol oynamaktadır (Setzer, 2018). Aromatik bitkiler, organik hayvancılıkta doğal ve etkili destek unsurları olarak öne çıkmaktadır. Bu bitkilerin hayvan sağlığını ve refahını artırıcı özellikleri, sentetik kimyasalların kullanımını azaltarak hem çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır hem de ekonomik açıdan üreticilere avantaj sunmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkilerin organik hayvancılıkla entegrasyonu, hayvansal ürünlerin kalitesinin yükselmesine ve üretim süreçlerinin daha sağlıklı bir zemine oturmasına olanak tanımaktadır. Önümüzdeki dönemde, bu bitkilerin kullanımı yaygınlaştıkça, organik hayvancılığın çevresel ve sağlık yararlarının da artması beklenmektedir. Organik hayvan üretim sistemleri, tıbbi ve aromatik bitkilerin entegre edilmesi ile önemli faydalar sağlamaktadır. Bu bitkilerin organik hayvancılığı desteklemesi, hem çevresel hem de ekonomik sürdürülebilirliği artırmakta, hayvansal ürünlerin kalitesini yükseltmektedir. Gelecekte, bu bitkilerin kullanımı, organik hayvancılık uygulamalarında daha da yaygınlaşarak sağlık yararlarını ve çevresel faydaları artırma potansiyeline sahiptir (Chandra vd., 2018).

Bitkisel ve Hayvansal Üretimin Entegrasyonu

Tıbbi ve aromatik bitkiler, organik hayvan yetiştiriciliği sistemlerinde doğallık ve işlevsellik açısından önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, bu bitkiler organik üretim modelinde birbirini tamamlayıcı özelliklere sahiptir.

Kimyasal ilaçlar ve sentetik katkı maddelerinin kullanılmadığı bu sistemlerde, hayvanların hastalanma riskini en aza indirmek, sindirim sağlıklarını desteklemek ve genel refah düzeylerini artırmak amacıyla tıbbi bitkilerden faydalanılmaktadır. Örneğin, tıbbi bitkiler yem katkı maddesi olarak kullanıldığında, hayvanların iştahını artırmakta, sağlıklarını güçlendirmekte, iç ve dış parazitlere karşı dirençlerini geliştirmekte ve doğal yollarla hastalıklardan korunmalarını sağlamaktadır. Ayrıca, bu bitkilerin doğal antibakteriyel ve antioksidan özellikleri sayesinde, hayvansal ürünlerin kalitesi ve güvenilirliği yükselmekte, böylece gerçek müşterilere ulaşmak ve iyi kazanç elde etmek mümkün olmaktadır. Tıbbi bitkilerin üretimi ile organik hayvancılığın entegrasyonu, ekonomik açıdan katma değeri yüksek, sağlıklı ve çevre dostu bir tarım sisteminin kurulmasına katkı sağlamaktadır.

Bitki ve hayvan üretiminin entegrasyonu, tarımsal sistemlerin daha verimli, sürdürülebilir ve çevre dostu hale gelmesi için önemli bir stratejidir. Bu yaklaşım, tarımda kaynakların daha etkin kullanılmasını sağlarken, aynı zamanda toprak sağlığını ve biyoçeşitliliği artırmaktadır. Organik tarım uygulamalarında bitki ve hayvan üretiminin entegrasyonu, doğal döngüleri destekler ve çiftlikteki her iki üretim dalının sinerjik olarak çalışmasına olanak tanır (Jiang vd., 2022). Bitki ve hayvan üretiminin entegrasyonu, tarımsal sistemlerin sürdürülebilirliğini artıran ve çevresel etkileri azaltan bütüncül bir yaklaşımdır. Bu yöntem sayesinde, doğal kaynaklar daha etkin kullanılırken toprak sağlığı korunmakta ve biyoçeşitlilik desteklenmektedir. Organik tarımda bu entegrasyon, ekosistem içindeki doğal döngülerin devamını sağlayarak bitkisel ve hayvansal üretimin birbirini tamamlamasına olanak tanır. Ayrıca, hayvansal atıkların bitkisel üretimde organik gübre olarak değerlendirilmesi, tarımsal atık yönetimini kolaylaştırmakta ve kaynakların geri dönüşümüyle çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Bitki-hayvan entegrasyonu, tarımsal atıkların yönetimi konusunda da önemli avantajlar sunar. Hayvanların beslenmesi için kullanılan bitkilerin atıkları, organik gübre olarak geri döndürülebilir ve bu döngü, kaynakların verimli kullanılmasını sağlayarak çevresel etkileri azaltır (Vidal vd., 2022). Bitki-hayvan entegrasyonu, tarımsal atıkların etkin yönetimi açısından önemli avantajlar sağlar. Hayvanların beslenmesinde kullanılan bitkilerin atıkları, organik gübre olarak tarla ve bahçelere geri kazandırılarak, toprak verimliliğinin artırılmasına katkıda bulunur. Bu döngü, kaynakların sürdürülebilir kullanımını destekleyerek çevresel etkilerin azalmasını sağlar. Ayrıca, interkrop (arada ekim) sistemi gibi uygulamalar, hem bitkisel hem hayvansal üretimde yağış ve doğal kaynakların daha verimli kullanılmasını mümkün kılarak ekosistem dengesinin korunmasına yardımcı olur. Örneğin, interkrop sistemi gibi stratejiler, hem bitkilerin hem de hayvanların yetiştirilmesinde yağışlardan daha iyi yararlanmayı ve doğal kaynakları korumayı mümkün kılar (Jiang vd., 2022). Ayrıca, entegre tarım sistemleri, çiftçilerin ekonomik sürdürülebilirliklerini artırmaları için bir fırsat sunar. Bitki ve hayvan üretimi arasındaki etkileşim, riskleri azaltır ve çiftçilere pazar

talebine göre esneklik sağlar (Oliveira vd., 2024). Entegre tarım sistemleri, çiftçilere ekonomik açıdan daha sürdürülebilir bir üretim modeli sunarak gelir kaynaklarını çeşitlendirme imkânı tanır. Bitkisel ve hayvansal üretimin bir arada yürütülmesi, piyasa dalgalanmalarına karşı riskleri azaltırken, çiftçilere ürün tercihinde esneklik sağlar. Örneğin, belirli bir bitkinin talebinin arttığı dönemlerde üretim ağırlıklı olarak bu bitkiye kaydırılabilir; aynı zamanda hayvansal üretim, çiftliğin ekonomik dayanıklılığını güçlendiren ek bir gelir kapısı oluşturur. Çiftçiler, belirli bir bitki türünün piyasada talep görmesi durumunda, o bitkiyi öncelikle üretme imkanına sahip olurlar; aynı zamanda evcil hayvanların varlığı, çiftliğin diğer gelir kaynaklarını destekler (Jiang vd., 2022).

Sürdürülebilirlik Göstergeleri ve En İyi Uygulama Örnekleri

Özellikle, bitki ve hayvan üretimi entegrasyonu, bu göstergeleri iyileştirecek şekilde planlanmalıdır. Bu bağlamda, sürdürülebilir tarım uygulamalarındaki en iyi uygulama örnekleri, çiftçilerin verimliliğini artırırken çevresel etkileri en aza indirmeyi amaçlamaktadır (Sarie vd., 2023). Bitki ve hayvan üretiminin entegrasyonu, sürdürülebilirlik göstergelerinin iyileştirilmesi hedefiyle dikkatli bir şekilde planlanmalıdır. Bu kapsamda, sürdürülebilir tarım uygulamalarının en iyi örnekleri, çiftçilerin üretim verimliliğini artırırken çevresel etkileri en aza indirmeye odaklanmaktadır. Sürdürülebilirlik göstergeleri, tarımsal sistemlerin genel sağlığını ve performansını değerlendirmek için önemli veriler sunar; bu göstergeler, bitki çeşitliliği, toprak sağlığı ve su yönetimi gibi kritik unsurları da kapsamaktadır. Böylelikle, entegre tarım uygulamaları hem ekonomik hem de ekolojik açıdan daha dengeli ve sürdürülebilir sonuçlar ortaya koymaktadır. Sürdürülebilirlik göstergeleri, çeşitli faktörlere dayanarak tarımsal üretkenlik ve çevresel etkiler hakkında bilgi sağlamaktadır. Bu göstergeler, tarımsal sistemin genel sağlığını ve performansını değerlendirirken, bitki çeşitliliği, toprak sağlığı ve su yönetimi gibi unsurları içermektedir (Zarei, 2017). Sürdürülebilirlik göstergeleri, tarımsal üretimin çevresel etkilerini ve sistem performansını kapsamlı bir şekilde değerlendirmeye olanak tanır. Bu göstergeler; bitki çeşitliliği, toprak sağlığı ve su yönetimi gibi temel unsurları içermekte olup, tarımsal sistemlerin genel sağlığının izlenmesini sağlar. Sürdürülebilir tarım için çok boyutlu bir yaklaşım benimsemek şarttır; bu yaklaşım, ekosistem hizmetlerine dayalı uygulamalarla doğal besin döngülerinin korunmasını ve aynı zamanda verimliliğin artırılmasını hedeflemektedir. Böylelikle, hem çevresel denge sağlanmakta hem de üretkenlik sürdürülebilir hale getirilmektedir. Herhangi bir tarımsal sistemin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için çok boyutlu bir yaklaşım benimsemek gereklidir. Örneğin, ekosistem hizmetlerine dayanan tarımsal uygulama örnekleri, doğal besin döngülerinin korunmasına yardımcı olmakta ve aynı zamanda tarımsal verimliliği artırmaktadır (Shin vd., 2024). Herhangi bir tarımsal sistemin sürdürülebilirliğinin sağlanması, çok boyutlu ve kapsamlı bir yaklaşım

gerektirir. Bu kapsamda, ekosistem hizmetlerine dayalı uygulamalar doğal besin döngülerinin korunmasına katkı sağlarken, tarımsal verimliliğin artırılmasını da mümkün kılar. İyi uygulama örnekleri arasında organik gübre kullanımı ve yeşil gübreleme yöntemleri yer almakta olup, bu teknikler toprak sağlığını iyileştirirken aynı zamanda zararlılara karşı doğal direnç mekanizmalarının oluşmasına olanak tanımaktadır. Böylece sürdürülebilir tarım, hem çevresel koruma hem de üretkenlik açısından etkili sonuçlar sunmaktadır. İyi uygulama örnekleri arasında, sürdürülebilir tarım uygulamalarında kullanılan organik gübreler ve yeşil gübreleme yöntemleri bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar, toprak sağlığını artırırken zararlılara karşı direnç oluşturan doğal bir ortam yaratır (Zarei vd., 2021).

Zorluklar ve Gelecek Perspektifi

Organik ve bütünsel tarım sistemlerinin yaygınlaştırılması sürecinde yüksek üretim maliyetleri, bilgi ve teknik donanım eksiklikleri, pazarlama kanallarındaki yetersizlikler ile altyapı sorunları başlıca engeller arasında yer almaktadır. Buna ek olarak, iklim değişikliği, su kaynaklarının azalması ve toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerindeki bozulmalar, bu sistemlerin sürdürülebilirliği açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır. Ancak son yıllarda artan çevresel farkındalık, tüketici tercihlerinin değişimi ve sürdürülebilir tarım politikalarının desteklenmesi, söz konusu üretim modellerinin geleceği açısından umut verici gelişmelerdir. Bu bağlamda, eğitim faaliyetlerinin yaygınlaştırılması, araştırma-geliştirme (Ar-Ge) çalışmaları ile teknolojiye dayalı uygulamaların teşvik edilmesi, mevcut zorlukların aşılmasında temel araçlar olarak öne çıkmaktadır. Toprak ekolojisine uyumlu organik üretim sistemleri, ekolojik sürdürülebilirliği ve çevresel bütünlüğü esas alan yapılarıyla geleceğin tarım vizyonunda merkezi bir konumda yer almaktadır. Bununla birlikte, bu sistemlerin sahada yaygınlaşmasını engelleyen yapısal, kültürel, ekonomik ve teknik sorunlar mevcudiyetini sürdürmektedir. Özellikle tıbbi ve aromatik bitkiler gibi stratejik ürün grupları özelinde söz konusu zorluklar daha da belirginleşmekte; bu durum, bütüncül ve çok boyutlu yaklaşımlar gerektirmektedir. Bu bölümde, organik ve entegre üretim sistemlerinin karşılaştığı mevcut engeller ayrıntılı şekilde ele alınmakta ve söz konusu sistemlerin yaygınlaştırılmasına yönelik uygulanabilir çözüm önerileri ve gelecek perspektifleri sunulmaktadır.

Organik tarım ve toprak ekolojisi temelli üretim sistemlerinin yaygınlaşmasının önünde çeşitli yapısal, yönetsel ve sosyoekonomik engeller bulunmaktadır. Bu üretim biçimleri, çoğu ülkede uzun vadeli ve stratejik bir tarım politikası çerçevesinde değil; daha çok kısa vadeli pazar düzenlemeleri ekseninde ele alınmaktadır. Oysa sürdürülebilir toprak yönetimi yalnızca üretim verimliliği açısından değil, ekolojik denge, biyoçeşitlilik ve kırsal kalkınma bakımından da büyük önem taşımaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler

bağlamında ise üretim, işleme ve pazarlama zincirlerinin parçalı bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Türkiye gibi biyolojik çeşitlilik açısından zengin ülkelerde dahi bu bitkilere yönelik ulusal üretim planlarının eksikliği, üreticilerin uzun vadeli ve sürdürülebilir planlama yapmalarını zorlaştırmakta; sektörde koordinasyon sorunlarını beraberinde getirmektedir (Kızıl ve Toncer, 2014). Bu çok katmanlı yapısal ve kurumsal sorunlar, doğrudan üreticinin ekonomik karar alma süreçlerine de yansımaktadır. Tarım politikalarının bütüncül olmaması ve piyasa düzenlemelerinin kısa vadeli hedeflere odaklanması, üreticilerin finansal risklerini artırmakta ve organik tarıma geçiş konusunda tereddüt yaratmaktadır. Özellikle TAB gibi yüksek bilgi ve yatırım gerektiren ürün gruplarında, üreticilerin yalnız bırakılması ya da yönlendirilmemesi, hem üretim verimliliğini hem de pazar sürekliliğini tehdit etmektedir. Kurumsal desteklerin zayıf olması, üreticilerin yatırım yapma motivasyonunu azaltmakta; uzun vadeli planlama yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum, ekonomik sürdürülebilirliğin yalnızca üretim koşullarına değil, aynı zamanda makro düzeydeki yönetim kapasitesine de bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Ekonomik boyutta ise organik tarımın kısa vadede konvansiyonel sistemlerle rekabet edebilecek düzeyde bir kârlılık sunmaması, üreticiler açısından önemli bir engel teşkil etmektedir. Sentetik girdilerden uzaklaşıldığında, özellikle küçük ölçekli işletmeler verim düşüşüyle karşı karşıya kalmakta ve bu durum geçimlik üretim yapan çiftçilerin sisteme adaptasyonunu zorlaştırmaktadır. TAB üretiminde karşılaşılan sorunlar ise daha çok işleme altyapısının yetersizliği, kalite kontrol eksiklikleri ve ihracat zincirlerine entegrasyon güçlükleri etrafında yoğunlaşmaktadır. Pek çok üretici ürününü yalnızca kurutulmuş hâlde pazarlayabilmekte; distilasyon, ekstraksiyon ya da uçucu yağ üretimi gibi katma değerli işleme süreçlerine erişim sağlayamamaktadır. Ayrıca, organik pazarlara erişimde yaşanan lojistik ve sertifikasyon temelli sorunlar, üreticilerin sürdürülebilir pazar ilişkileri kurmasını sınırlamaktadır (Ertuğrul ve Karakaya, 2017).

Teknik bilgiye erişim yetersizliği, organik tarım ve toprak ekolojisi temelli üretim sistemlerinin yaygınlaşmasında en kritik kırılma noktalarından biridir. Toprak ekolojisine dayalı bu sistemler, kompostlama teknikleri, mikrobiyal denge takibi ve biyolojik toprak analizleri gibi özel bilgi ve beceriler gerektirmesine rağmen, üreticilerin büyük bir kısmı bu konularda yeterli eğitim ve danışmanlık hizmetlerine ulaşamamaktadır. Özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerle entegre sistemlerin geliştirilmesinde, hangi bitkinin hangi toprak koşuluna daha uygun olduğu ve hayvansal üretim sistemleriyle nasıl uyumlu hale getirileceği gibi bilgilerin pratik uygulamaya aktarılmasında önemli eksiklikler mevcuttur. Akademik bilgi ile saha uygulamaları arasındaki bu kopukluk, teknik karar alma süreçlerini olumsuz etkileyerek bilgi-beceri uyumsuzluğunu derinleştirmektedir. Bunun yanı sıra, dönüşüm sürecinde kültürel ve sosyolojik dinamikler de önemli bariyerler oluşturmakta, zira organik üretim sadece bir teknik değişim değil, aynı zamanda üretici

zihniyeti, değerler sistemi ve yaşam biçiminde köklü bir dönüşüm gerektirmektedir. Ancak birçok üretici, geleneksel yöntemleri “doğal” veya “ekolojik” olarak algılayarak bilimsel temelden yoksun uygulamalara yönelebilmekte, bu durum ise üretimde verimsizlik, yanlış yönlendirme ve bilgi kirliliğine yol açmaktadır. Kırsal alanlarda bilgi kuşaktan kuşağa aktarılmakla birlikte, bu aktarım günümüzün çevresel krizlerine yanıt verebilecek nitelikte değildir; bu nedenle ekolojik okuryazarlığın artırılması ve güncel bilimsel bilginin sahaya ulaştırılması dönüşümün başarısı açısından hayati öneme sahiptir. Tüm bu zorlukların üzerine, iklim değişikliğinin toprak sağlığı üzerindeki tehditleri eklenmektedir. Artan toprak sıcaklıkları mikrobiyal faaliyetleri bozmakta, karbon tutma kapasitesini azaltmakta ve erozyon riskini artırmaktadır. Özellikle suya duyarlı tıbbi ve aromatik bitki üretim sistemleri, kuraklık ve su kıtlığı gibi çevresel stres faktörlerinden doğrudan etkilenmektedir. Ayrıca, iklim değişikliği ile birlikte ortaya çıkan yeni zararlılar ve hastalıklar, pestisit kullanımını dışlayan ekolojik üretim sistemleri için önemli bir uyum sorunu yaratmakta, bu da yalnızca teknik çözümler değil, aynı zamanda adaptif, esnek ve çok boyutlu yönetim modellerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Tüm bu çok katmanlı engellere rağmen, toprak merkezli organik üretim sistemleri uzun vadeli bir dönüşüm potansiyeli taşımaktadır. Agroekolojik bilgi sistemlerinin yaygınlaştırılması, çiftçi ile bilim insanı arasındaki bilgi paylaşımının kurumsallaştırılması, yerel tohumların yeniden üretime kazandırılması ve kooperatifleşme temelli işleme-pazarlama ağlarının kurulması bu dönüşümde önemli adımlar olacaktır. Ayrıca, toprak sağlığını odağına alan iklim uyum projeleri sayesinde üreticiler hem çevresel hem de ekonomik risklere karşı daha dayanıklı hâle gelebilecektir. Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatı ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları gibi küresel politikalar da bu süreci destekleyen güçlü çerçeveler sunmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler bu dönüşümde yalnızca ekonomik değeri yüksek ürünler değil; aynı zamanda gelenek, bilgi, çevre ve ekonomi arasında çok yönlü bir bağ kurarak agroekolojik sistemlerin taşıyıcı kolonları olarak değerlendirilmektedir. Geleceğin tarımı, toprağı yalnızca üretim zemini olarak değil, canlı bir ekosistem olarak gören ve onu onaran, koruyan ve yeniden canlandıran bir yaklaşım temelinde şekillenecektir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Organik ve bütünleşmiş tarım sistemleri, günümüzde küresel ölçekte artan çevresel sorunlar, iklim değişikliği ve doğal kaynakların azalması karşısında sürdürülebilir tarımın temel yapıtaşları olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemlerin temel amacı, toprağın ekolojik dengesini korumak, biyolojik çeşitliliği artırmak ve uzun vadeli üretim kapasitesini sürdürülebilir kılmaktır. Toprak ekosistemine uygun üretim teknikleri; toprak organik maddesini artırmak, mikrobiyal çeşitliliği desteklemek ve doğal döngülerin devamlılığını sağlamak suretiyle, hem çevresel hem de ekonomik dayanıklılığı güçlendirmektedir. Özellikle tıbbi ve aromatik bitkiler, organik tarım modellerinin ayrılmaz parçaları olarak, toprak mikrobiyotasının zenginleştirilmesine, doğal pest kontrolü mekanizmalarının geliştirilmesine ve ekosistem hizmetlerinin desteklenmesine önemli katkılar sunmaktadır. Bu bitkiler, kimyasal girdilere olan bağımlılığı azaltırken, toprak ve su kaynaklarının korunmasında da etkin rol oynamaktadır. Ayrıca, TAB üretimi, özellikle kırsal bölgelerde yaşayan küçük ölçekli üreticiler için önemli bir ekonomik fırsat yaratmakta ve kırsal kalkınmanın desteklenmesinde kritik bir fonksiyon üstlenmektedir. Böylece, ekolojik sürdürülebilirlik ile ekonomik gelişmenin bütünleşik bir şekilde yürütülmesine olanak sağlamaktadır.

Ancak, bu potansiyelin tam anlamıyla hayata geçirilebilmesi, sadece üretim tekniklerinin benimsenmesiyle sınırlı kalmamalıdır. Sürdürülebilir tarımın yaygınlaştırılması için kapsamlı ve bütüncül politikaların oluşturulması, eğitim programlarının yaygınlaştırılması, finansal destek mekanizmalarının güçlendirilmesi ve bilimsel araştırmaların derinleştirilmesi zorunludur. Üreticilerin toprak yapısı ve yerel koşullara uygun planlama yapabilmesi için teknik bilgi ve danışmanlık hizmetlerine erişimin artırılması gerekir. Tarımsal araştırmalar, özellikle TAB'ların toprak mikrobiyal yapısı üzerindeki etkileri, karbon tutumu, su kullanım verimliliği, hayvan sağlığına katkıları gibi alanlarda yoğunlaştırılmalıdır. Ayrıca, üretimden işlenmeye, pazarlamadan ihracata kadar tüm süreçlerin sürdürülebilir, izlenebilir ve verimli hale getirilmesi amacıyla lojistik altyapının iyileştirilmesi ve sertifikasyon sistemlerinin etkinleştirilmesi önem taşımaktadır. Etkin bir üretici-tüketici zinciri kurulması, ürün kalitesinin yükseltilmesi ve pazar güveninin sağlanması, organik ve entegre tarım sistemlerinin başarısında kritik rol oynar. Bu nedenle, politika yapıcılar, akademisyenler, üreticiler ve sivil toplumun koordineli iş birliğiyle çok yönlü ve kapsayıcı stratejiler geliştirilmelidir.

Sonuç olarak, organik ve bütünleşmiş tarım sistemleri, toprak ekolojisini merkeze alan ve çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği bütüncül bir yaklaşımla hedefleyen tarımsal üretim modelleridir. Bu sistemler, toprağı sadece üretim için bir kaynak olarak değil, canlı ve dinamik bir ekosistem olarak görmekte ve üretici ile doğa arasında sürdürülebilir bir denge

kurulmasını sağlamaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler, bu bütünsel yaklaşımın çok işlevli bir unsuru olarak hem ekolojik dengeyi korumakta hem de kırsal ekonomilerin güçlenmesine katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, TAB üretimi, işlenmesi, pazarlanması ve desteklenmesi için kapsamlı politika ve uygulama mekanizmaları oluşturulmalı, üreticiler bu süreçlere etkin biçimde dahil edilmelidir. Ancak bu şekilde, sürdürülebilir tarım, gıda güvenliği ve kırsal kalkınma hedeflerinin bir arada gerçekleştiği dirençli ve sağlıklı bir tarım geleceği inşa edilebilir. Böylece toprakla barışık, doğayla uyumlu ve gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakma sorumluluğunu taşıyan bir tarım anlayışı hayata geçirilebilir.

KAYNAKLAR

- Alahmad, M. ve Rahim, A. (2024). Unveiling awareness and knowledge of orphan plants: catalysts for sustainable transformation in Al-Zarqa Basin, Jordan. *Environmental Research Communications*. doi:10.1088/2515-7620/ad61c1
- Awad, M. (2024). Plant Protection Approaches Impact on Achieving Agricultural Sustainability in Iraq: An Applied Study. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. doi:10.54910/sabrao2024.56.5.31.
- Behera, B. ve Barik, S. (2024). Enhancing Agricultural Sustainability Through Rhizomicrobiome: A Review. *Zeitschrift für allgemeine mikrobiologie*. doi:10.1002/jobm.202400100
- Chandra, R. et al. (2018). From Commodity to Brand: The Country of Origin Branding Perspective for Indian Medicinal and Aromatic plants. *Business strategy & development*. doi:10.1002/bsd2.31
- Ertuğrul, İ. ve Karakaya, F. (2017). Tıbbi ve aromatik bitkilerde pazarlama sorunları ve çözüm önerileri. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, 34(1), 11–19.
- Gandhi, T. (2024). The Financial Feasibility Of Rhizome Cultivation During Covid-19 Pandemic. *Agrimor*. doi:10.32938/ag.v9i1.2170
- Gao, J. ve Xu, Y. (2022). Agricultural Jiaosu: An eco-friendly and cost-effective control strategy for suppressing Fusarium root rot disease in *Astragalus membranaceus*. *Frontiers in Microbiology*. doi:10.3389/fmicb.2022.823704
- Jiang, Y., Zhou, K. ve He, Z. (2022). New insights explain that organic agriculture as sustainable agriculture enhances the sustainable development of medicinal plants. *Frontiers in Plant Science*. doi:10.3389/fpls.2022.959810

- Joshi, Y., vd. (2016). Himalayan Aromatic Medicinal Plants: A Review of their Ethnopharmacology, Volatile Phytochemistry, and Biological Activities. *Medicines*. doi:10.3390/medicines3010006
- Karsinah, U. ve Yasin, A. (2023). Organic Mulch Innovation from Straw Waste in the Context of Realizing Climate Smart Agriculture as an Acceleration of Green Economy Achievement. *Journal of Law and Sustainable Development*. doi:10.55908/sdgs.v1i12.2281
- Kızıl, S. ve Toncer, O. (2014). Türkiye’de tıbbi ve aromatik bitkilerin durumu ve sorunları. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(1), 104–111.
- Li, R. ve Zhao, Z. (2024). Plant–pathogen interaction with root rot of *Panax notoginseng* as a model: Insight into pathogen pathogenesis, plant defense response and biological control. *Molecular Plant Pathology*. doi:10.1111/mpp.13427
- Lulekal, E. ve Yineger, H. (2008). An ethnobotanical study of medicinal plants in Mana Angetu District, southeastern Ethiopia. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. doi:10.1186/1746-4269-4-10
- Mendes, E. A., Ferreira, F. G. ve Oliveira, P. J. (2023). Organic Medicinal and Aromatic Plants: Consumption Profile of a Portuguese Consumer Sample. *Foods*. doi:10.3390/foods12224145
- Moldovan, S. et al. (2022). Growth Characteristics of *Dracocephalum moldavica* L. in Relation to Density for Sustainable Cropping Technology Development. *Agriculture*. doi:10.3390/agriculture12060789
- Oliveira, D. M., vd. (2024). Production of Chives Using Organic Fertilizers before Planting and in Top Dressing. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. doi:10.1590/1678-4324-2024230542
- Pavao-Zuckerman, M. (2008). Toprak Ekolojisi. *Toprak Ekolojisi*. Science Direct.
- Pranskūnienė, K., vd. (2019). Ethnobotanical Study of Cultivated Plants in Kaišiadorys District, Lithuania: Possible Trends for New Herbal Based Medicines. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. doi:10.1155/2019/3940397
- Sarie, M. et al. (2023). Evaluation of the Effect of Climate Change Factors, Sustainable Agricultural Practices, and Community Involvement on Sustainable Agricultural Productivity: A Case Study on Rice Farmers in Cianjur Area. *Journal of Agriculture and Environment*. doi:10.58812/wsa.v1i01.376
- Setzer, W. N. (2018). The Phytochemistry of Cherokee Aromatic Medicinal Plants. *Medicines*. doi:10.3390/medicines5040121

- Shin, D. et al. (2024). Evaluating the Environmental Factors of Organic Farming Areas Using the Analytic Hierarchy Process. *Sustainability*. doi:10.3390/sul6062395
- Suwitchayanon, J., Kunasakdakul, K ve Kato-Noguchi, H. (2017). Screening the allelopathic activity of 14 medicinal plants from Northern Thailand. *Environment Control in Biology*. 55(3), 143-145. doi:10.2525/ecb.55.143
- Thella, M. ve Ulagamuthalvi, M. (2021). A Group Labelled Classification Model for Accurate Medical Plant Detection Used in Drug Preparation. *Revue d intelligence artificielle*. doi:10.18280/ria.350208
- Uçar, B. ve Yücel, M. (2023). The Effect of Some Endophytic Bacteria on Seedling Growth and Physiological Properties of *Salvia officinalis* L. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. doi:10.29133/yyutbd.1224658
- Vidal, A. T., vd. (2022). BUSH SNAP BEAN GENOTYPES UNDER CONVENTIONAL AND ORGANIC CULTIVATION. *Revista de Agricultura Neotropical*. doi:10.32404/rean.v9i4.6827
- Yücel, A., vd. (2023). Dijitalleşmenin Finans Sektörüne Getirdiği Yenilikler. doi:10.58830/ozgur.pub298
- Zarei, A. (2017). A Study on Sustainability Rate of Cropping Systems Commonly Used in Jahrom Region, Fars Province, Iran. *Applied Ecology and Environmental Sciences*. doi:10.12691/aees-5-2-5
- Zarei, A., vd. (2021). Developing water, energy, and food sustainability performance indicators for agricultural systems. *Scientific Reports*. doi:10.1038/s41598-021-02147-9
- Zhao, J., vd. (2017). An ethnopharmacological study of aromatic Uyghur medicinal plants in Xinjiang, China. *Pharmaceutical Biology*. doi:10.1080/13880209.2016.1270971

Buğdayda Kök Yatması Ve Etkili Faktörler

Doç. Dr. Bekir ATAR¹

1-Doç. Dr. : Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Atabey MYO.
bekiratar@gmail.com ORCID no: <https://orcid.org/0000-0002-1446-5699>

ÖZET

Buğdayda yatma, özellikle verim ve kalite kayıplarına neden olan önemli bir tarımsal sorundur. Yatma bitki boyu, sap dayanıklılığı, kök sistemi mimarisi, rüzgar hızı ve toprak özellikleri gibi morfolojik ve çevresel faktörlerle doğrudan ilişkilidir. Kök ve sap yatması olarak iki türde incelenir. Tarlalarda iki tür ayrı ayrı görüldüğü gibi birlikte görülebilir.

Kök yatması, köklerin toprakta yeterli tutunmayı sağlayamaması sonucu bitkinin devrilmesiyle oluşur. Saçak kök yapısına sahip buğdayda, özellikle tane dolumu sırasında ve toprak doygunken yatma riski artar. Kök-toprak konisinin dönmesi ve deformasyonu sonucunda bitki dik konumuna geri dönemeyebilir. Yatma direnci kök yayılım açısı, kök bükülme gücü ve toprağın kesme direnci gibi fiziksel özelliklere bağlıdır. Ayrıca genetik olarak yatma direncine katkı sağlayan birçok QTL tanımlanmış ve bu genetik varyasyonların ıslah çalışmalarına entegre edilmesi gerekmektedir.

Yatmanın önlenmesi için kısa nispeten kısa boylu, güçlü sap ve kök sistemine sahip yatmaya dirençli çeşitlerin seçilmesi, dengeli gübreleme, bitki büyüme düzenleyicilerin kullanılması ve toprak yapısının iyileştirilmesi ve uygun sulama gibi agronomik önlemler yatma riskini düşürmede etkili yöntemlerdir. Bu yaklaşım, sürdürülebilir buğday üretimi için kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler; Buğday, Yatma, Kök Yatması, Yatma Direnci, Toprak Özellikleri.

GİRİŞ

Tahıllarda yatma, özellikle Türkiye’de ve dünyada üretimi sınırlayan başlıca tarımsal sorunlardan biri olmayı sürdürmektedir. Son yıllarda kısa boylu çeşitlerin geliştirilmesiyle bu sorunun etkisi azalmış olsa da, yatma hâlâ verim kaybının yanı sıra kalite düşüşlerine neden olmaktadır. Yatma, sadece tane verimini azaltmakla kalmaz; besin içeriğinde azalma, hasat zorlukları, hastalıklara karşı hassasiyetin artması, başakta tane çimlenmesi, pişirme kalitesinde gerileme ve bin tane ağırlığında düşme gibi pek çok olumsuz etkiyi beraberinde getirir.

Yatma üzerinde en belirleyici faktörün bitki boyu olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, tane verimi, ağırlık merkezi, hasat indeksi, sap çapı ve dayanıklılığı, sap besin içeriği, kök sistemi mimarisi (kök açısı, uzunluğu, biyokütlesi, ksilem çapı), toprak özellikleri gibi bir dizi morfolojik ve fizyolojik etmen yatma riskini doğrudan etkilemektedir.

Yatma oranı, gerçekleşme zamanı ve derecesi (yatma açısı) de zararın şiddetini belirlemede kritik rol oynar. Özellikle erken dönemde meydana gelen yatmalar verim ve kalite açısından daha büyük kayıplara yol açmaktadır. Yapılan gözlemler, yatma açısı %20'ye kadar olan durumlarda verim kaybının minimal düzeyde kaldığını; ancak açı %80–90 seviyesine ulaştığında kaybın %50'yi aştığını göstermektedir.

Yatmayı engellemek amacıyla en yaygın ve etkili yaklaşım, bitki boyunun azaltılmasıdır. Bu doğrultuda; sap direnci yüksek kısa boylu çeşitlerin tercih edilmesi, gübre miktarının ve uygulama zamanının iyi planlanması, rüzgar kesici bariyerlerin kullanılması, aşırı sulamadan kaçınılması ve büyüme düzenleyici hormonların uygulanması gibi agronomik yöntemler yatma riskini azaltmakta yardımcı olmaktadır.

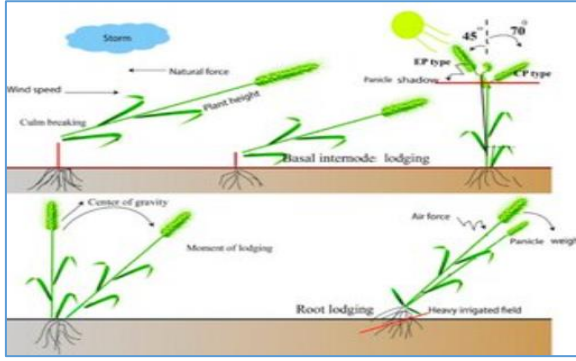
VERİM VE KALİTE KAYIPLARI

Yatma, bitkinin gövdesinin doğal dik konumundan kalıcı olarak sapması şeklinde tanımlanır. Normalde dik duran bitkiler devrildiğinde ve eski konumlarına geri dönmediklerinde, bu durum "yatma" olarak adlandırılır (Pinthus, 1974). Yatma; rüzgar, yağmur, topoğrafik yapı, toprak tipi, önceki ürün, hastalık gibi birçok çevresel ve biyotik faktörün etkisiyle ortaya çıkan karmaşık bir olaydır. Genel olarak, büyümeyi teşvik eden etmenlerle ilişkilidir (Berry et al., 2004). Yatma olayı iki ana kategoriye ayrılır (Şekil 1):

- Sap Yatması: Rüzgar kuvvetiyle gövdenin yere itilmesi ve sapın burkulması sonucu oluşur.

- Kök Yatması: Köklerin toprakta yeterli tutunma sağlayamaması nedeniyle bitkinin devrilmesiyle meydana gelir (Berry et al., 2003).

Çiftçiler arasında yatmanın genellikle sap zayıflığından kaynaklandığı ve daha yaygın olduğu görüşü hâkimdir. Ancak araştırmacılar, her iki yatma tipinin de yaygın olarak görüldüğünü ve önlenmesi gerektiğini vurgulamışlardır (Pinthus, 1974; Berry et al., 2004). Sap ve kök yatmaları hem bağımsız olarak hem de eş zamanlı biçimde gözlemlenebilir; bazen ise rastlantısal olarak meydana gelebilir. Bu bağlamda tahıl türleri, her iki yatma tipine karşı yüksek duyarlılık göstermektedir.

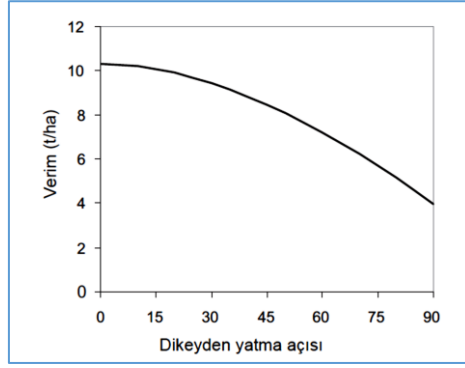


Şekil 1: Sap yatması (üstte) ve kök yatması (altta) (Shah et al., 2019).

Yatmanın neden olduğu verim kayıpları diğer faktörlere bağlı olarak % 8 (Tripathi et al., 2004) 7- 35% (Fischer & Stapper, 1987), %61 (Demir & Topal, 2020), 31–80% (Easson et al., 1993), 60-75% (Berry & Spink, 2012) geniş bir varyasyonda değişim göstermektedir. Verim kayıpları yatmanın zamanına göre de değişiklik göstermektedir. Weibel and Pendleton (1964) yaptıkları çalışmada başaklanma, süt olum, yumuşak hamur ve sert hamur dönemlerinde yatmaların sırasıyla %31, 25, 20 ve 12 oranında verim kayıplarına neden olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada tane dolum döneminde düz olarak yatmada her gün %0.5 oranında verim kaybı yaşandığı belirtilmiştir (Stapper & Fischer, 1990). Çiçeklenmeden önceki dönemde yatmaların daha az verim kayıplarına neden olduğu, çünkü üstteki bir veya iki boğumun yukarı doğru eğilme ihtimali olduğu belirtilmektedir. Yatma açısına göre de verim kayıpları değişmekte (Şekil 2), 90 derecelik yatmalarda %60'lara varmaktadır. Verim kayıpları Berry and Spink (2012)'nin geliştirdiği formül yardımıyla da basitçe hesaplanabilmektedir.

$$Y_{\text{LOSS}} = (L90 \times 0.7 + L65 \times 0.3 + L25 \times 0.1) / n$$

Burada; Y_{LOSS} ; verim kaybı, L90: 85°-90° arasındaki yatmış alan yüzdesi (en yüksek etki, katsayısı 0.7), L65: 46°-84° arasındaki yatmış alan yüzdesi (orta etki, katsayısı 0.3), L25: 5°-45° arasındaki yatmış alan yüzdesi (en düşük etki, katsayısı 0.1), n: tane doldurma (grain filling) süresi içerisindeki gün sayısıdır. Bu formül sayesinde, farklı şiddette yatmanın verim üzerindeki etkisi sayısallaştırılmakta ve gözlemlenen verim kaybı hesaplanabilmektedir.



Şekil 2: Gölgeleme fotosentez modeline göre verim kayıpları (Berry and Spink, 2012).

Yatma, kalite parametreleri üzerinde de doğrudan etkilidir (Mondal, 2020; Shah et al., 2019). Özellikle Hagberg düşme sayısı (289'dan 114'e), protein oranı, bin tane ağırlığı, test ağırlığı, küçük tane oranı (<2 mm) (%1.9'dan %2.6'ya) ve başakta çimlenme oranı gibi kalite göstergelerinde belirgin düşüşler gözlemlenmektedir. Yatmış bitkilerde nem artışı, başakta çimlenme riskini artırmakta ve mikrobiyal bozulmalara zemin hazırlamaktadır. Bu durum, özellikle ekmeklik buğdayda un kalitesini olumsuz etkileyerek endüstriyel kullanımda sınırlamalara yol açmaktadır.

1. Kök Yatması

Kök sistemi topraktan besin ve su alma, sağlam şekilde ayakta durma için bitkiyi toprağa bağlama açısından, biyotik ve abiyotik streslere mücadelede önemli bir rol oynar. Bitkilerin toprağa daha iyi tutunmasını sağlayan kazık köklerden mahrum olan buğdayın gelişme döneminde embriyonik kökleri de ölür, saçak kök sistemi ile toprağa tutunurlar. Bu durum monocot türlerin bazılarında yatma sorununun ortaya çıkmasında etkili olmaktadır (Atkinson et al., 2014; Shah et al., 2019).

Kök yatması genellikle tane dolumu sırasında, saplar ve başaklar en ağır olduğunda ve toprak ıslakken meydana gelmektedir. Bitkinin yatma direnci kök sisteminin iki özelliğine bağlıdır; bükülme gücü ve bazal koronal köklerin yayılma açısı. Daha güçlü, daha geniş alana yayılmış koronal kökleri olan bitkiler yatmaya karşı daha dirençli olmaktadır (Crook & Ennos, 1994).

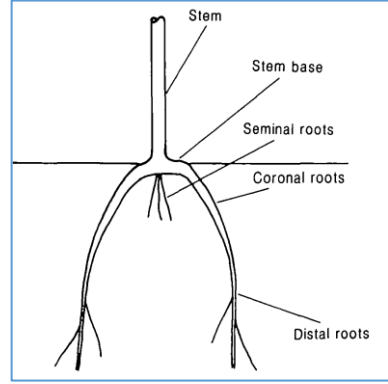
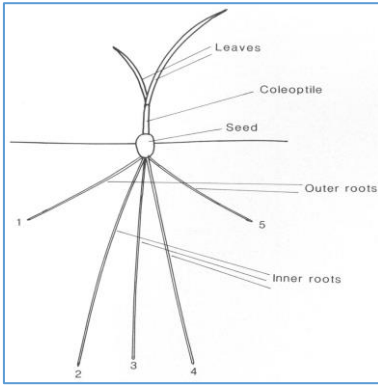
Kök yatması sırasında Crook and Ennos (1993), bitkinin rüzgârın gittiği taraftaki toprağın hafifçe çöktüğünü, ancak rüzgârın geldiği tarafta kayda değer bir hareket olmadığını gözlemlemiştir (Şekil3). Pinthus (1974), bitkilerin rüzgar alan tarafında ekim sıralarına toprakta paralel çatlaklar

gözlemiştir. Easson et al. (1993), kök yatması esnasında “bitkilerin topraktan çekildiğine” dair gözlem bildirmiştir (Berry et al., 2004).



Şekil 3: Kök yatması (Berry et al., 2004).

Şekil 4’de görüleceği üzere fide döneminde iç kökler gelişkin güçlü, büyüme sürecinde dış kökler daha hızlı gelişmekte ve güçlenmektedir (Ennos, 1991a). Buğdayın toprağa tutunma gücünün yalnızca güçlendirilmiş bazal bölgelere bağlı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, tutunma gücü oldukça kolay bir şekilde modellenenebilir ve güçlendirilmiş ‘tutunma kökü’ de oldukça kolay bir şekilde tanımlanabilir. Mekanik analiz, buğday bitkilerinin neden adventif kök sistemine ihtiyaç duyduğunu açıklamaya da yardımcı olabilir. Diğer tek çenekli bitkilerde olduğu gibi, buğdayda da köklerin ikincil kalınlaşması mümkün değildir ve köklerin güçlenmesi sadece birincil dokunun odunlaşmasıyla gerçekleşir. Hızlı büyüyen tohum kök sistemi, genç bitkiye su, besin maddeleri ve otlamaya karşı tutunma sağlamak için etkili olan uzun, dar köklere sahiptir, ancak bükülme kuvvetlerine direnemez ve bu nedenle bitkinin yatmasına karşı tutunma sağlayamaz. Dönme kuvvetlerini toprağa iletmek için kalın, yavaş büyüyen köklere sahip bir adventif kök sistemi de üretilmelidir (Ennos, 1991b). Seminal köklerin yayılma çapı ve toprağa dik açıyla nüfuz etmesi ile yatma direnci arasında yüksek bir korelasyon tespit edilmiştir (Pinthus, 1967).



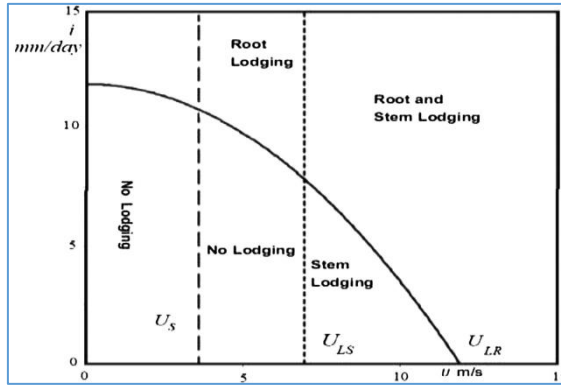
Şekil 4: Yedi günlük fide (Ennos, 1991a) ve olgun buğdayda kök yapısı (Crook & Ennos, 1994).

Kök yatması rüzgar yönündeki köklerin bir halat gibi bitkiyi tutması ve yatmanın bu köklerin gerilme gücünün bir fonksiyonudur (Easson et al., 1993), ve daha geniş kök yayılma açısı kök yatmasına direnci arttırmaktadır (Pinthus, 1967). Derin, alt toprakta artan kök yoğunluğu, artan kök kılı uzunluğu ve yoğunluğu ve/veya ksilem çapları gibi kök özellikleri, yatma direncinin artırılmasına katkıda bulunmaktadır (Siddique et al., 2015; Terashima et al., 1995). Kök-toprak konisinin rüzgar yönünde dönmesi, bir blok halinde hareket etmesi ve altındaki toprağı sıkıştırması sonucu olduğu öne sürülmektedir (Crook & Ennos, 1993) ve Ankraj Teorik Modeli ile açıklanmaya çalışılmıştır. Model coronal köklerin oluşturduğu konik kök-toprak yapısının mekanik davranışlarını temel alır. Modelde, bitki üzerine etki eden rüzgâr kuvveti, kök-toprak konisinin rüzgâr yönündeki kenarından dönmesine neden olur. Bu dönme hareketi sırasında, koni içerisindeki toprak kütlesi bir bütün olarak hareket eder ve altındaki toprak tabakası plastik deformasyona uğrar. Bu deformasyon geri dönüşsüz olduğunda, bitki dik pozisyonuna geri dönememekte ve kalıcı yatma meydana gelmektedir. Modelin öngördüğü yatma direnci, aşağıdaki üç temel parametreye bağlıdır:

- Kök-toprak konisinin çapı: Daha geniş çaplı koniler, dönmeye karşı daha fazla direnç gösterir.
- Coronal köklerin eğilme direnci: Mekanik olarak daha güçlü kökler, deformasyona karşı daha dayanıklıdır.
- Toprağın kesme direnci: Sıkı ve yapısal olarak sağlam topraklar, koni hareketine karşı daha fazla direnç sağlar.

Yapılan deneysel çalışmalarda, bu parametrelerin her birinin yatma direnci üzerinde anlamlı etkileri olduğu gösterilmiştir. Özellikle geniş kök yayılımına ve güçlü kök dokusuna sahip genotiplerin, yatma stresine karşı daha dirençli olduğu saptanmıştır (Crook & Ennos, 1994).

Kök yatması üzerine etkili faktörlerden biri de yağıştır. Doygun toprak da kök yatması için en uygun ortamdır. Yağış anında ya da yağıştan hemen sonra yatma gerçekleşmektedir ve diğer şartlara bağlı olarak 4 mm yağış bile yatma için yeterli olabilmektedir. Ancak 1 mm yağışta bile yatma gözlemlenmektedir (Berry et al., 2004). Yağışla beraber rüzgar da yatmanın ana faktörleri olarak görülmüştür. Rüzgar yönü ile yatma arasında bir korelasyon bulunmazken, 5 m s^{-1} rüzgar hızlarında yatma görülebilmektedir. Sterling et al. (2003) yaptıkları çalışmada doymuş toprakta $8\text{-}10 \text{ m s}^{-1}$ esen rüzgarın birkaç dakika içerisinde kök yatmasına neden olabildiğini belirtmişlerdir. Rüzgar ve yağmurun bir fonksiyonu olarak yatma ile ilgili birçok eşitlik geliştirilmiştir. Şekil 5’de bu eşitlikler basit bir şekilde ifade edilmiştir.



Şekil 2: Rüzgar (saatlik) ve yağışın (günlük toplam) bir fonksiyonu olarak yulafta yatma (U , rüzgar hızı (m/s), i ; yağış (mm)) (Baker et al., 2014).

Kök yatma momenti, ankraj sistemi ile kök yatma momenti arasındaki ilişki, $R_s = \gamma S d^3$ formülü ile ifade edilmektedir (Ennos, 1991b; Griffin, 1998; Mohammadi et al., 2020). Burada; γ bir sabittir, S 14 cm derinlikteki toprak kesme mukavemetidir ve d kök plakası çapıdır. Bu değer ne kadar düşüğe yatma ihtimali o kadar yüksektir. Kök plakası çapının 4 cm büyük olması direnci arttırmaktadır.

Toprak özellikleri kök yatması üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve bitkinin tutunma direnciyle doğrudan bağlantılıdır (Akgün & Topal, 2006). Çalışmalar bitki köklerinin ankraj gücünü doğrudan etkilediğini ve yatma riskini belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Toprağın kil oranı, nemi ve yoğunluğu toprak tutunma direncini değiştirmektedir (Baker et al., 1998). Kök-toprak konisinin dönme direnci, toprağın kesme direncine ve plastik deformasyon kapasitesine bağlıdır. Yüksek kesme direncine sahip topraklar

(örneğin killi ve sıkışmış yapılar) dönmeye karşı direnç göstererek yatmayı önler. Gevşek, kumlu veya suya doymuş topraklar ise kolayca deforme olur ve yatmayı kolaylaştırır (Crook & Ennos, 1993). Toprak özellikleri ve yatmaya etkileri aşağıdaki Tablo 1’ de özetlenmiştir (Shah et al., 2019).

Tablo 1. Toprak özellikleri ve yatmaya etkileri

Toprak Özelliği	Kök Yatması Üzerindeki Etkisi
Nem içeriği	Doygun toprak kesme direncini azaltır
Doku (tekstür)	Kumlu topraklar zayıf ankraj sağlar
Sıkışma düzeyi	Orta düzeyde sıkışma kök tutunmasını artırır
Organik madde miktarı	Toprak yapısını iyileştirir, kök bağı güçlendirir
Besin dengesi	Aşırı azot kök sistemini zayıflatır

Kök yatmasının genetik temelleri, bitki gelişiminde genetik çeşitlilik, gen ekspresyonu, QTL’ler, genotip-çevre etkileşimi, hormon sinyalleri ve çevresel stres faktörlerinin karmaşık etkileşimiyle şekillenmektedir. Farklı bitki türlerinde ve genotiplerinde yapılan çalışmalar, kök gelişimi ve yatmasının genetik kontrolünün çok katmanlı ve dinamik bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Piñera-Chavez et al. (2021) 1D, 2B, 2D, 3A, 3B, 4A, 4D, 5B ve 6B’de yatma özellikleri ve tahıl verimi için 18 QTL belirlemiştir. Kromozom 5B’deki kök plakası yayılımı için PVE’nin %22,4’ünü açıklayan bir QTL’nin, kök yatma direncini artırabileceğini belirtmiştir. Dreccer et al. (2022) ise dokuz kromozomdaki on dört QTL yatma ile ilişkili olduğunu on tanesinin, yatma ile ilgili özellikler için önceden tanımlanmış QTL ile aynı yerde, kalan dört markörün 2D, 4D, 7B ve 7D kromozomlarında bulunduğunu belirtmişlerdir.

BUĞDAYDA YATMANIN ANLAŞILMASI VE AZALTILMASI

Yatmanın nasıl gerçekleştiğinin ve etkili faktörlerin belirlenmesi sorunun çözümü için birinci aşamayı oluşturmaktadır. Kök yatmasının anlaşılmasında farklı disiplinlerde uzmanların birlikte çalışması sonucu ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu ilerlemeler Berry et al. (2004) tarafından aşağıdaki şekilde özetlenmiştir.

- Biyologlar ve rüzgar mühendisleri arasındaki işbirliği sayesinde rüzgar ve buğday kanopisi arasındaki etkileşimin

modellenmesi sağlanmış ve sonuç olarak bitki tabanındaki rüzgar kaynaklı eğilme momenti (kaldıraç) artık hesaplanabilir olmuştur.

- Kök yatması sırasında ankraj başarısızlığı mekanizması aydınlatılmaya çalışılmış bunun sonucunda, çeşitli kök ve toprak parametrelerinin önemini belirleyen birden fazla model ortaya çıkmıştır.

- Geliştirilen modeller yatma riskini nispeten az sayıda bitki karakterinin belirlediğini göstermiştir. Bunlar arasında ağırlık merkezindeki yükseklik, sürgünün doğal frekansı ve başak alanı, gövde çapı, duvar genişliği ve gövde tabanının malzeme mukavemeti ile kök plakasının yayılması ve derinliği yer almaktadır.

- Buğdayda, yatma riskindeki en büyük iyileşmenin gövde tabanını ve ankraj sistemini güçlendirerek yapılabileceği görülmektedir. Bu inceleme, bu bitki karakterlerinde henüz ıslahçılar tarafından kullanılmayan önemli genetik varyasyon olduğunu göstermiştir. Bunun gerçekleşmesi için hızlı değerlendirme teknikleri geliştirilmelidir. Bunlar, genetik belirteçlerin tanımlanması veya gövde ve ankraj gücünü hızlı bir şekilde ölçmek için yeni aletlerin geliştirilmesi yoluyla olabilir

- Şimdiye kadar, yatma araştırmaları mahsullerin yatabileceği zaman dilimine odaklanmıştır. Sonuç olarak, mahsul gelişiminin daha erken aşamalarından itibaren yatma olasılığını tahmin etmeye yönelik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

- Daha çok toprak tipine ait doku, su içeriği, yığın yoğunluğu, organik maddenin toprak mukavemeti gibi özelliklerin ölçülmesi gerekmektedir.

Yapılan çalışmalar devam etse de bir süre daha buğdayda yatma sorun olarak varlığını sürdürecektir gibi gözükmektedir. Oluşturacağı zararları önlemek ve yatma riskini azaltmak için yapılan ve yapılması gerekenler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Bitki Boyunu Kısaltma: 1960'lar ve 70'lerde sapı kısa ve sağlam, verimi yüksek, gübre tepkisi oldukça fazla yarı bodur çeşitlerin geliştirilmesi ve piyasaya sürülmesi ile yatma riski önemli ölçüde azaltılmış dolayısı ile istikrarlı bir verim artışı sağlanmıştır (Berry et al., 2004). Bu nedenle, yatmaya karşı direnç için gelecekteki ıslah çalışmaları, daha kısa gövdeli ve daha sert, daha geniş yayılmış koronal kökleri olan bitkileri seçmeye devam etmelidir (Crook & Ennos, 1994). üretimde kısa boylu çeşitleri tercih etmelidir. Ancak, bazı tahıllarda yüksek verimle uyumlu minimum yüksekliğe yaklaşıldığına dair kanıtlar vardır. Bu nedenle, ıslahçılar yatmaya dirençli çeşitler üretmeye

devam etmek için sap ve ankraj sisteminin gücündeki büyük miktardaki genetik varyasyondan yararlanmalıdır.

Kök Sistemlerini Güçlendirme: Buğdayda, yatma riskindeki en büyük iyileşmenin gövde tabanını ve ankraj sistemini güçlendirerek yapılabileceği görülmektedir. Bu inceleme, bu bitki karakterlerinde henüz ıslahçılar tarafından kullanılmayan önemli genetik varyasyon olduğunu göstermiştir

Hormon Dengesini İyileştirme: PGR'ler, kök yapısını ve büyüme dinamiklerini etkileyen oksinler ve sitokininler gibi hormonları düzenler. PGR'ler mahsulleri kısaltarak yatma riskini azaltır, ancak sapları ve ankraj sistemini güçlendirebileceklerine dair yayınlanmış çok az kanıt vardır. Daha fazla araştırma, mevcut PGR'lerin gövde ve ankraj gücü üzerindeki etkisini araştırmanın yanı sıra bu özellikleri güçlendiren yeni büyüme düzenleyici kimyasalların keşfedilmesine odaklanmalıdır. 1960'ların ortalarında Chlormequat chloride (CCC), 1980'lerin sonlarında ethephon, 1990'ların ortalarında trinexapac-ethyl'nin kullanıma sunulmasıyla bitki boyunu azaltmada BGD'ler yoğun olarak kullanılmaya başlandı.

Kök aktivitesini ve kök gücünü artırma: Kök yapısı ile ilgili genlerin belirlenmesi, genetik iyileştirilmiş çeşitlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bağlanma gücü ile ilişkili genler veya QTL'ler, kök özellikleri için 2D, 5A, 5D ve 7D kromozomlarında bulunduğu rapor edilmektedir (Hamada et al., 2012; Verma et al., 2005). Bunların ıslah programına entegrasyonu sağlanmalıdır.

Dengeli besleme: Dengeli gübreleme, toprak sıkışmasının azaltılması ve uygun ekim sıklığı gibi agronomik uygulamalar, ankraj sisteminin etkinliğini artırarak yatma riskini azaltabilir.

SONUÇ

Her yıl çok büyük oranlarda verim kaybına neden olan yatmanın mekanizmasının çözülmesine dair önemli çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır. Bu konuda büyük ilerlemeler sağlanmıştır. Ancak hala yapılması gerekenler bulunmaktadır. Dayanıklı sap yapısına sahip, güçlü kök sistemi olan çeşitlerin geliştirilmesi bunların başında gelmektedir. Çünkü sorunu sadece boy kısaltarak çözmek verim üzerinde baskı oluşturacaktır. Agronomik uygulamalarla yatma riskini ve zararını azaltmak mümkün olmaktadır. Bu konuda çiftçilerin bilinçlendirilmesi yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akgün, N., & Topal, A. (2006). Tahıllarda yatma (Derleme). *Bitkisel Araştırma Dergisi*, 1, 36-42.
- Atkinson, J. A., Rasmussen, A., Traini, R., Voß, U., Sturrock, C., Mooney, S. J., Wells, D. M., & Bennett, M. J. (2014). Branching out in roots: uncovering form, function, and regulation. *Plant Physiology*, 166(2), 538-550.
- Baker, C., Berry, P., Spink, J., Sylvester-Bradley, R., Griffin, J., Scott, R., & Clare, R. (1998). A method for the assessment of the risk of wheat lodging. *Journal of Theoretical Biology*, 194(4), 587-603.
- Baker, C., Sterling, M., & Berry, P. (2014). A generalised model of crop lodging. *Journal of Theoretical Biology*, 363, 1-12.
- Berry, P., Sterling, M., Spink, J., Baker, C., Sylvester-Bradley, R., Mooney, S., Tams, A., & Ennos, A. (2004). Understanding and reducing lodging in cereals. *Advances in agronomy*, 84(04), 215-269.
- Berry, P. M., & Spink, J. (2012). Predicting yield losses caused by lodging in wheat. *Field Crops Research*, 137, 19-26.
- Berry, P. M., Sterling, M., Baker, C. J., Spink, J., & Sparkes, D. L. (2003). A calibrated model of wheat lodging compared with field measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 119(3-4), 167-180.
- Crook, M. J., & Ennos, A. (1994). Stem and root characteristics associated with lodging resistance in four winter wheat cultivars. *The Journal of Agricultural Science*, 123(2), 167-174.
- Crook, M. J., & Ennos, A. R. (1993). The mechanics of root lodging in winter wheat, *Triticum aestivum* L. *Journal of experimental botany*, 44(7), 1219-1224.
- Demir, F., & Topal, A. (2020). Konya Koşullarında Buğday Genotiplerinde Yatmanın Verim ve Kaliteye Etkisi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 9(2), 113-121.
- Dreccer, M. F., Macdonald, B., Farnsworth, C. A., Paccapelo, M. V., Awasi, M. A., Condon, A. G., Forrest, K., Lee Long, I., & McIntyre, C. L. (2022). Multi-donor× elite-based populations reveal QTL for low-lodging wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 135(5), 1685-1703.
- Easson, D., White, E., & Pickles, S. (1993). The effects of weather, seed rate and cultivar on lodging and yield in winter wheat. *The Journal of Agricultural Science*, 121(2), 145-156.
- Ennos, A. R. (1991a). The mechanics of anchorage in wheat *Triticum aestivum* L.: I. The anchorage of wheat seedlings. *Journal of experimental botany*, 42(12), 1601-1606.
- Ennos, A. R. (1991b). The mechanics of anchorage in wheat *Triticum aestivum* L.: II. Anchorage of mature wheat against lodging. *Journal of experimental botany*, 42(12), 1607-1613.
- Fischer, R. A., & Stapper, M. (1987). Lodging effects on high-yielding crops of irrigated semidwarf wheat. *Field Crops Research*, 17(3-4), 245-258.
- Griffin, J. M. (1998). *Understanding and assessing lodging risk in winter wheat* [University of Nottingham].
- Hamada, A., Nitta, M., Nasuda, S., Kato, K., Fujita, M., Matsunaka, H., & Okumoto, Y. (2012). Novel QTLs for growth angle of seminal roots in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant and Soil*, 354, 395-405.

Mohammadi, M., Finnan, J., Sterling, M., & Baker, C. (2020). A calibrated oat lodging model compared with agronomic measurements. *Field Crops Research*, 255, 107784.

Mondal, T. (2020). Lodging in wheat: Its causes, ill effects and management for higher productivity and profitability. *Indian Farmer*, 7(09), 832-837.

Piñera-Chavez, F. J., Berry, P. M., Foulkes, M. J., Sukumaran, S., & Reynolds, M. P. (2021). Identifying quantitative trait loci for lodging-associated traits in the wheat doubled-haploid population Avalon× Cadenza. *Crop Science*, 61(4), 2371-2386.

Pinthus, M. J. (1967). Spread of the root system as indicator for evaluating lodging resistance of wheat 1. *Crop Science*, 7(2), 107-110.

Pinthus, M. J. (1974). Lodging in wheat, barley, and oats: the phenomenon, its causes, and preventive measures. *Advances in agronomy*, 25, 209-263.

Shah, L., Yahya, M., Shah, S. M. A., Nadeem, M., Ali, A., Ali, A., Wang, J., Riaz, M. W., Rehman, S., & Wu, W. (2019). Improving lodging resistance: using wheat and rice as classical examples. *International journal of molecular sciences*, 20(17), 4211.

Siddique, K., Chen, Y., & Rengel, Z. (2015). Efficient root system for abiotic stress tolerance in crops. *Procedia Environmental Sciences*, 29, 295.

Stapper, M., & Fischer, R. (1990). Genotype, sowing date and plant spacing influence on high-yielding irrigated wheat in southern New South Wales. II. Growth, yield and nitrogen use. *Australian Journal of Agricultural Research*, 41(6), 1021-1041.

Sterling, M., Baker, C., Berry, P., & Wade, A. (2003). An experimental investigation of the lodging of wheat. *Agricultural and Forest Meteorology*, 119(3-4), 149-165.

Terashima, K., Akita, S., & Sakai, N. (1995). Eco-physiological Characteristics Related with Lodging Tolerance of Rice in Direct Sowing Cultivation: III. Relationship between the characteristics of root distribution in the soil and lodging tolerance. *Japanese Journal of Crop Science*, 64(2), 243-250.

Tripathi, S. C., Sayre, K. D., Kaul, J. N., & Narang, R. S. (2004). Lodging behavior and yield potential of spring wheat (*Triticum aestivum* L.): effects of ethephon and genotypes. *Field Crops Research*, 87(2-3), 207-220.

Verma, V., Worland, A., Savers, E., Fish, L., Caligari, P., & Snape, J. (2005). Identification and characterization of quantitative trait loci related to lodging resistance and associated traits in bread wheat. *Plant Breeding*, 124(3), 234-241.

Weibel, R., & Pendleton, J. (1964). Effect of artificial lodging on winter wheat grain yield and quality.

Ruminant Rasyonlarında Yağ İlavesinin Sindirim Sistemine Etkileri

Esra KAYA

- 1- Ağrı İbrahim Çeçen Yüksekokulu, Celal Oruç Hayvansal Üretim Yüksekokulu, Eleşkirt/Ağrı, egursoy@agri.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-4697-7365

ÖZET

Ruminant rasyonlarında bulunan yağ içeriğinin sindirim sistemine olan etkileri karmaşıktır ve hayvan sağlığı ile performansı üzerinde önemli bir rol oynar. Bu çalışmada, yağların sindirim sistemi üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri incelenmiştir. Yağların sindirim sistemine olan olumlu etkileri arasında, yüksek enerji içeriği ile ruminantların enerji ihtiyaçlarını karşılamalarına yardımcı olmaları ve yağda çözünebilir vitaminlerin emilimini artırarak besin alımını iyileştirmeleri sayılabilir. Ayrıca, belirli yağ türlerinin rumen fermentasyonunu destekleyici etkileri olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, yağların sindirim sistemine olumsuz etkileri de bulunmaktadır. Yüksek yağ alımı, rumen pH'sını düşürerek asidoz riskini artırabilir ve rumen mikroorganizmalarını inhibe ederek sindirim sürecini olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, aşırı yağ alımının besin emilimini azaltabileceği ve sindirim enzimlerinin etkinliğini düşürebileceği bilinmektedir. Sonuç olarak, ruminant rasyonlarında yağ içeriğinin dengeli bir şekilde yönetilmesi önemlidir. Beslenme uzmanlarının, hayvanların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde yağ miktarı ve türünü dikkatlice planlamaları gerekmektedir. Optimal rasyonların oluşturulması, hayvanların sindirim sistemi sağlığını korumak ve en iyi performansı elde etmek için gereklidir.

Anahtar Kelimeler – Rasyon, Ruminant, Sindirim, Yağ.

GİRİŞ

Ruminant hayvanlar, yüksek lif içeriğine sahip yiyeceklerle beslenmelerinden kaynaklanan bazı sindirim sistemleri değişikliklerine sahiptirler. Bu değişiklikler, özellikle beslenme türlerinden kaynaklanmaktadır ve bu hayvanların sindirim sistemi üzerinde belirgin etkilere sahiptir. Ruminantlar, yüksek lif içeriğine sahip yiyeceklerle beslendikleri için sindirim sistemlerinde özel adaptasyonlar geliştirmişlerdir. Ruminantların gastrointestinal sistemlerindeki değişiklikler, ağızdan başlayarak görülür. Ruminantların tükürükleri, α -amilaz enzimini içermeyen ve alkali pH'a sahip olan diğer hayvanlardan farklıdır. Bu, ruminantların sindirim sürecinde özel olarak uyarlanmış bir enzimatik ortamın olduğunu gösterir. Ayrıca, ruminantların tükürüğü, üre döngüsüne katılarak azotun geri dönüşüm sürecine katkıda bulunur (Pagani, 2008). Bu adaptasyonlar, ruminantların lif açısından zengin bir rasyonla beslenmelerine uyum sağlamalarına yardımcı olur. Sindirim sürecindeki bu özel değişiklikler, ruminantların yiyeceklerini daha etkili bir şekilde sindirmelerini ve besin maddelerini daha verimli bir şekilde kullanmalarını sağlar.

Ruminantların mide sisteminin ilk üç bölmesi (rumen, retikulum ve omasum), mikroorganizmaları barındırır ve dolayısıyla fermantasyon faaliyetine sahiptir. Rumen mikrobiyotası tarafından gerçekleştirilen fermantasyon, proteinler, kısa zincirli yağ asitleri ve B kompleksi vitaminleri gibi besin maddelerinin sentezlenmesini sağlar (Oliveira vd., 2013). Ruminantların sindirim sistemindeki evrimsel adaptasyonlar, rasyon lifinden daha iyi yararlanmayı ve bu hayvanların B kompleksi vitaminleri ve esansiyel amino asitler gibi dış kaynaklara olan ihtiyacını azaltmayı sağlamıştır (Van Soest, 1994). Ruminantların midesindeki fermantasyon odaları (rumen, retikulum ve omasum), ana sindirim bölgesi olan abomasumdan önce gelir. Fermantasyon odaları, mikroorganizmaların besinleri fermantasyon etmesi için oksijensiz bir ortam sağlayarak yiyecekleri tutar ve ideal pH koşullarını (5,5 ila 6,8 arası) sağlar.

Ruminant hayvanların beslenmesinde yağ içeriğinin önemi, hayvan sağlığı ve performansı üzerinde derinlemesine bir etkiye sahiptir. Yağ, ruminantların enerji gereksinimlerini karşılamada önemli bir rol oynar ve sindirim sistemi üzerinde çeşitli etkilere sahiptir. Ancak, bu etkilerin karmaşıklığı ve çeşitliliği, ruminant rasyonlarındaki yağ içeriğinin dengeli bir şekilde yönetilmesini önemli kılar. Çoğu ruminant rasyonunda, yağ toplam kuru madde içinde %5'in altını temsil eder ve linoleik asit (LA; cis-9, cis-12-C18:2) ve alfa-linolenik asit (ALA; cis-9, cis-12, cis-15-C18:3) yem bitkileri ve çoğu konsantredeki başlıca yağ asitleridir. Ayçiçeği, keten tohumu, kanola ve soya fasulyesi gibi yağ tohumları, uçucu yağ asitlerini (UYA) taşımak için çiftlik ruminant rasyonlarında kullanılabilir; bunlar arasında oleik asit (OLA; cis-9-C18:1), LA ve ALA bulunur. Yağ takviyeleri, başlangıçta süt sığırlarının veya yoğun tarım sistemlerindeki et sığırlarının enerji gereksinimlerini karşılamak için rasyonların enerji değerlerini artırmak amacıyla geliştirilmiştir. Yağ takviyesi ayrıca etin (Wood vd., 2008) veya sütün (Chilliard vd., 2007) yağ asidi profillerini değiştirebilir, bunlar beslenme, organoleptik ve teknolojik özelliklerini (örneğin, ruminant ürünlerinde doymuş yağ asidi/UFA oranını azaltarak) modüle eder. Yağ eklenmesi ayrıca olumsuz etkilere de neden olabilir (örneğin, alımın azalması ve süt yağ içeriğinin azalması) (Rabiee vd., 2012). Dahası, rasyona yağ eklenmesi, metan emisyonlarını azaltarak rumen işlevini değiştirebilir (Martin vd., 2016).

Bu çalışmada, ruminant rasyonlarındaki yağın sindirim sistemi üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri incelenerek ve bu etkilerin hayvan sağlığı ve performansı üzerindeki önemi vurgulanmaktadır. Ayrıca yağın sindirim sistemi üzerindeki rolü, sindirim süreçlerine olan etkisi ve uygun yağ dengesinin sağlanmasının önemi üzerinde durularak bu alanda uygun beslenme stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

YAĞLARIN SİNDİRİM SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ OLUMLU ETKİLERİ

Enerji Yoğunluğunun Artması

Bitkisel ve hayvansal gıdalar, suya çözünmeyen ve organik çözücülerde çözünen maddeler içerir. Bu maddelerin toplamına lipitler denir. Lipitler, depolama ve yapısal işlevler sunarlar; depolama lipitleri diğer maddelere dönüştürülebilen veya enerji üretimi için katabolize edilebilen maddeler olarak hareket edebilirler. Rumiantların enerji ihtiyaçlarını karşılamak ve üreme performanslarını sağlamak için yeterli enerji alımını sağlamak gereklidir. (GONÇALVES, 2007).

Ruminant diyetlerine yağ kaynakları eklemek, orta zincirli doymuş yağ asitlerini azaltmak ve faydalı yağ asitlerini artırmak amacıyla yapılır (Lock ve Bauman, 2004). Yağ takviyeleri için önerilen besleme seviyesi, günlük yem tüketiminin %3'üne kadar (NRC, 2001) olmalıdır. Staples (2006), ineklere yağ takviyesi yapmanın birçok faydalı etkisi olabileceğini bildirmiştir; genellikle diyetin enerji yoğunluğunda artışa yol açarak artan süt üretimi ve yem verimliliği, genellikle daha fazla kar elde edilmesine neden olur. Harvatine ve Allen (2005), yağ takviyeli diyetlerin sindirimi sırasında rumende daha az ısı üretilebileceğini açıklamışlardır çünkü yağ asitleri rumende sindirilmez. Diyete yağ eklemek, rumen asit üretimini artırmadan enerji yoğunluğunu artırır, böylece tahıl eklemesine göre rumen pH'sını stabilize eder. Koyun ve keçi diyetlerine yağ eklenmesi DMI üzerinde herhangi bir olumsuz etki göstermemiştir. Diyetlere yağ eklenmesi, nişasta içeriğini artırmadan enerji yoğunluğunu artırır ve lif alımını feda etmeden; yağ tüketimi, dağıtılması gereken daha az metabolik ısıya neden olur, bu nedenle yağ takviyesi özellikle çevresel sıcaklık ve nemin yüksek olduğu ve ineklerin ısı stresine girdiği durumlarda faydalı olabilir. Isıl stres sırasında yağ vermek yem tüketiminin düşük olabileceği dönemlerde diyetin enerji yoğunluğunu artırır. (Allen, 2000).

Erken laktasyon döneminde, süt hayvanları için enerjiye büyük bir ihtiyaç vardır ancak enerji alımı, kuru madde alımı kapasitesi tarafından sınırlanabilir. Diyetlere bütün yağlı tohumlar veya ham yağlar gibi yağ kaynakları eklenmesi, yüksek verimli süt hayvanlarının enerji durumunu iyileştirebilir. Süt veren süt hayvanları süt ve yağ salgılamak için besinlere ihtiyaç duyar. Bu hayvanların üretimi, üretim gereksinimlerini karşılamak için yeterli enerji alınmadığında olumsuz etkilenir. Bu üretim artışı, doymuş yağ oranının yüksek olması, kapsüllenmiş yağların veya kalsiyum tuzlarının sağlanması veya palm yağı ile daha fazladır. Ek yağ katkısının süt üretimi ile ilişkisi ruminantlarda eğrisel bir ilişkiye sahiptir. Diyetin belirli bir yağ içeriği düzeyine kadar süt üretimini artırır ve bu düzeyden sonra süt verimi azalır (Brown-Crowder et al., 2001; Gargouri et al., 2006). Yağ takviyesi, enerji yoğunluğunu artırdığı için erken laktasyondaki inekler için iyi bir

stratejidir. Takviye yağ kullanma eğilimi artmaktadır çünkü yağlar, karbonhidratlardan 2.25 kat daha fazla brüt enerjiye sahiptir (Nawaz ve Ali, 2016). Süt sığırları buzağlarının diyetlerine farklı yağ asidi (YA) kaynaklarıyla takviye edilmesi, diyetin enerji yoğunluğunu artırma stratejisi olarak kullanılabilir (Ghasemi et al., 2017) ve sınırlı katı yem alımı olan hayvanlardaki enerji talebini telafi edebilir (Kazemi-Bonchenari et al., 2016). Bazı çalışmalar, YA karışımıyla takviye edilen süt sığırları buzağlarının performansında iyileşme olduğunu bildirmiştir (Hill et al., 2011; Ghasemi et al., 2017),

Süt Verimine Etkisi

Bakım gereksinimlerine ek olarak, laktasyonda olan süt hayvanları, süt ve yağ salgısı için besinlere ihtiyaç duyarlar. Bu hayvanların üretimi, enerji alımı üretim gereksinimlerini karşılayacak kadar yeterli olmadığında olumsuz etkilenir. Ek yağ ile üretim ve devamlılık artırılabilir. Genel olarak, diyetlere yağ eklenmesi kontrol diyeti ile karşılaştırıldığında süt üretimini net bir şekilde artırır. Bu üretim artışı, doymuşluk derecesi yüksek olan, kapsüllenmiş yağlar veya kalsiyum tuzları veya palmiye yağı sağlayan diyetlerde daha fazladır. Ekstra yağ eklenmesi ile süt üretimi arasındaki ilişki ruminantlarda eğrisel bir yapıya sahiptir. Belirli bir yağ içeriğine kadar olan düzeyde diyetlere yağ eklenmesi süt üretimini artırır ve sonra süt verimi azalır (Brown-Crowder ve diğ., 2001; Gargouri ve diğ., 2006). Daha düşük yağ eklemesindeki süt verimindeki artış, tüketilen yemin enerji yoğunluğundan kaynaklanır. Ekstra yağ eklenmesiyle azalan süt üretiminin nedeni, sindirim ve kuru madde alımı üzerindeki olumsuz etkilerin birleşimidir. Martin ve diğ. (2008) tarafından yapılan ineklerde ve Silva ve diğ. (2007) tarafından yapılan keçilerde ekstra yağ eklemesi ile (önceki çalışmanın diyetlerinde %5.7 ve sonrakilerde %4.5) kontrol diyeti içeren hayvanlarla karşılaştırıldığında süt verimindeki azalma, kuru madde alımı ve lifli karbonhidrat sindirilebilirliği ile paraleldir. Diyetlere %5.1 oranında soya yağı, kanola veya pirinç eklenenlerde DMI ve süt üretimi kontrol diyetiyle benzerdi, ancak NDF sindirilebilirliğinde %24'lük bir azalma gözlemlendi (Maia ve diğ., 2006a; 2006b).

İneklerde yağ kaynağının süt yağı üzerindeki etkisinin sonucu olarak, doymuşluk derecesi ve rumen mikroorganizmaları tarafından yağ kaynaklarının korunmasına bağlıdır (Doreau ve Chilliard, 1992). Gonthier ve diğ. (2005), kontrol diyetindeki ekstrüde keten tohumunun %12.7'sinin süt yağını %0.26 azalttığını ancak aynı keten tohumunun ham veya mikronize edilmiş olduğunda yağ içeriğinin sırasıyla %0.20 ve %0.14 arttığını bildirmiştir. Koyun ve keçilerin diyetlerinde çeşitli yağ kaynaklarının ve kökenlerinin (bitkiler, kalsiyum tuzları, hayvanlar, tam yağlı tohumlar) dahil edilmesi genellikle süt yağı içeriğini artırır. Koyun ve keçilerin diyetlerinde yağların dahil edilme düzeyinin artması, süt yağı içeriğinin doğrusal olarak artmasına neden olduğu yapılan çalışmalarda belirlenmiştir (Brown-Crowder

ve diğ., 2001; Casals ve diğ., 2006). Glasser ve diğ. (2007), kısa ve orta zincirli yağ asitlerindeki azalmanın sınırlı süt salgısına neden olduğunu bildirmiş, bu durum, rumende uçucu yağ asitlerinin azalması ve uzun zincirli yağ asitlerinin memeli enzimleri üzerinde olumsuz metabolik etkisinin bir sonucu olabileceği düşünülmüştür (Chilliard ve Ferlay, 2004). Sampelayo ve diğ. (2007), korunmamış yağın bu negatif etkisinin keçi ve koyunlarda rumen transitinde azaldığını bildirmiştir. Diyetlere yağ eklenmesi, ineklerde ve koyunlarda yağ eklenmeyen diyetlere kıyasla süt proteinini azalır. Zirve laktasyondan sonra negatif etki ineklerde daha fazladır ve yağ kaynağına bakılmaksızın doymamışlık derecesi ile artar (Wu ve Huber, 1994; Schroeder ve diğ., 2004). Bu protein içeriği azalması, yağ eklenen diyetler verildiğinde süt kazeininde azalma ile ilişkilidir. Keçilerde süt içeriği, yağ eklenme düzeyi, yağ kaynağı veya doymamışlık derecesi tarafından olumsuz etkilenmediği bildirilmiştir (Brown-Crowder ve diğ., 2001; Fernandes ve diğ., 2008).

Rumen Fermentasyonuna Etkisi

Sığırda sebze yağı takviyelerinin rumen fermentasyonu ve mikrobiyal popülasyon üzerinde farklı etkileri vardır. Örneğin, (Benchaar ve ark., 2012), süt ineğine keten tohumu yağı takviyesinin rumen pH, amonyak ve toplam uçucu yağ asitleri konsantrasyonlarını etkilemediğini bildirmiştir. Benzer şekilde, (Kadkhoday ve ark., 2017), buzağılara keten tohumu takviyesinin rumen fermentasyon parametreleri üzerinde herhangi bir etkisi olmadığını rapor etmiştir. Ancak, (Liu ve ark., 2012) tarafından bildirildiği gibi, sığır rumen sıvısına balık yağı takviyesi, daha düşük rumen asetat ve butirat ancak daha yüksek propiyonat konsantrasyonlarına sahiptir. (Ivan ve ark., 2013) tarafından yapılan başka bir çalışma, ineklere keten tohumu yağı takviyesinin pH ve NH₃-N konsantrasyonları ile toplam uçucu yağ asitleri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını, ancak asetat: propiyonat oranının azaldığını rapor etmiştir. Aynı çalışmada, yağ tohumlarının protozoa sayısını azalttığı ve rumen sıvısındaki toplam selüloz bakteri popülasyonunu artırdığı da açıklanmıştır. Benzer şekilde, (Anantasook ve ark., 2013), ineklere palm yağı takviyesinin protozoa popülasyonunu azalttığını, ancak selüloz bakteri popülasyonunu etkilemediğini göstermiştir. Hindistancevizi yağı (Kongmun ve ark., 2011) ve soya yağı (Mao ve ark., 2010) gibi diğer bitkisel yağlar, enerji kaynakları olarak kullanılır ve rumen mikrobiyal ekosistemini fibroz yem sindirilebilirliğini artırmak, metan emisyonunu azaltmak ve ruminantların azot atılımını azaltmak için manipüle etme potansiyeline sahiptir (Patra ve ark., 2006).

Yapılan bir çalışmada ise, keçi rasyonlarına farklı yağ asidi profilleri içeren farklı besin yağlarının takviyesinin, rumen fermentasyonunu iyileştirerek amonyak konsantrasyonunu azalttığını, toplam VFA konsantrasyonunu artırdığını, lifi parçalayan bakteri popülasyonunu

değiştirdiğini ve ham protein ve eter özütünün görünür sindirilebilirliğini artırdığını gösterdi (Nur Atikah ve ark., 2018).

Metan Üretiminin (CH₄) Azaltılması

Metan üretimi, başlıca olarak rumende karbonhidrat fermantasyonundan kaynaklanan uçucu yağ asitleri (asetat, propionat, butirat) miktarına bağlıdır. Yüksek seviyelerde nötr detergent lif (NDF) içeren yiyeceklerin tüketilmesi daha yüksek bir asetat : propiyonat oranı ve dolayısıyla daha yüksek bir CH₄ üretimine yol açar, ancak yemine kolayca fermante edilebilen nişastalı tahıl eklemek, propionat üretimini teşvik eder ve sonuç olarak üretilen CH₄ seviyesi çok daha düşük olur (Rasmussen ve Harrison, 2011). Özellikle poli doymamış yağ asitleri (PDYA) ve orta zincirli yağ asitleri (OZYA) içeren yağlarla yem takviyesi, sığır yeminde metan emisyonlarını önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir. Bu yağ asitlerinin, selüloz sindiren bakteriler, protozoalar ve metanojenler üzerinde toksik bir etkisi vardır ve bu nedenle, PDYA veya OZYA bakımından zengin bir yağ kaynağı ile kaba yem bazlı bir diyetle takviye yapılması, hücre duvarı karbonhidratlarının sindirilebilirliğini azaltır, hidrojen üretimini ve nihayetinde metan seviyelerini azaltır. PDYA, ayrıca rumende hidrojenin doğrudan doyması yoluyla metan üretimini engelleyici bir etkiye sahiptir (Eugene ve ark., 2008). Süt ineklerinde yapılan bir çalışmada ineklerinin rumenine yağ veya tanen eklenmesi, metan verimini azalttığı ve birlikte verildiğinde metan verimindeki azalma genellikle eklenenlerin toplamından daha fazla olduğu bildirilmiştir (Williams ve ark., 20202).

YAĞLARIN SİNDİRİM SİSTEMİ ÜZERİNDEKİ OLUMSUZ ETKİLERİ

Yem yağlarının yüksek enerji değeri ve yüksek kullanım verimlilikleri göz önüne alındığında, neden süt rasyonlarının yağ içeriği nispeten düşük seviyelere (yüzde 10'dan az) sınırlıdır? İronik bir şekilde, yüksek enerjili yağları rumenlere beslemenin bazı durumlarda süt üretimi için kullanılabilir enerjiyi azaltabileceği cevabıdır. Yağ eklemek her zaman enerji yoğunluğunu artırır, yani yeme başına kcal artar, ancak toplam kcal NEL üretim için her zaman artmaz. Toplam NEL üretimi, yağ takviyesi yem alımını azaltırsa, yem sindirimini engellerse veya kötü sindirilirse azalır. Bir örnek olarak, tipik bir laktasyon rasyonu tüketen ineklerin günlük sindirilebilir enerji alımının (KDM bazında) 38 lb/gün olduğunu varsayalım, bu da 58 Mcal/gün eder. Bu rasyondan bir lb'lik kısmı yağ ile değiştirildiğinde, sindirilebilir enerji alımı, enerji sindirilebilirliği her iki diyetle de %75 sabit kaldığında 60 Mcal/gün'e yükselir. Ancak, bu örnekte

yağın enerji sindirilebilirliğini %75'ten %73'e düşürmesi yeterlidir ve eklenen yağın çoğu enerji faydası kaybolur (Jenkins, 1998).

Rumen Fermentasyonunu Bozabilir

Takviye yağ asitleri özellikle beslenme enerji yoğunluğunu artırmak için ilgi çekicidir, ancak besin maddesi asitlerin daha yüksek düzeyde olması rumen mikropları için toksik olabilir, besin sindirilebilirliğini düşürebilir ve rumen fermentasyonunu bozabilir. Daha önce süt sığırları ve melez dana üzerinde yapılan çalışmalar, doymuş yağ asitlerinden daha zararlı etkilere sahip olan linoleik asit (C18:2) ve linolenik asit (C18:3) bakımından zengin olan doymamış yağ asitlerinin (UYA) ruminal mikroorganizmalar ve fermentasyon üzerinde daha olumsuz etkilere sahip olduğunu göstermiştir. Bu özellikle, gelişmemiş bir rumene ve iyi kurulmuş bir mikrobiyal topluluğa sahip olmayan pre-ruminantlar için daha önemlidir (Cersosimo ve ark., 2019). C18:2 açısından zengin soya yağı ve yonca yonca kuru otunun ön-kesim döneminde başlangıç yeminde kullanımı, büyüme performansı, sindirilebilirlik ve rumen fermentasyon profili üzerinde olumsuz yanıtlara neden olduğu. C18:2 açısından zengin soya yağının başlangıç yeminde yonca ile birlikte kullanılması genç süt buzağları için tavsiye edilmediği bildirilmiştir (Karimi ve ark., 2021).

Süt Yağı Yüzdesinde Azalma

Diyetle alınan doymamış yağ asitlerinin rumen bakterileri için toksik olması nedeniyle (Maia vd., 2007), süt ineklerinin rumen doymamış yağ asit yükünü artırması, biyohidrojenasyonun hızlarını ve yollarını değiştirebilir ve dolayısıyla süt yağı depresyonu (SYD) riskini artırabilir. Daha önce yapılan çalışmalar, SYD'ye yol açan değişiklikleri gösteren biyohidrojenasyon yolları ve profillerindeki temel değişikliklerin belirlenmesine odaklanmıştır (Bauman vd., 2011). Bu odak, özellikle trans C18:1 izomerleri, özellikle de trans-10 C18:1 üzerindedir. Trans-10 C18:1, saf YA'nin abomasal infüzyonu ile gösterildiği gibi SYD'nin bir nedeni değildir, ancak süt yağında çok daha düşük konsantrasyonlarda bulunan C18:2 biyohidrojenasyon ara ürünleri ile karşılaştırıldığında, analiz edilmesi nispeten kolaydır ve rumende üretilen ve süt yağı sentezi arasında güçlü bir ilişki vardır (Loor vd., 2005; Shingfield vd., 2006). Bu nedenle, trans-10 C18:1, diyet kaynaklı SYD'yi karakterize eden rumen biyohidrojenasyondaki değişikliklerin bir belirleyici işareti olarak hizmet edebilir.

Yem Tüketimini Azaltma

Süt rasyonlarına eklenen yağ, yem alımını azaltabilir, bu da pozitif bir süt tepkisini büyük ölçüde azaltabilir hatta tamamen ortadan kaldırabilir. Eklenen yağın rasyonun enerji yoğunluğunu artırması, toplam yemin tüketiminin azalmasıyla birlikte süt için enerjiyi artırmada pek etkili olmaz. Örneğin, Jenkins ve Jenny'nin (1992) çalışmasında, %5 eklenen yağ kontrol

ve %5 kanola yağı diyetlerinde sırasıyla NEL'yi 1,67'den 1,88 Mcal/kg'a yükseltmiştir. Kontrol diyetinin kuru madde alımı günde 18,8 kg veya 31,4 Mcal NEL'dir. Kanola yağı diyeti verilen ineklerin de günde 18,8 kg alması durumunda, NEL alımı 35,3 Mcal/gün'e çıkardı. Ancak, kanola yağı diyetinin alımı günde 16 kg'ye düşürülürse, iki diyetin net enerji alımları aynı olacaktır. Gerçek kanola yağı diyetinin alımı günde 18,2 kg'dır, bu da kanola yağının NEL alımını teorik maksimum olan 3,9 Mcal/gün yerine yalnızca 2,8 Mcal/gün artırdığı anlamına gelir.

Eklenen yağın yem alımında baskılanmasının birkaç nedeni göz önünde bulundurulmaktadır. Bunlar, sindirilebilir enerji alımını sabit tutmak için fizyolojik mekanizmaları içerir, bu da yüksek enerji konsantrasyonuna sahip diyetler için daha yaygındır; adaptasyon ile iyileşebilecek olan yağın kabul edilebilirliği; daha düşük lif sindiriminden kaynaklanan artmış ruminal genişleme ve doymamış yağ asitlerinin bağırsak akışı ile yem alımı seviyesi arasındaki negatif ilişki. Muhtemelen, bu belirli yağ kaynaklarının süt rasyonlarına eklenmesi durumunda yem alımını azaltmak için tek tek değil, birlikte çalışırlar (Jenkins, 1998).

SONUÇ

Ruminant hayvanların beslenmesinde yağın önemi büyüktür, çünkü sindirim sistemi üzerinde çeşitli etkileri vardır. Yağlar, enerji yoğunluğunu artırarak hayvanların enerji gereksinimlerini karşılamada önemli bir rol oynarlar. Ancak, yağ takviyeleri sindirim sistemi üzerinde olumlu etkiler gösterirken, bazı durumlarda olumsuz etkilere de neden olabilirler. Özellikle, rumen fermentasyonunu bozarak sindirimi azaltabilir ve süt yağı yüzdesinde azalmaya neden olabilir. Bununla birlikte, uygun bir şekilde yönetildiğinde, yağ takviyeleri ruminantların performansını artırabilir ve enerji dengesini sağlamalarına yardımcı olabilir. Bu nedenle, ruminant rasyonlarında yağ içeriğinin dengeli bir şekilde yönetilmesi önemlidir, böylece hayvanların sağlığı ve performansı optimize edilebilir.

REFERANSLAR

- Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83(6), 1598–1624.
- Anantasook, N., Wanapat, M., Cherdthong, A., & Gunun, P. (2013). Effect of plants containing secondary compounds with palm oil on feed intake, digestibility, microbial protein synthesis and microbial population in dairy cows. *Asian-*

- Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(6), 820–826.
- Bauman, D. E., Harvatine, K. J., & Lock, A. L. (2011). Nutrigenomics, rumen-derived bioactive fatty acids, and the regulation of milk fat synthesis. *Annual Review of Nutrition*, 31, 299–319.
- Benchaaar, C., Romero-Pérez, G. A., Chouinard, P. Y., Hassanat, F., Eugene, M., Petit, H. V., & Côrtes, C. (2012). Supplementation of increasing amounts of linseed oil to dairy cows fed total mixed rations: effects on digestion, ruminal fermentation characteristics, protozoal populations, and milk fatty acid composition. *Journal of Dairy Science*, 95(8), 4578–4590.
- Brown-Crowder, I. E., Hart, S. P., Cameron, M. T., Sahl, T., & Goetsch, A. L. (2001). Effects of dietary tallow level on performance of Alpine does in early lactation. *Small Ruminant Research*, 39, 233–241.
- Casals, R. G., Caja, G., Pol, M. V., Such, X., Albanell, E., Gargouri, A., & Casellas, J. (2006). Response of lactating dairy ewes to various levels of dietary calcium soaps of fatty acids. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 312–332.
- Cersosimo, L. M., Radloff, W., & Zanton, G. (2019). Microbial inoculum composition and preweaned dairy calf age alter the developing rumen microbial environment. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1651.
- Chilliard, Y., & Ferlay, A. (2004). Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Journal of Reproduction and Nutrition Development*, 44, 467–492.
- Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, K., & Doreau, M. (2007). Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109, 828–855.
- Doreau, M., & Chilliard, Y. (1992). Influence d'une supplementation de la ration en lipides sur la qualité du lait chez la vache. *INRA Productions Animales*, 5, 103–111.
- Eugene, M., Massé, D., Chiquette, J., & Benchaaar, C. (2008). Meta-analysis on the effects of lipid supplementation on methane production in lactating dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 88(2), 331–334.
- Fernandes, M. F., Ramos, R. C., Nunes de Medeiros, A., Costa, R. G., Delmondes, M. A., & Amorim, A. (2008). Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 703–710.
- Gargouri, A., Caja, G., Casals, R., & Mezghani, I. (2006). Lactational evaluation of effects of calcium soap of fatty acids on dairy ewes. *Small Ruminant Research*, 66, 1–10.
- Ghasemi, E., Azad-Shahraki, M., & Khorvash, M. (2017). Effect of different fat supplements on performance of dairy calves during cold season. *Journal of Dairy Science*, 100, 5319–5328.
- Glasser, F., Doreau, M., Ferlay, A., Looor, J. J., & Chilliard, Y. (2007). Milk fatty acids: mammary synthesis could limit transfer from duodenum in cows. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109, 817–827.
- Goncalves, A., & Domingues, J. L. (2007). Uso de gordura protegida na dieta de bovinos. *Revista Eletrônica Nutritime*, 4(5), 475–486.
- Gonthier, C., Mustafa, A. F., Ouellet, D. R., Chouinard, P. Y., Berthiaume, R., & Petit, H. V. (2005). Feeding micronized and extruded flaxseed to dairy cows:

Effects on blood parameters and milk fatty acid composition. *Journal of Dairy Science*, 88, 748–756.

Harvatine, K. J., & Allen, M. S. (2005). The effect of production level on feed intake, milk yield, and endocrine responses to two fatty acid supplements in lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 88, 4018–4027.

Hill, T. M., Bateman II, H. G., Aldrich, J. M., & Schlotterbeck, R. L. (2011). Effect of various fatty acids on dairy calf performance. *The Professional Animal Scientist*, 27, 167–175.

Ivan, M., Petit, H. V., Chiquette, J., & Wright, A. D. (2013). Rumen fermentation and microbial population in lactating dairy cows receiving diets containing oilseeds rich in C-18 fatty acids. *British Journal of Nutrition*, 109(7), 1211–1218.

Jenkins, T. C., & Jenny, B. F. (1992). Nutrient digestion and lactation performance of dairy cows fed combinations of prilled fat and canola oil. *Journal of Dairy Science*, 75, 796.

Jenkins, T. (1998). The benefits and limitations of fat in dairy rations. In *Proceedings of the Mid-South Ruminant Nutrition Conference*. Texas, USA. Retrieved from <http://www.txanc.org/proceedings/1998/benefits.pdf>

Kadkhoday, A., Riasi, A., Alikhani, M., Dehghan-Banadaky, M., & Kowsar, R. (2017). Effects of fat sources and dietary C18:2 to C18:3 fatty acids ratio on growth performance, ruminal fermentation and some blood components of Holstein calves. *Livestock Science*, 204, 71–77.

Karimi, A., Alijoo, Y. A., Kazemi-Bonchenari, M., Mirzaei, M., & Sadri, H. (2021). Effects of supplemental fat sources and forage feeding levels on growth performance, nutrient digestibility, ruminal fermentation, and nitrogen utilization in dairy calves. *Animal*, 15(4), 100179.

Kazemi-Bonchenari, M., Mirzaei, M., Jahani-Moghadam, M., Soltani, A., Mahjoubi, E., & Patton, R. A. (2016). Interactions between levels of heat-treated soybean meal and prilled fat on growth, rumen fermentation, and blood metabolites of Holstein calves. *Journal of Animal Science*, 94, 4267–4275.

Kongmun, P., Wanapat, M., Pakdee, P., Navanukraw, C., & Yu, Z. (2011). Manipulation of rumen fermentation and ecology of swamp buffalo by coconut oil and garlic powder supplementation. *Livestock Science*, 135(1), 84–92.

Liu, S. J., Bu, D. P., Wang, J. Q., Liu, L., Liang, S., Wei, H. Y., Zhou, L. Y., Li, D., & Looor, J. J. (2012). Effect of incremental levels of fish oil supplementation on specific bacterial populations in bovine ruminal fluid. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96(1), 9–16.

Lock, A. L., & Bauman, D. E. (2004). Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 39, 1197–1206.

Looor, J. J., Ferlay, A., Ollier, A., Doreau, M., & Chilliard, Y. (2005). Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *Journal of Dairy Science*, 88, 726–740.

Maia, F. J., Branco, A. F., Mouro, G. F., Coneglian, S. M., dos Santos, G. T., Minella, T. F., & Guimarães, K. C. (2006a). Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: produção, composição e perfil dos ácidos graxos do leite. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 1504–1513.

Maia, F. J., Branco, A. F., Mouro, G. F., Coneglian, S. M., dos Santos, G. T.,

Minella, T. F., & Guimarães, K. C. (2006b). Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais e sanguíneos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 1496–1503.

Maia, M. R. G., Chaudhary, L. C., Figueres, L., & Wallace, R. J. (2007). Metabolism of polyunsaturated fatty acids and their toxicity to the microflora of the rumen. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 91, 303–314.

Mao, H. L., Wang, J. K., Zhou, Y. Y., & Liu, J. X. (2010). Effects of addition of tea saponins and soybean oil on methane production, fermentation and microbial population in the rumen of growing lambs. *Livestock Science*, 129(1), 56–62.

Martin, C., Rouel, J., Jouany, J. P., Doreau, M., & Chilliard, Y. (2008). Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. *Journal of Animal Science*, 86, 2642–2650.

Martin, C., Ferlay, A., Mosoni, P., Rochette, Y., Chilliard, Y., & Doreau, M. (2016). Increasing linseed supply in dairy cow diets based on hay or corn silage: effect on enteric methane emission, rumen microbial fermentation, and digestion. *Journal of Dairy Science*, 99, 3445–3456.

Nawaz, H., & Ali, M. (2016). Effect of supplemental fat on dry matter intake, nutrient digestibility, milk yield and milk composition of ruminants. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53(1).

NRC. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle* (7th Rev. Ed.). National Academy of Science, Washington, DC.

Nur Atikah, I., Alimon, A. R., Yaakub, H., Abdullah, N., Jahromi, M. F., Ivan, M., & Samsudin, A. A. (2018). Profiling of rumen fermentation, microbial population and digestibility in goats fed with dietary oils containing different fatty acids. *BMC Veterinary Research*, 14, 1–9.

Oliveira, V. S., Santana Neto, J. A., & Valença, R. L. (2013). Características químicas e fisiológicas da fermentação ruminal de bovinos em pastejo – Revisão de Literatura. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, 19(20), 1–21.

Pagani, J. A. B. (2008). Timpanismo em ruminantes. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, 6(10), 1–6.

Patra, A. K., Kamra, D. N., & Agarwal, N. (2006). Effect of plant extracts on in vitro methanogenesis, enzyme activities and fermentation of feed in rumen liquor of buffalo. *Animal Feed Science and Technology*, 128(3), 276–291.

Rabiee, A. R., Breinhild, K., Scott, W., Golder, H. M., Block, E., & Lean, I. J. (2012). Effect of fat additions to diets of dairy cattle on milk production and components: a meta-analysis and meta-regression. *Journal of Dairy Science*, 95, 3225–3247.

Rahnema, S., Wu, Z., Ohajuruka, O. A., Weiss, W. P., & Palmquist, D. L. (1994). Site of mineral absorption in lactating cows fed high-fat diets. *Journal of Animal Science*, 72(1), 229–235.

Rasmussen, J., & Harrison, A. (2011). The benefits of supplementary fat in feed rations for ruminants with particular focus on reducing levels of methane production. *ISRN Veterinary Science*, 2011, Article ID 613172.

Sampelayo, M. R. S., Chilliard, Y., Schmidely, P., & Boza, J. (2007). Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68, 42–63.

Schroeder, G. F., Gagliostro, G. A., Bargo, F., Delahoy, J. E., & Muller, L. D. (2004). Effects of fat supplementation on milk production and composition by dairy

cows on pasture: a review. *Livestock Production Science*, 86, 1–18.

Shingfield, K. J., Reynolds, C. K., Hervàs, G., Griinari, J. M., Grandison, A. S., & Beever, D. E. (2006). Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89, 714–732.

Silva, M. M. C., Rodrigues, M. T., Branco, R. H., Rodrigues, C. A. F., Sarmiento, J. L. R., Queiroz, A. C., & Silva, S. P. (2007). Suplementação de lipídios em dietas para cabras em lactação: consumo e eficiência de utilização de nutrientes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 257–267.

Staples, C. R. (2006). Milk fat depression in dairy cows – Influence of supplemental fats. *Florida Ruminant Nutrition Symposium*, Gainesville, FL.

Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant* (2nd ed.). Cornell University Press, New York, 476 pp.

Williams, S. R. O., Hannah, M. C., Eckard, R. J., Wales, W. J., & Moate, P. J. (2020). Supplementing the diet of dairy cows with fat or tannin reduces methane yield, and additively when fed in combination. *Animal*, 14(S3), s464–s472.

Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes, S. I., & Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Science*, 78, 343–358.

Wu, Z., & Huber, J. T. (1994). Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: a review. *Livestock Production Science*, 39, 141–155.

Denizlerden Gelen Şifa: Su Ürünleri Temelli Fonksiyonel Gıda Maddeleri

Ayça KAŞIKÇI¹

Pınar OĞUZHAN YILDIZ²

- 1- Yüksek Lisans Öğr.; Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, aycakocakerz@gmail.com, ORCID: 0009-0009-6235-8618.
- 2- Doç. Dr.; Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, pinaroguzhan@atauni.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9892-7925

ÖZET

Günümüzde beslenme alışkanlıklarının sağlık üzerindeki etkisine dair farkındalığın artması, fonksiyonel gıdalara olan ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır. Fonksiyonel gıdalar dünya çapında yaygın bir popülerlik kazanmıştır ve yaygın olarak "nutrasötikler" olarak bilinirler. Günümüzde beslenme alışkanlıklarının sağlık üzerindeki etkisine dair farkındalığın artması, fonksiyonel gıdalara olan ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır. Fonksiyonel gıdalar, sağlıklı bir yaşam tarzının sürdürülmesinde ve çeşitli hastalık risk faktörlerinin azaltılmasında önemli bir rol oynamakta olup, içerdikleri zengin biyoaktif bileşenler sayesinde kronik hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde bilimsel olarak kanıtlanmış faydalar sağlarlar. Çoğu gıda, sağlıklı bir yaşam tarzının iyileştirilmesinden sorumlu fonksiyonel bir unsur içermektedir. Meyve, sebze, tahıl, et, balık ve süt ürünleri gibi tüm gıda maddeleri fonksiyonel bileşenleri içerir. Su ürünleri kökenli fonksiyonel gıda maddeleri, içerdikleri omega-3 yağ asitleri, biyolojik aktif peptitler, astaksantin, polisakkaritler ve diğer biyoaktif bileşenler sayesinde sağlık üzerinde çeşitli olumlu etkiler sunmaktadır. Bu bileşenler antioksidan, anti-inflamatuvar, kardiyovasküler koruyucu ve nöroprotektif özelliklere sahip olup, kronik hastalıkların önlenmesi ve yönetilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Deniz yosunları, mikroalgler, kabuklu deniz ürünleri ve balık gibi sucul kaynaklardan elde edilen fonksiyonel bileşenler, gıda ve ilaç endüstrisinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu derleme, su ürünleri kökenli fonksiyonel gıda bileşenlerinin sağlık üzerindeki etkilerini ve gelecekteki potansiyel uygulamalarını incelemektedir.

Anahtar Kelimeler –Fonksiyonel Gıda, Sağlık, Su Ürünleri.

GİRİŞ

Son yıllarda, özellikle Covid-19 salgını sonrasında, değişen yaşam tarzları tüketicilerin beslenme alışkanlıklarını ve gıdalardan bekledikleri sağlık etkilerini dönüştürmüştür. İnsanlar, sağlık konusuna daha fazla önem vermeye başlamış ve ilaç gibi tıbbi etkilere sahip ürünler yerine, doğal gıdalara ve fonksiyonel besinlere yönelmiştir. Bu doğrultuda, fonksiyonel gıdaların önemi giderek artmıştır (Anonim, 2025a).

Fonksiyonel gıda kavramı, ilk olarak 1980'lerin başında Japonya'da, özel olarak formüle edilmiş ve fizyolojik etkilere sahip gıdalar (FOSHU) olarak ortaya çıkmıştır (Seçim 2018). 1988 yılında 100 FOSHU ürünü, 2019 yılında ise 1063 yükselmiştir. 1995 yılında ise Avrupa'da uluslararası bir sivil toplum örgütü tarafından "Avrupa Fonksiyonel Gıda Bilimi (FUFOSE)" çalışma başlatılmış ve FUFOSE ile Uluslararası Gıda Bilgi Konseyi bu bağlamda Avrupa'daki fonksiyonel gıdalar ile yapılan çalışmalara da yön vermişlerdir. Ülkemizde ise 2000'li yılların başında gıda

sanayinde yer almaya başlamış ve 2004 yılında yürürlüğe giren “5179 sayılı Gıdaların Üretimi, Tüketimi ve Denetlenmesine Dair Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanun” kapsamında tanımlanmıştır (Henry, 2010; Özkaya, 2021).

Fonksiyonel gıdalar yalnızca besleyici özellikleriyle değil, aynı zamanda insan sağlığı, fiziksel performans ve ruhsal durum üzerindeki olumlu etkileriyle de öne çıkmaktadır. Genel kabul gören tanımlamaya göre, fonksiyonel gıdalar “içerdikleri biyoaktif bileşenler sayesinde, sağlığı koruyucu, iyileştirici veya hastalık riskini azaltıcı etkileri bulunan ve bu etkileri bilimsel ve klinik araştırmalarla desteklenmiş olan gıdalardır” (Seçim, 2018).

Fonksiyonel gıda kapsamına giren ürünler, ilaç formunda değil; günlük beslenmede yer alabilecek yiyecek ve içecekler şeklinde olmalıdır (Anonim, 2025a).

Fonksiyonel gıdalara dair dünyada farklı tanımlar vardır. Bu tanımlar şu şekildedir: “Belirli hastalıkların veya diğer sağlık sorunlarının riskini azaltan sağlığa faydaları olabilecek gıdalar/gıda bileşenleridir”. Tarım ve Orman Bakanlığı’na ait mevzuatta; “besleyici etkilerinin yanında bir veya daha fazla etkili bileşene bağlı olarak sağlığı koruyan, düzeltici/hastalık riskini azalan etkiye sahip ve bu etkileri bilimsel ve klinik olarak onaylanmış besinlerdir”. Japonya Sağlık, Çalışma ve Refah Bakanlığı’na göre; “vücut sağlığı için faydalı bir gıda bileşenini içermesi ve sağlık üzerine olan etkileri bilimsel olarak da ispatlanmış gıdalardır”. Avrupa Komisyonu tarafından ise “beslenme fonksiyonu dışında insan sağlığı için ilave yararlar sağlayan, sağlık durumunu iyileştiren, koruyucu/ hastalık risklerini azaltma özelliğine sahip olan gıdalardır”. Gıda Teknolojileri Enstitüsü’ne göre; “günlük beslenmenin dışında ek sağlık faydaları sağlayan gıda/gıda bileşenleridir”. Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü tarafından; “fizyolojik etkiye sahip gıda bileşenleri sayesinde günlük beslenmeye ilave sağlık yararları olan besinlerdir” (Kaur ve Das, 2011; Aslan, 2021; Tan, 2021; Kürkçü ve Dedeoğlu, 2022).

Su ürünleri, gerek esansiyel yağ asitlerinin temel kaynağı gerekse yüksek kalitede protein içeriğine sahip olması nedeniyle sadece insan beslenmesinde değil aynı zamanda fonksiyonel gıda/hammadelerin önemli kaynakları arasındadır. Su ürünleri, yüksek biyoçeşitliliği sayesinde balık yağları, su yosunları, polisakkaritler, balık proteinleri, fenolik bileşikler, vitaminler, mineraller, pigmentler, omurgasızlar ve biyoaktif peptitler gibi pek çok fonksiyonel besin kaynağı ve bileşenini içermektedirler. Su ürünlerinden elde edilen fonksiyonel ürün/bileşenler, doğrudan hammadde ya da katkı maddesi olarak genellikle de ilaç sanayinde kullanılmaktadır. Bu bileşenlerin, antioksidan, antiviral, antikarsinojenik ve anti-inflamatuar özellikler gibi çeşitli sağlık iyileştirici etkilere sahip olduğu bilimsel olarak kanıtlanmıştır (Cebirbay, 2022).

FONKSİYONEL GIDALAR VE ÇEŞİTLERİ

Fonksiyonel gıdalar, normal beslenmenin dışında temel besin öğeleri ihtiyaçlarını karşılamaya ilave olarak hastalıklardan korumada ve sağlığın geliştirilmesinde rol oynayan biyoaktif unsurları da içeren gıda veya gıda bileşenleridir (Özkaya, 2021).

Fonksiyonel besinlerin sahip olması gereken temel özellikler aşağıdaki şekilde sıralanabilmektedir (Özdemir ve ark., 2009):

- Kapsül, ilaç veya diyet takviyesi formunda olmamalı,
- Sağlık üzerine olan yararları bilimsel çalışmalarla da ispatlanmış olmalı,
- Doğal kaynaklı olmalı,
- İçeriğinde bulunan besin bileşenleri sağlık üzerine olumlu yararlar sağlamalı,
- Alerjik reaksiyonlara sebep olmamalı ve güvenilir olmalı,
- Hastalık riskini azaltma gibi olumlu etkilere sahip olmalı,
- Günlük beslenmenin bir parçası olarak güvenli bir şekilde tüketilebilmelidir.

Türkiye’de fonksiyonel gıdaların kullanım amaçları genellikle şu şekildedir (Tan, 2021):

- İlaç tedavisine alternatif olarak tedaviyi destekleyici olarak kullanılması,
- Çölyak hastalığı ve bazı hastalıklar için kullanılması,
- Gıda yetersizliğinin giderilmesi ve besinsel olarak zenginleştirilmesi,
- Sporcular için hem beslenmeyi hem de sağlığın iyileştirmesinde,
- Diyet ürünü olarak lif içeriği zenginleştirilmiş ürün olarak kullanımı,
- Sağlığın korunması ve iyileştirilmesinde,
- Vücut bakım ürünü olarak kullanılması,

Fonksiyonel gıdalar pek çok kuruluş tarafından sınıflandırılmış olup, Kanada, Tarım ve Tarımsal Gıda Bakanlığı fonksiyonel gıda çeşitlerini 5 gruba ayırmışlardır (Siró ve ark., 2008; Butnariu ve Sarac, 2019; Tan, 2021; Kürkcü, 2022):

1. Takviyelenmiş gıdalar
2. Zenginleştirilmiş gıdalar
3. Değiştirilmiş gıdalar
4. Değiştirilmemiş gıdalar
5. Geliştirilmiş Gıdalar

Gıdalardaki fonksiyonel bileşenler işlevlerine göre ise şu şekilde sınıflandırılmaktadır (Çakmak, 2018; Karakaya, 2019; Shaikh, 2002):

- Vitamin ve mineraller,
- Kolesterol düşürücü,
- Diyet lifleri

- Probiyotik, prebiyotik, sinbiyotikler
- Antioksidanlar,
- Fitokimyasallar,
- Şifalı bitkiler,
- Omega yağ asitleri,
- Karotenoidler

Ülkemizde en çok tüketilen fonksiyonel gıdaları sıralayacak olursak (Tan, 2021);

- Probiyotik ve Prebiyotik ürünler,
- Çerezlik gıdalar,
- Bitki çayları,
- Diyet lif içeriği yüksek tahıl ürünleri,
- Besin içeriği değiştirilmiş besinler,
- Sporcu besinleri,
- Glutensiz ekmek,
- Vitamin ve mineral takviyeli ürünler
- Bitki sterol ve stanollerini içeren ürünler
- Omega-3 yağ asidi (balık yağı gibi) içeren gıdalar

Fonksiyonel gıdalar hayvansal ve bitkisel olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır (Hasler, 2002; Açıkgöz ve Önenç, 2006; Özkaya, 2021; Anonim, 2025b).

1) Hayvansal kaynaklı (zookimyasallar) fonksiyonel gıdalar

Et, süt ve yumurta hayvansal kökenli fonksiyonel gıdalar olup, deniz ürünleri de antioksidan, omega-3 yağ asitleri ve diğer biyoaktif unsurlar bakımından zengin fonksiyonel gıdalardır. Hayvansal ürünlerden elde edilen aktif bileşenlerin en fazla çalışılan besinleri, çoğunlukla somon, ringa balığı, sardalya, ton balığı ve uskumru gibi yağlı balıklardaki (n-3) yağ asitleridir. Deniz yosunları ve yağlı balıklar yüksek oranda DHA ve polisakkarit içermesi sebebiyle antiinflamatuvar antioksidan antihipertansif, antiviral, antikarsinojenik ve antiaterojenik etkiye sahiptirler. DHA, özellikle beyin ve gözdeki hücre zarlarının fosfolipitlerinin temel bir bileşenidir.

2) Bitkisel kaynaklı (fitokimyasallar) fonksiyonel gıdalar

Meyve ve sebzeler, fitokimyasalların zengin kaynağıdır. Meyve-sebze ve tahıllarda yaklaşık 8000 farklı fitokimyasal bileşik bulunup, antibakteriyel, antitoksik, antiviral, antioksidan, anti inflamatuvar, antikarsinojenik antialerjik, antihipertansif ve antifungal etkiye sahip olup, bu etkilerinden ötürü sağlık üzerine olumlu etkiler sağlamakta ve fonksiyonel gıda olarak nitelendirilmektedirler.

Bitkisel kaynaklı besinlere verilecek örnekler şunlardır;

Karotenoidler; sarı, kırmızı ve yeşil renkli meyve-sebzeler

Flavonoidler; çay, kakao, böğürtlendi, siyah üzüm, kereviz, ahududu, domates, maydanoz, soğan

Fitoöstrojenler; soya/soya ürünleri, çay, brokoli, kuru baklagiller

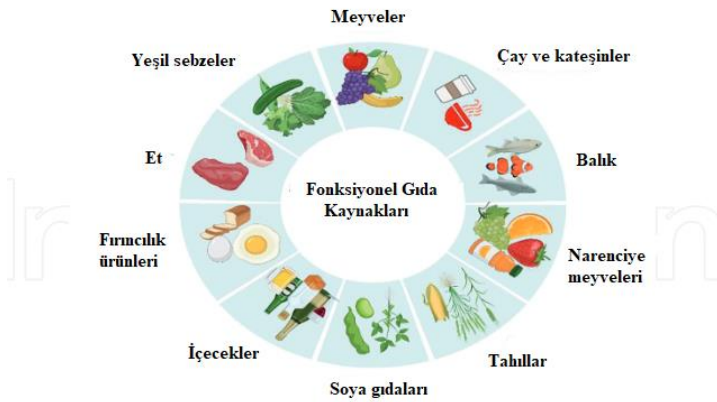
Stilbenler; yer fıstığı, kırmızı şarap, üzüm

Fenolik asitler; tahıllar, kahve, meyve-sebze

Organosülfür bileşikler; pırasa, soğan, sarımsak

Glukozinolatlar; brüksel lahanası, karnabahar, brokoli

Fenolik asitler: meyve-sebze, tahıllar, kahve



Şekil 1: Fonksiyonel Gıda Kaynakları (Shiomi ve Savitskaya, 2022)

FONKSİYONEL GIDALARIN SAĞLIK AÇISINDAN FAYDALARI

Fonksiyonel gıdalar, temel besin değerlerinin ötesine geçen sağlık yararları sağlayan gıdalar olarak tanımlanır. Son yıllarda, fonksiyonel gıdalar temel beslenmenin ötesinde potansiyel sağlık yararları nedeniyle dikkat çekmiş, zengin protein, karbonhidrat, vitamin ve diyet lifi kaynakları olarak hizmet etmektedir (Vignesh ve ark., 2024).

Fonksiyonel gıdalar, antioksidanlar, karotenoidler, prebiyotikler, probiyotikler, polifenoller, steroller ve/veya bazı fonksiyonel özelliklere sahip diğer bileşenler gibi bir veya daha fazla fonksiyonel bileşen/içerik içeren ve organizmada önemli veya sınırlı işlevler sağlayan, refahı ve sağlığı teşvik eden veya kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, kanser ve osteoporoz riskini azaltan ve koruyan gıdalar olarak tanımlanır (Anil ve ark., 2022).

Fonksiyonel gıdalar sağlıklı bir yaşam tarzını sürdürmede ve çeşitli hastalıkların risk faktörlerini azaltmada önemli bir rol oynar. Çoğu gıda, sağlıklı durumu iyileştirmekten sorumlu fonksiyonel bir ögeye sahiptir. Meyveler, sebzeler, tahıllar, et, balık, süt ürünleri gibi tüm gıda maddeleri fonksiyonel bileşenler içermektedir (Essa ve ark., 2023).

Fonksiyonel besinlerdeki temel bileşenler sağlık yararları sunmaktadır. Balık, kardiyovasküler hastalıklara karşı koruma sağlayan omega-3 yağ asitleri açısından zengindir. Ayrıca kemik sağlığını olumlu yönde etkiler. Omega-3 yağ asitleri serbest radikalleri temizleyerek kalp hastalığı ve kanser gibi kronik hastalık riskini azaltır. Susam tohumu yağı gibi gıdalardaki antioksidanlar kardiyovasküler sağlığı destekler ve anti-inflamatuar etkilere sahiptir. Kurkumin, inflammatuar sitokinleri baskılayarak kanseri engellemektedir (Alzuhairi ve Doğan, 2021; Vignesh ve ark., 2024).

Doymamış yağ asitleri kuruyemişler, deniz ürünleri, balık yağları ve yeşil yapraklı sebzelerde bulunmaktadır. Omega-3 yağ asitlerinin romatizmal eklem iltihabı, kireçlenme ve kardiyovasküler hastalık riskini azalttığı, fitosteroller, tokoferoller ve polifenoller gibi mikro besinlerle zenginleştirilmiş kanola yağının damar tıkanıklığı oluşumunu engellemeye yardımcı olmaktadır (Aathithya, 2024).

Bazı önemli fonksiyonel gıda bileşenleri karotenoidler, izotiyosiyanatlar, çözünür ve çözünmez diyet lifi, fenolik asitler, yağ asitleri, bitki stanoller ve steroller, flavonoidler, polioller, soya proteini, prebiyotikler ve probiyotikler, fitoöstrojenler, vitaminler ve minerallerdir. Fonksiyonel gıda bileşenlerinin çoğu esas olarak bitkisel gıdalarda (tam tahıllar, meyveler ve sebzeler) bulunur, ancak omega-3, 6 ve 9 çoklu doymamış yağ asitleri gibi birkaç fonksiyonel gıda bileşeni hayvansal ürünlerde (örneğin süt, fermente süt ürünleri ve soğuk su balıkları) bulunmaktadır. Fonksiyonel gıda bileşenlerinin kaynakları ve sağlığa faydaları Tablo 1’de verilmiştir (Shandilya ve Sharma, 2017; Shaikh ve ark., 2022).

Tablo 1: Fonksiyonel Gıda Bileşenlerinin Kaynakları ve Sağlığa Faydaları

Fonksiyonel Gıda Bileşenleri	Kaynağı	Sağlığa Faydaları
Karotenoidler	Bitkiler, meyveler, çiçekler, algler, fotosentetik ve fotosentetik olmayan bakteriler, maya ve küfler	Kanser, kalp hastalığı ve dejeneratif göz hastalığı gibi rahatsızlıkların önlenmesine yardımcı olur.
Diyet lifleri	Baklagiller, tam tahıllar, esmer pirinç, patlamış mısır, kuruyemişler, kabuklu fırında patates, meyveler, kepekli tahıllar, yulaf ezmesi ve sebzeler	Kabızlık, huzursuz bağırsak sendromu vakalarını azaltma, kolesterolü düşürme, koroner, kardiyovasküler kalp hastalıkları vakalarını azaltma obeziteyi, diyabet ve kolon kanserini önlemeye yardımcı olur.
Esansiyel yağ asitleri	Uskumru, somon, morina karaciğeri yağı, ringa balığı, isticiride, soya fasulyesi, sardalya, keten tohumu, hamsi, havyar, ceviz, chia tohumu ve kanola yağları	Üreme, kardiyovasküler, sinir sistemleri ve bağışıklık sistemini destekleyen önemli besin maddelerinin emilimine ve zararlı atık ürünlerinin atılmasına yardımcı olur. Ayrıca çocuklarda uygun büyüme, sinirsel gelişim ve duyuşsal sistemlerin olgunlaşması için önemlidir. Ayrıca iltihabı düzenleyerek ve vücudu enfeksiyonla savaşmaya teşvik ederek bağışıklık fonksiyonunda önemli bir rol oynar. Romatoid artrit hastaları için faydalı olup, eklemlerdeki hassasiyeti, şişliği azaltmaya yardımcı olur.
İzotiyosiyanatlar	Japon turpu, lahana, karnabahar, kara lahana, brokoli, brüksel lahanası, tere	Birçok kanser türünün (mide, karaciğer, göğüs, kolon, yemek borusu, akciğer, ince bağırsak) gelişme riskini azalttığı görülmüştür.
Flavonoidler	Taze kapari, mürver suyu, kurutulmuş maydanoz, kuzukulağı, kırmızı soğan, roka, taze kızılcık, goji meyvesi, pişmiş kuşkonmaz, siyah frenk üzümü, kurutulmuş kekik, greyfurt, limon, portakal suyu, misket limonu, portakal, greyfurt suyu, enginar, yeşil çay, siyah çay, kurutulmuş kakao, bitter çikolata, böğürtlen, pişmiş bakla, ceviz, kırmızı sofr şarabı, elma, şeftali, kurutulmuş maydanoz,	Göz hastalıkları, kalp hastalıkları, hemoroid, diyabet, Alzheimer, Parkinson, gut, prostat, yumurtalık, pankreas, kolon, meme, lösemi, akciğer, yemek borusu gibi kanser türlerinin önlenmesi ve tedavisine yardımcı olur.

	aronya, yeşil biber, yaban mersini, nohut, siyah frenk üzümü, Amerikan yaban mersini, kırmızı lahana, kırmızı frenk üzümü, ahududu ve çilek	
Fenolik asit	Tahıllar, yağlı tohumlar, baklagiller, sebzeler, meyveler, içecekler ve otlardır.	Kardiyovasküler hastalıklar, bazı kanserler, tip II diyabet ve astım hastalıklarını azaltmaya yardımcı olur.
Fitoöstrojenler	Soya fasulyesi, soya içecekleri, tofu, tempeh, keten tohumu, buğday, meyveler, susam tohumları, yulaf, arpa, mercimek, kuru fasulye, pirinç, yonca, maş fasulyesi, elma, buğday tohumu, havuç, pirinç kepeği ve soya-keten tohumlu ekmek.	Osteoropoz ve menopoz semptomlarının azaltılması, prostat, meme, tiroid, kolorektal ve cilt kanserinin önlenmesine yardımcı olur.
Probiyotikler	Yoğurt, geleneksel ayran, turşu, kombucha, kimchi, lahana turşusu, peynir ve kefir	Huzursuz bağırsak sendromu hipertansiyon, laktoz intoleransı kanser, vajinal enfeksiyonlar, kolesterol, alerjiler ve egzama hastalıklarının önlenmesine ve tedavisine yardımcı olur.
Prebiyotikler	Elma, enginar, kuşkonmaz, muz, arpa, meyveler, hindiba, kakao, karahindiba yeşillikleri, keten tohumu, sarımsak, yeşil sebzeler, pırasa ,baklagiller, yulaf, domates, soğan, soya fasulyesi, buğday gibi meyveler, sebzeler ve tam tahıllar	Kabızlık ve inflamatuvar bağırsak hastalığının tedavisinde kullanılır.
Antioksidanlar	Meyveler, sebzeler, kuruyemişler, tahıllar ve fasulyeler	Kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi kronik hastalıklardan korunmaya yardımcı olurlar.

DENİZEL FONKSİYONEL GIDA BİLEŞENLERİ

Fonksiyonel besinler, günlük beslenmenin dışında insan sağlığına çeşitli faydalar sağlayan ürünler şeklinde belirtilmektedir. Bu besinler sağlığı korumak, hastalık risklerini azaltmak ve önlemek için kullanılmaktadır (Can, 2024).

Su ürünleri, yüksek kaliteli protein içeriği, uzun süre tokluk hissi sağlaması ve esansiyel yağ asitlerinin temel kaynağı olması nedeniyle yalnızca insan beslenmesi açısından değil, aynı zamanda fonksiyonel gıdalar

ve hammadde üretimi açısından da büyük bir öneme sahiptir. Zengin biyoçeşitliliği sayesinde, deniz yosunları, omurgasızlar, balık yağları, balık proteinleri, polisakkaritler, biyoaktif peptitler, fenolik bileşikler, pigmentler, vitaminler ve mineraller gibi birçok fonksiyonel bileşeni içermektedir. Bu bileşenler gıda sanayinde doğrudan, hammadde olarak veya katkı maddesi şeklinde kullanılabilirken, büyük bir kısmı ilaç sektöründe de değerlendirilmektedir (Cebirbay, 2022).

Deniz ve tatlı sularda mevcut olan mikroalgler, yüksek kaliteli protein, vitamin-mineral, antioksidan ve omega-3 yağ asitleri bakımından mükemmel kaynaklardır. İnsan sağlığı açısından özellikle Dunaliella, Chlorella ve Spirulina türü mikroalgler fonksiyonel gıda olarak büyük ilgi çekmektedir (Can, 2024).

Balık ve yan ürünleri, nutrasötikler ve biyoaktif bileşenlerin muazzam bir kaynağıdır ve bunlar çıkarılabilir/ayıklanabilir ve çeşitli gıdalara eklenebilir, böylece omega-3 yağ asitlerinin varlığı nedeniyle çekici işlevsellik, yüksek tansiyon nedeniyle kalp krizi riskini azaltır veya ani ölümü önler, ayrıca işlevselliği insan sağlığı açısından balık ve yan ürünlerini yemek vücudu kardiyovasküler ölümlerden korumaktadır. Balık tüketimi ayrıca kemik sertliğini, ağrıları ve artrit aktivitesini önlemektedir (Miano 2016).

Balık ve balık yağlarında bulunan yağ asitleri, kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi nedeniyle ilgi kazanmıştır (Jones 2002). Denizel fonksiyonel gıda bileşenleri ve sağlığa yararları Tablo 2'de verilmiştir (Shahidi and Ambigaipalan 2015).

Tablo 2: Denizel fonksiyonel gıda bileşenleri ve sağlığa yararları

Fonksiyonel Gıda Bileşeni	Biyoaktif Bileşik	Kaynak	Sağlığa Yararları
Omega-3 yağ asitleri	Eikosapentaenoik asit (EPA) Dokosapentaenoik asit (DPA) Dokosaheksaenoik asit (DHA)	Sardalya, Pasifik hamsi, uskumru, ringa balığı, ton balığı, somon, pisi balığı, morina, deniz memelileri (fok yağı, balina yağı), yosun	Koroner arter hastalığı, hipertansiyon, diyabet, artrit ve diğer iltihaplı, otoimmün bozukluklar, kanser gibi hastalıkların önlenmesi ve tedavisi, beyin ve retinanın büyümesi ve gelişimi için gereklidir.
Kitin/kitosan	Kitosan/kitin, kitosan oligosakkaritleri, Heterokitosan/Heterokitosan oligosakkaritleri, sülfatlanmış heterokitosan oligosakkaritleri, Glukozamin	Midye, istiridye, yengeç, karides, kerevit, kalamar	Antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antioksidan, antikarsinojenik, antinökleer, böbrek hastalığının önlenmesi ve iyileştirilmesi, tip II diyabetin önlenmesi, diyet lifi, kilo kaybı, toplam ve LDL kolesterol düzeyinin azaltılması
Protein	Protein hidrolizatları, biyoaktif peptitler, enzimler	Balık, kabuklular, yumuşakçalar (jumbo kalamar, istiridye, mavi midye, ton balığı, morina, Pasifik mezgiti, istavrit, uskumru, deniz yılan balığı, sarı yüzgeçli dil balığı, sarı çizgili palamut, kurutulmuş palamut, sardalya, somon, ringa balığı, midye, karides, istiridye, yosun	Antioksidan, ACE inhibitör aktivitesi, anti-inflamatuvar, antikoagülan, anti-tümör, opioid, immünomodülatör, antibakteriyel, antitrombotik ve antihipertansif aktivite
Karotenoidler	α , β , ϵ -Karoten,	Karides, ıstakoz,	Anti-inflamatuvar,

	likopen, ksantofiller	yengeç, kerevit, alabalık, somon, kırmızı mercan, ton balığı, midye, kalamar, ahtapot, deniz hıyarı, çipura, Atlantik ringa balığı, Pasifik ringa balığı, pembe somon, yosun, mantar, süngerler, deniz yıldızı, deniz kestanesi, deniz mercanlar	antioksidan, immünomodülatör, antikanser, kardiyovasküler, nörodejeneratif hastalıkları önler.
Fenolikler/karbohidratlar	Florotaninler, glutatyon, aljinatlar, karragenan, fukoidan, agar, furcelleran, ascophyllan, laminarin, poliüronitler	Mikroalgler Makroalgler	Antikoagülan, kardiyoprotektifantioksidan, antiinflamatuvar, antialerjik, antitümör, antidiyabetik, antibakteriyel, HIV-1 ters transkriptaz ve proteaz inhibitör aktiviteleri, çeşitli vasküler hastalıklara karşı kemoprevansiyon

SONUÇ

Su ürünleri kökenli fonksiyonel gıda bileşenleri, besin değeri yüksek ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri bilimsel olarak kanıtlanmış biyolojik aktif maddeler içermektedir. Omega-3 yağ asitleri, deniz kaynaklı peptitler, astaksantin ve polisakkaritler gibi bileşenler, antioksidan ve anti-inflamatuvar özellikleriyle kronik hastalıkların önlenmesi ve yönetiminde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle, kalp-damar hastalıkları, diyabet, obezite, nörodejeneratif hastalıklar ve bağışıklık sistemi bozuklukları gibi sağlık sorunlarının azaltılmasında sucul kökenli bileşenlerin etkili olduğu gösterilmiştir.

Ancak, bu bileşenlerin daha geniş çapta kullanımı için bazı zorluklar bulunmaktadır. Öncelikle, biyoaktif bileşenlerin biyoyararlanımını artırmaya yönelik ileri işleme teknolojilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, sürdürülebilir su ürünleri üretimi ve işlenmesi, çevresel etkilerin azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Deniz kaynaklarının aşırı tüketimi ve

ekosistem üzerindeki olumsuz etkilerin en aza indirilmesi için sürdürülebilir avlanma ve akuakültür uygulamalarına daha fazla önem verilmelidir.

Gelecekte, su ürünleri kökenli fonksiyonel bileşenlerin gıda, ilaç ve kozmetik sektörlerinde daha yaygın bir şekilde kullanılması beklenmektedir. Biyoteknoloji ve gıda işleme alanındaki yenilikler, bu bileşenlerin etkinliğini artırarak daha fazla tüketiciye ulaşmasını sağlayacaktır. Bu nedenle, multidisipliner yaklaşımlar ile yapılan araştırmaların artırılması, su ürünlerinden elde edilen fonksiyonel bileşenlerin sağlık üzerindeki etkilerini daha iyi anlamamıza ve yenilikçi ürünlerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

REFERANSLAR

- Aathithya, S. (2024). Functional Foods and its Role in Human Health - A Review. *ComFinResearch*, 12, 29-34.
- Açıkgöz, Z., ve Önenç, S. S. (2006). Fonksiyonel yumurta üretimi. *Hayvansal Üretim*, 47(1), 36-46.
- Alzuhairi, S., ve Doğan, M. (2021). The Importance of Functional Foods in Gastronomy. *Art and Design Journal*, 1(2), 249-267.
- Anil, P., Nitin, K., Kumar, S., Kumari, A., ve Chhikara, N. (2022). Food function and health benefits of functional foods. *Functional Foods*, 419-441.
- Anonim (2025a). <https://acikders.ankara.edu.tr> adresinden 14 Şubat 2025 tarihinde alınmıştır.
- Anonim (2025b). <https://www.academichospital.com.tr/tr/saglik-rehberi/fonksiyonel-besinlerle-saglikli-yasam> adresinden 18 Şubat 2025 tarihinde alınmıştır.
- Butnariu, M., ve Sarac, I. (2019). Functional food. *International Journal of Nutrition*, 3(3), 7-16.
- Can, İ. (2024). Mikroalgler ile zenginleştirilmiş fonksiyonel gıdaların insan sağlığı üzerindeki etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Nişantaşı Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Cebirbay, M. A. (2022). Fonksiyonel Besin Kaynaklarına Farklı Bir Bakış: Su Yosunları. *Türkiye Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 5(3), 40-47.
- Çakmak, H. (2018). Fonksiyonel gıdalar. Hitit Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ders Notları, Çorum.
- Essa, M.M., Bishir, M., Bhat, A., Chidambaram, S.B., Al-Balushi, B., Hamdan, H., Govindaraja, N., Freidlan, R.P., ve Qoronfleh, M.W. (2023). Functional foods and their impact on health. *Journal of Food Science and Technology*, 1-15.
- Hasler, C. M. (2002). Functional foods: benefits, concerns and challenges-a position paper from the American Council on Science and Health. *The Journal of Nutrition*, 132(12), 3772-3781.
- Henry, C. J. (2010). Functional foods. *European Journal of Clinical Nutrition*, 64(7), 657-659.

- Jones, P.J. 2002. Clinical nutrition: 7. Functional foods-more than just nutrition. *Cmaj*, 166(12), 1555-1563.
- Karakaya, B. (2019). Comparison of functional food knowledge-awareness levels and consumption frequencies of students in a private university. Yeditepe University Institute of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics. Master Thesis. Istanbul.
- Kaur, S., ve Das, M. (2011). Functional foods: An overview. *Food Science and Biotechnology*, 20, 861-875.
- Kürkçü, B. (2022). Tüketicilerin fonksiyonel gıda tüketme eğilimlerinde sağlık kaygılarının ve sosyal değer algılamalarının anlaşılması: sağlık bilgi düzeylerinin düzenleyici rolü. Yüksek Lisans Tezi, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Nevşehir.
- Kürkçü, B., ve Dedeoğlu, B. B. (2022). Restoran Tüketicilerinin Fonksiyonel Gıda Tüketiminde Hastalığın ve Demografik Etkenlerin Rolü, *Journal of Hospitality and Tourism*, 4(1), 17-28.
- Miano, T. F. (2016). Functional food-A review. *European Academic Research*, 4: 5695-5702.
- Özdemir, P. Ö., Fettahloğlu, S., ve Topoyan, M. (2009). A study on determining the consumer attitudes towards functional food products. *Ege Academic Review*, 9(4), 1079-1099.
- Özkaya, Ş. Ö. (2021). Yaşam kalitesi ve fonksiyonel besinler. *Fenerbahçe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(1), 62-68.
- Shiomi, N., ve Savitskaya, A. (Eds.). (2022). *Current Topics in Functional Food. BoD-Books on Demand*.
- Seçim, Y. (2017). Türk Mutfağında Kullanılan Bazı Fonksiyonel. *Uluslar Arası Global Turizm Dergisi*, 2-5.
- Shahidi, F., ve Ambigaipalan, P. (2015). Novel functional food ingredients from marine sources. *Current Opinion in Food Science*, 2, 123-129.
- Shandilya, U. K., ve Sharma, A. (2017). Functional foods and their benefits: an overview. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 7(4): 353-356.
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., ve Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance-A review. *Appetite*, 51(3), 456-467.
- Tan, T. (2022). Fonksiyonel gıdalar ve gıda destek ürünleri ile ilgili yasal düzenlemelerin analizi. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Vignesh, A., Amal, T. C., Sarvalingam, A., ve Vasanth, K. (2024). A review on the influence of nutraceuticals and functional foods on health. *Food Chemistry Advances*, 100749

Eğrekkaya ve Akyar (Ankara) Baraj Havzalarına Ait Karakteristik Özelliklerin Analizi ile Koruma Kuşaklarının Belirlenmesi

Ayça TÜRKER¹

Şehnaz ŞENER²

- 1- Yüksek Jeoloji Mühendisi, Süleyman Demirel Üniversitesi; Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği ABD. ayca.101088@gmail.com, ORCID No: 0000-0003-3202-0842
- 2- Prof. Dr.; Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü. shnazzsener@sdu.edu.tr ORCID No: 0000-0003-3191-2291.

ÖZET

Ülkemizde içme – kullanma suyu temin edilen baraj havzalarının koruma alanları belirlenirken, genellikle mesafeye dayalı yaklaşım esas alınmaktadır. Ancak, havzadaki olası bir kirletici kaynağın rezervuara ulaşmasını etkileyen birden çok parametre bulunmakta olup, bu parametreler havza özelinde değişiklik göstermektedir. Buna ek olarak, havza özelinde değişiklik gösteren ve koruma kuşakları belirlenirken analiz edilmesi gereken; eğim, yükselti, hidrojeoloji gibi parametreler kirletici taşınımını eşit derecede etkilememektedir. Bu nedenle, havza karakteristiği ve havza karakteristiğini temsil eden parametrelerin kendi arasındaki hiyerarşisi ihmal edilerek belirlenen mesafeye dayalı koruma alanları, sürdürülebilir havza yönetimi açısından sorun teşkil etmektedir.

Bu çalışma ile yukarıda belirtilen hususları esas alacak şekilde, mesafeye dayalı koruma kuşakları yaklaşımına alternatif bir yöntem değerlendirilmiştir. Bu kapsamda rezervuara mesafe, ana derelere mesafe, yükseklik, eğim, erozyon potansiyeli, arazi kullanımı ve hidrojeoloji olmak üzere yedi farklı parametre üzerinde durulmuştur. Bu parametreler hem kendi içerisinde hem de birbirleri arasında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılarak ağırlıklandırılmış ve CBS tabanlı ArcGIS yazılımı ile analiz edilerek havzaların hassasiyet haritaları oluşturulmuştur.

Son olarak, çalışma alanının sosyal – ekonomik durumu göz önünde bulundurularak, oluşturulan koruma kuşaklarının mevcut mevzuat çerçevesinde uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda; mutlak, orta ve uzun mesafeli koruma alanlarında yöre halkının temel geçim kaynağı olan tarım ve hayvancılık faaliyetleri açısından ilave bir kısıt uygulanmayacağı görülmüştür. Kısa mesafeli koruma alanında ise ilave kısıt uygulanması gereken bölgelerin dik vadi yamaçlarına doğru genişlediği tespit edilmiştir. Tarım ve hayvancılık faaliyetleri için dik vadi yamaçlarının elverişli sahalar olmadığı göz önünde bulundurulduğunda, bu alanlarda uygulanacak kısıtların yöre halkı açısından sorun teşkil etmeyeceği göz önünde bulundurularak havza karakteristiği doğrultusunda belirlenen koruma kuşaklarının uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler – İçme Suyu Havzası, Havza Koruma Kuşakları, Havza Yönetimi, Eğrekkaya Barajı, Akyar Barajı.

GİRİŞ

Günümüzde, kontrolsüz nüfus artışı, sanayileşme, iklim değişikliği ve kuraklık gibi pek çok faktör su kaynaklarımızı miktar ve kalite açısından olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, su kaynaklarımız için uygulanan koruma politikalarının tekrar gözden geçirilmesi ve bu politikaları iyileştirici önlemlerin alınması zorunlu hale gelmiştir. Ülkemizde içme – kullanma

suyu temin edilen baraj havzalarımızın koruma alanları belirlenirken, genellikle mesafeye dayalı yaklaşım esas alınmaktadır. Yürürlükteki mevzuat çerçevesinde, içme suyu temin edilen baraj veya göletin maksimum su kotundan itibaren 300 m genişliğindeki alan “Mutlak Koruma Alanı”, mutlak koruma alanından itibaren 700 m genişliğindeki alan “Kısa Mesafeli Koruma Alanı”, kısa mesafeli koruma alanından itibaren 1000 m genişliğindeki alan “Orta Mesafeli Koruma Alanı”, orta mesafeli koruma alanından havza sınırına kadar olan bölüm ise “Uzun Mesafeli Koruma Alanı” olarak kabul edilmektedir.

İçme – Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik kapsamında, havzalarda uygulanacak kısıt ve önlemlerin yanı sıra her bir içme suyu havzası için havza özelinde koruma planı hazırlanmasının gerekliliğine vurgu yapılmış ve Madde 6.(1) “İçme-kullanma suyu temin edilen veya edilmesi planlanan yerüstü ve yeraltı suyu kaynaklarının korunması amacıyla; her bir içme-kullanma suyu havzasının özellikleri dikkate alınarak bilimsel bir çalışma ile içme-kullanma suyu havzası koruma planı hazırlanır. İçme-kullanma suyu havzası koruma planı hazırlanıncaya kadar bu Yönetmelik hükümleri doğrultusunda tedbirler alınır. Ancak, bu Yönetmelikte düzenlenen faaliyetler dışında farklı bir talebin iletilmesi durumunda Bakanlıkça görüş oluşturulur, ihtiyaç duyulması halinde talep sahibi gerçek ve tüzel kişilerce bilimsel ve teknik rapor hazırlanır veya hazırlattırılır ve Bakanlığa iletilir.” ile hükme bağlanmıştır. Havza Koruma Planları, yine Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yayımlanan “İçme – Kullanma Suyu Havzası Koruma Planı Hazırlanmasına Dair Usul ve Esaslar Tebliği” çerçevesinde hazırlanmakta ve havza özelinde yürütülen kapsamlı bir çalışma neticesinde oluşturulmaktadır. Bu çalışmalar neticesinde hükme bağlanan konular ise “Özel Kanun” niteliği taşımaktadır.

Hazırlanan koruma planlarının amacına ulaşabilmesi için, öncelikle koruma kuşaklarının havza karakteristiğini temsil etmesi gerekmektedir. Mevcut durumda yürürlükte olan koruma planları incelendiğinde ise, bu konuda eksikler olduğu ve koruma kuşaklarının belirlenme aşamasında çoğunlukla mesafeye dayalı yaklaşımın esas alındığı görülmektedir. Havzadaki herhangi bir kirleticinin içme suyu kaynağına ulaşmasını etkileyen birden çok parametre bulunmakta olup havza karakteristiği ve havza karakteristiğini temsil eden parametrelerin kendi arasındaki hiyerarşisi ihmal edilerek belirlenen mesafeye dayalı koruma alanları, sürdürülebilir havza yönetimi açısından sorun teşkil etmektedir.

Bu çalışma ile Ankara il sınırları içerisinde bulunan ve Ankara iline içme ve kullanma suyu sağlayan Eğrekkaya ve Akyar Baraj Havzaları örneği üzerinden, ‘Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri’nin koruma kuşaklarının belirlenme sürecine entegrasyonu ile alternatif bir metodoloji geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Çalışma Yöntemi

Havzaların hassasiyet haritaları hazırlanırken öncelikli olarak çalışma alanındakirletici taşınımını etkileyebilecek parametreler belirlenmiştir. Bu kapsamda, ulusal ve uluslararası literatür incelenmiş ve çalışma alanı karakteristikleri doğrultusunda; rezervuara mesafe, ana derelere mesafe, yükseklik, eğim, erozyon potansiyeli, arazi örtüsü ve hidrojeolojik durum olmak üzere 7 farklı parametre değerlendirmeye alınmıştır. Daha sonra, çok kriterli karar verme yöntemlerinden “Analitik Hiyerarşi Prosesi” kullanılarak her bir parametre önce kendi içinde daha sonra birbiri arasında önem derecesine göre ağırlıklandırılmıştır.

Kriter ağırlıkları belirlenirken Tablo 1’de verilmiş olan 1-9 puanlı tercih ölçeğinden faydalanılarak ikili karşılaştırmalar yapılmış ve köşegeni 1 olan kare matrisler oluşturularak normalize edilmiştir.

Tablo 1. Puanlama ölçeği (Saaty, 2004)

Önem Yoğunluğu	Tanım
1	Eşit Önem Durumu
2	Zayıf veya Biraz Daha Önemli
3	Orta Derecede Daha Önemli
4	Orta Dereceden Fazla Önemli
5	Güçlü Derecede Önemli
6	Güçlü Dereceden Daha Fazla Önemli
7	Çok Kuvvetli veya Kanıtlanmış Derecede Önemli
8	Çok Çok Güçlü Derecede Önemli
9	Aşırı Önem Durumu

İkili karşılaştırmalar tamamlandıktan sonra yargıların ne derece tutarlı olduğu kontrol edilmiştir. Tutarlılık Oranı hesaplanırken aşağıda belirtilen formül kullanılmıştır.

$$TO = Tİ / Rİ \quad (1)$$

Burada;

Tİ: Tutarlılık İndeksi,

Rİ: Rastgelelik İndeksi (Tablo 2).

Tutarlılık İndeksi aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır.

Tİ: $\lambda \max - n / n - 1$

Burada $\lambda \max$, karar matrisinin en büyük özvektörü olup, normalize edilmiş matrisler ile hesaplanmaktadır. ‘n’ değeri ise matrisin derecesini ifade etmektedir (Saaty, 2004, Alonso ve Lamata, 2006).

Tablo 2. AHP sürecinde kullanılan rastgelelik indeksi (Saaty, 2004, Alonso ve Lamata, 2006)

Matris Boyutu (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rastgele İndeks (Rİ)	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Literatürde tutarlılık oranı için üst limit olarak 0,10 esas alınmaktadır. Yukarıda belirtilen formül kullanılarak hesaplanan tutarlılık oranının 0,10 un altında kalması durumunda yargıların tutarlı olduğu kabul edilir. Bu oranın 0,10 üstüne çıkması halinde ise, yargıların kendi içinde tutarlı olmadığı sonucuna varılır (Palaz ve Kovancı, 2008). Bu çerçevede her bir matris için tutarlılık analizi yapılmıştır. Yapılan bu değerlendirmeler neticesinde hesaplanan nihai kriter ağırlıkları CBS tabanlı ArcGIS yazılımı kullanılarak analiz edilmiş ve havza özelinde hassasiyet haritaları oluşturulmuştur.

Koruma kuşaklarının belirlenmesine yönelik CBS tabanlı ArcGIS yazılımı ile “Smooth ve Gap” analizleri yapılarak havzalar için elde edilmiş hassasiyet haritaları tekrar değerlendirmiş ve mutlak, kısa mesafeli, orta mesafeli ve uzun mesafeli koruma alan sınırları belirlenmiştir. Ayrıca, belirlenen sınırların koruma – kullanma dengesi çerçevesinde uygulanabilirliği tartışılmıştır.

BULGULAR

İçme – kullanma suyu temin edilen Akyar ve Eğrekkaya Baraj Havzaları’nın koruma kuşakları belirlenirken kirletici taşınımını etkileyen parametreler; rezervuara mesafe, ana derelere mesafe, yükseklik, eğim, erozyon potansiyeli, arazi kullanımı ve hidrojeoloji olarak seçilmiştir. Daha sonra Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi kullanılarak her bir parametre önce

kendi içinde daha sonra birbiri arasında ağırlıklandırılmış ve çalışma alanının hassasiyet haritası oluşturulmuştur. Parametreler ağırlıklandırılırken esas alınan kriterler aşağıda özetlenmiştir.

Rezervuara mesafe

Baraj havzalarında yüksek risk barındıran ve öncelikli olarak korunması gereken alanların belirlenme sürecinde, “rezervuara mesafe” birincil olarak dikkate alınması gereken önemli bir kriter olarak değerlendirilmektedir. Her iki havzada da mevcut durumda yürürlükte olan “Kurtboğazı-Eğrekkaya-Akyar Baraj Havzaları Özel Hükümleri ve Koruma Planı”na göre, mesafeye dayalı koruma kuşakları kullanılmaktadır. Koruma kuşaklarının revizesi neticesinde oluşacak sosyal etkiyi minimize etmek adına; “Rezervuara Mesafe” kriteri için yapılan analizlerde doğrudan mevcut durumda kullanılan koruma kuşakları esas alınmıştır. Havza risk durumuna göre “mutlak (rezervuardan itibaren 300 m genişliğindeki alan), kısa (mutlak koruma alanından itibaren 700 m genişliğindeki alan), orta (kısa mesafeli koruma alanından itibaren 1000 m genişliğindeki alan) ve uzun mesafeli koruma alanı (orta mesafeli koruma alanından itibaren havza sınırına kadar olan alan)” olmak üzere 4 sınıfa ayrılmış olup rezervuara yaklaştıkça riskin arttığı kabul edilmiştir.

Ana derelere mesafe

Kirletici taşınımını etkileyen bir diğer parametre rezervuarı besleyen ana derelere mesafe olarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanında sürekli akışa sahip ana derelere yakın bölgeler yüksek risk barındıran alanlar olarak kabul edilmiştir. Havza ana derelere yakınlık açısından 7 sınıfa ayrılmıştır. Sınıf aralıkları; 0 – 50 m, 50 m – 150 m, 150 m – 300 m, 300 m – 700 m, 700 m – 1000 m, 1000 m – 1500 m ve 1500 m – havza sınırı olarak seçilmiştir. Ana derelerin yakınında aralıklar dar tutulmuş olup uzaklaştıkça kademeli olarak genişletilmiştir.

Yükseklik

Havzada düşük kotlarda bulunan kirletici unsurların yüksek kotlara nazaran daha kolay su kaynaklarına karışabileceği kabulünden yola çıkarak, havza yükseklik açısından 7 sınıfa ayrılmıştır. Sınıf aralıkları; 0 – 1250 m, 1250 m – 1350 m, 1350 m – 1450 m, 1450 m – 1550 m, 1550 m – 1650 m, 1650 m – 1750 m ve 1750 m – havza sınırı olarak seçilmiştir. 1250 m kotundan itibaren 1750 m’ye kadar her 100 m’de bir aralık atanmıştır.

Eğim

Havzada eğim yükseldikçe, özellikle çıplak arazilerde kirletici kaynakların yerçekimi etkisi ile düşük kotlarda yer alan su kaynaklarına karışma riski artmaktadır. Bu kapsamda, çalışma alanında yüksek eğime sahip alanların daha riskli olduğu kabul edilmiştir. Çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli kullanılarak eğim analizi yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda havza eğim durumuna göre 5 sınıfa ayrılmıştır. Sınıf aralıkları; 0 – 5o, 5o – 10o, 10o – 20o, 20o – 30o ve >30o olarak seçilmiştir.

Erozyon potansiyeli

Erozyon potansiyeli yüksek bölgelerde, gevşek malzemenin kirletici unsurlar ile birlikte su kaynaklarına taşınma riski bulunmaktadır. Bu kasamda, çalışma alanında erozyon potansiyeli yüksek olan bölgelerin daha riskli olduğu kabul edilmiştir. Havza koruma planı ve özel hüküm belirleme çalışmaları kapsamında ASKİ Genel Müdürlüğünce yapılan risk analizine ilişkin veriler kullanılarak, havza erozyon potansiyeli açısından; çok düşük risk, düşük risk, orta risk, yüksek risk ve çok yüksek risk olmak üzere 5 sınıfa ayrılmıştır.

Arazi örtüsü

Tarım ve Orman Bakanlığı Bilgi İşlem Dairesi'nden temin edilen CORINE-2018 verileri kullanılarak, her bir arazi örtüsü Analitik Hiyerarşi Prosesi ile ağırlıklandırılmıştır. Çalışma alanında arazi örtüsü Tarım Alanı, Seyrek Bitki Alanı, Doğal Çayırılık, Bitki Geçiş Alanı ve Orman Alanları olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yukarıda belirtilen alanlardan tarım alanları; pestisit, gübre vb. kullanımlar nedeniyle yüksek riskli alanlar olarak değerlendirilmiştir. Seyrek Bitki Alanı, Doğal Çayırılık ve Bitki Geçiş Alanları için ise, bitki örtüsünün yoğunluğu ile doğru orantılı olarak kirletici taşınımını engelleyecekleri kabulü ile ağırlık katsayıları hesaplanmıştır. Orman alanları ise, sahip oldukları ölü örtü tabakaları nedeniyle doğal bir filtre görevi görmeleri, taban akışını artırmaları ve ciddi anlamda kirletici taşınımını önlemeleri nedeniyle en güvenli bölgeler olarak değerlendirilmiştir.

Hidrojeolojik durum

Çalışma alanında yeraltısuyu açısından verimsiz volkanik birimlerin hâkim olup yeraltısuyu – yüzey suyu oldukça zayıftır. Bu nedenle geçirimsizlik azaldıkça yüzeye düşen suyun havzadaki kirletici kaynaklar ile birlikte yüzeyel akışa karışarak rezervuara daha kolay ulaşacağı kabul

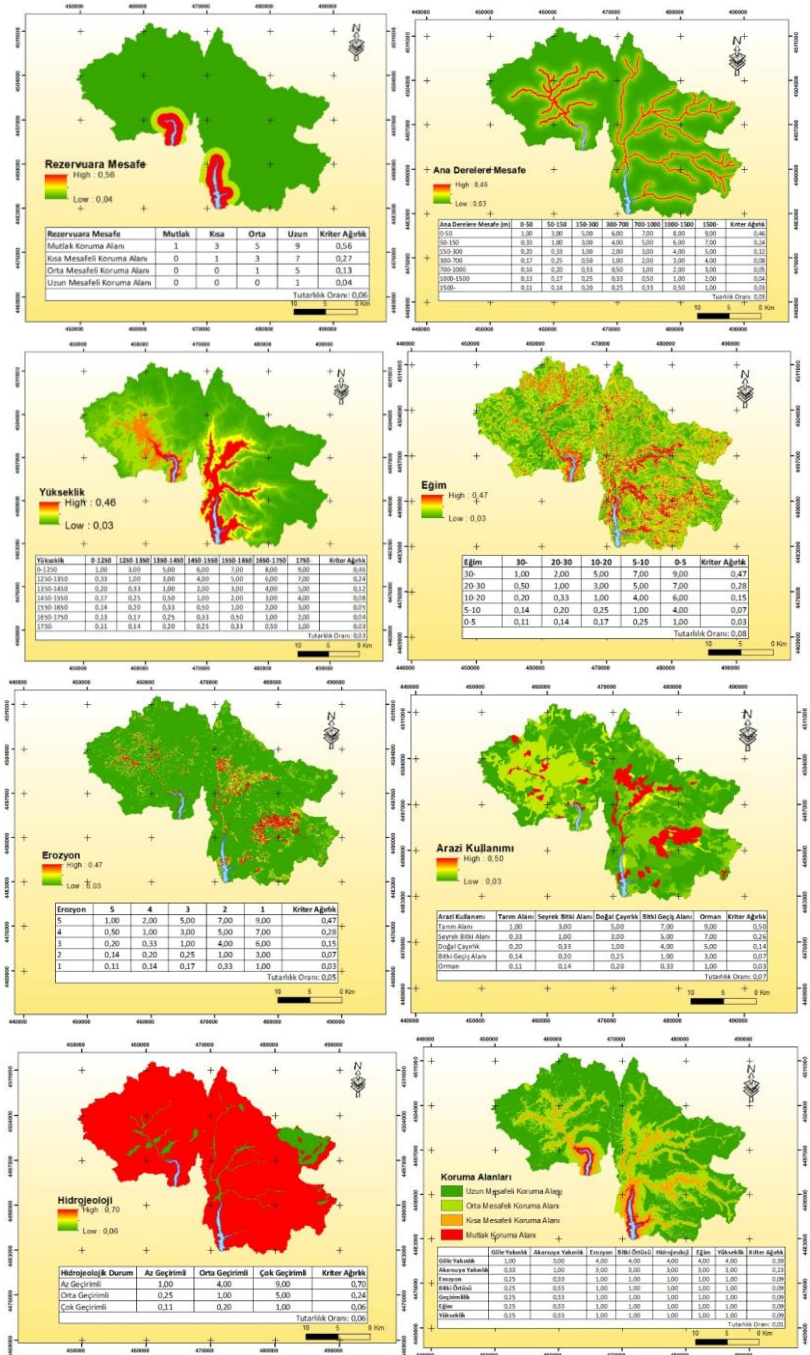
edilmiştir. Geçirimli olarak tanımlanan çökel/alüvyal birimlerden süzülen suyun ise, doğal bir filtreden geçtiği varsayılarak bu alanların daha güvenli olduğu kabul edilmiştir. Havza hidrojeolojik özelliklerine göre az geçirimli, orta geçirimli ve çok geçirimli olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır.

Yukarıda bahsi geçen her bir parametre için Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılarak sınıfların risk durumunu temsil eden ağırlık katsayıları hesaplanmıştır. Elde edilen ağırlık katsayıları için tutarlılık analizi yapılmıştır. Yapılan tutarlılık analizi sonucunda, hesaplanan ağırlık katsayılarının kendi içinde tutarlı olduğu görülmüş ve bu katsayılar kullanılarak CBS ortamında raster veriler üretilmiştir.

Raster verileri oluşturulan her bir parametre, Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılarak birbiri arasında kıyaslanmış ve önem derecelerine göre ağırlıklandırılmıştır. Mevcut uygulamalar, yasal düzenlemeler ve yapılan gözlemler değerlendirildiğinde, en öncelikli kriter olarak “Rezervuara Mesafe”; ikincil öncelikli kriter olarak ise, rezervuarı besleyen “Ana Derelere Mesafe” kabul edilmiştir. Mesafeden bağımsız havzanın herhangi bir yerinde bulunan kirletici faktörlerin su kaynağına ulaşmasını etkileyen diğer parametreler ise, kendi arasında eşit derece öneme sahip üçüncül öncelikli kriter olarak kabul edilmiştir. Yapılan kabuller doğrultusunda ağırlık katsayıları hesaplanmış ve bu katsayılar için tutarlılık analizi yapılmıştır. Bahse konu analize ilişkin kare matris ve raster veriler Şekil 2’de sunulmuştur.

Yapılan analizler neticesinde, çalışma alanındaki kirletici taşınımı açısından hassas bölgeler bir dağılım haritası şeklinde oluşturulmuştur. Ancak, bu haritanın doğrudan kullanılması durumunda, uygulama aşamasında ciddi karışıklıklar yaşanacağı öngörülmektedir. Bu hassasiyette bir dağılım haritasından elde edilen sonucun direkt olarak “Koşuma Kuşakları” şeklinde kabul edilmesi, özellikle parsel bazında ve / veya daha büyük ölçekli faaliyetlerin planlanmasını olanaksız kılacaktır. Bu nedenle, elde edilen hassasiyet haritası üzerinde CBS tabanlı ArcGIS yazılımı ile “Smooth ve Gap Analyz” yapılmış olup çok kritik olmayan bölgelerde ufak çaplı ihmalleri kapsayacak şekilde manuel müdahalelerde de bulunulmuştur.

Yapılan çalışmalar sonucunda Akyar Baraj Havzası için; mutlak koruma alanı 396 ha’da 423 ha’a, kısa mesafeli koruma alanı 941 ha’dan 1987 ha’a, orta mesafeli koruma alanı 1208 ha’dan 5375 ha’a çıkmış olup uzun mesafeli koruma alanı ise 22681 ha’dan 17425 ha’a düşmüştür. Eğrekkaya Baraj Havzası için; mutlak koruma alanı 623 ha’dan 757 ha’a, kısa mesafeli koruma alanı 1202 ha’dan 4005 ha’a, orta mesafeli koruma alanı 1732 ha’dan 10928 ha’a çıkmış olup uzun mesafeli koruma alanı 34351 ha’dan 22171 ha’a düşmüştür. Eğrekkaya ve Akyar Baraj Havzaları için oluşturulan koruma kuşaklarını gösteren harita Şekil 3’de verilmiştir (Türker 2023).



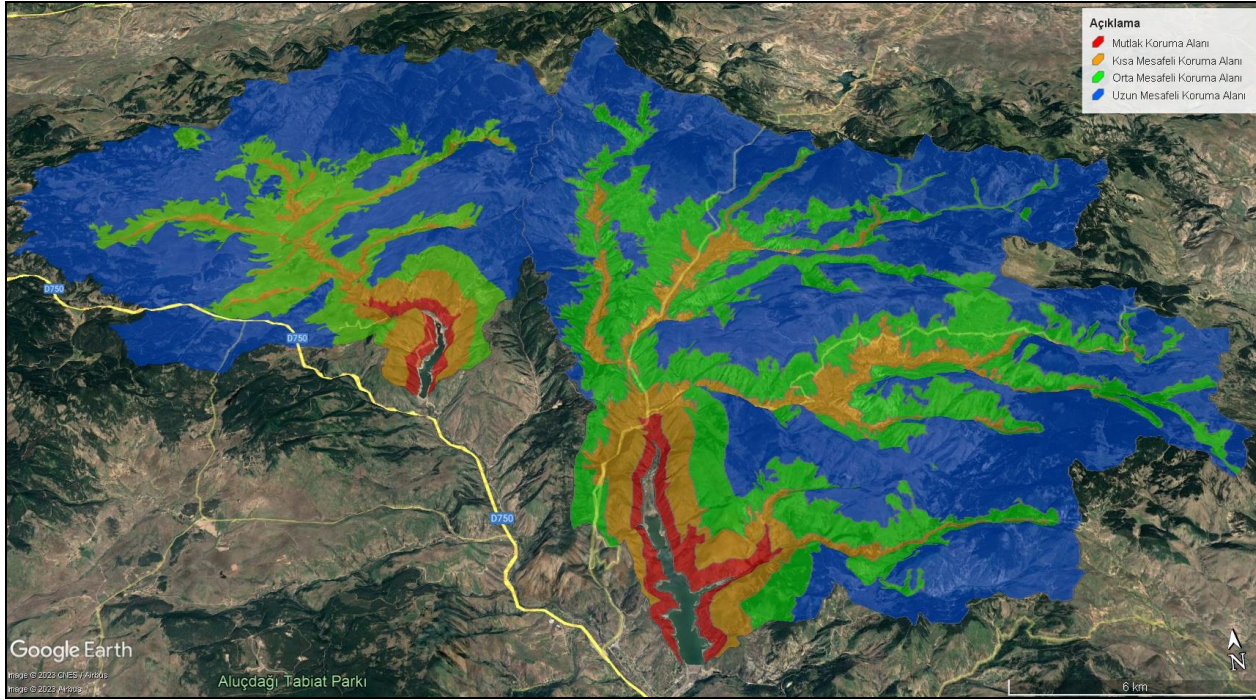
Şekil 2. Analizlere ilişkin tematik haritalar

SONUÇ

Yapılan analizler sonucunda, çalışma alanında en ciddi kısıtların uygulandığı mutlak ve kısa mesafeli koruma alanlarının büyüdüğü görülmektedir. Bu kapsamda, sürdürülebilir havza yönetiminin sağlanabilmesi için uygulama aşamasındaki en önemli paydaş olan yöre halkını mağdur etmeyecek şekilde koruma – kullanma dengesinin gözetilmesi gerekmektedir.

Eğrekkaya ve Akyar Havzaları'nda yer alan yerleşimlerin tamamı kırsal nitelikte olup yöre halkının başlıca geçim kaynağı tarım ve hayvancılıktır. Bununla birlikte, havzadaki en önemli baskı unsurlarının tarım ve hayvancılıktan gelen kirlilik yükleri olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla bu faaliyetler kontrol altına alınırken uygulanabilir ve gerçekçi politikalar geliştirilmelidir. Eğrekkaya ve Akyar Baraj Havzaları için hali hazırda uygulamada olan mevzuat incelendiğinde; mutlak koruma alanında yer alan mevcut tarım alanlarında yalnızca organik tarıma izin verildiği, kısa mesafeli koruma alanında ise organik tarımın mümkün olmadığı durumlarda iyi tarım uygulamalarına izin verildiği görülmektedir. Bununla birlikte, her iki koruma kuşağında da yeni tarım alanlarının açılmasına izin verilmemektedir. Orta ve uzun mesafeli koruma alanlarında ise, yeni tarım alanı açılmasına izin verilmekle birlikte iyi tarım uygulamaları zorunlu tutulmuştur.

Mevcut mevzuat çerçevesinde, hayvancılık faaliyetlerine mutlak ve kısa mesafeli koruma alanlarında yalnızca zati ihtiyaç kapsamında izin verilmekte, orta ve uzun mesafeli koruma alanlarında ise zati ihtiyacın yansırı belli bir kapasiteye kadar ticari amaçlı hayvancılık tesislerine de izin verilmektedir. Yukarıda yapılan kıyaslamalar göz önünde bulundurulduğunda, mutlak koruma alanının kısa mesafeli koruma alanına doğru büyümesi halinde; yöre halkı açısından mağduriyet oluşturacak yeni kısıtlamalar gündeme gelmeyecektir.



Şekil 3. Eğrekkaya ve Akyar Baraj göllerine ait koruma kuşakları

Orta ve uzun mesafeli koruma alanlarında ise tarım ve hayvancılık faaliyetleri için halihazırda aynı kısıtların uygulanması sebebiyle; orta mesafeli koruma alanının uzun mesafeli koruma alanına doğru genişlemesi durumunda yine yöre halkını etkileyecek ilave tedbirler söz konusu olmayacaktır. Koruma kuşaklarının revizesi halinde, kısa mesafeli koruma alanının büyümesi ile birlikte tarım ve hayvancılık faaliyetleri ile ilgili uygulanan kısıtlar daha geniş bir alanı kapsayacaktır. Ancak yapılan incelemeler sonucunda, kısa mesafeli koruma alanının genişlediği bölgeleri genellikle dik vadi yamaçlarının teşkil ettiği görülmekte olup bu alanların halihazırda tarım/hayvancılık (tesis) gibi faaliyetler için tercih edilen/uygun sahalar olmadığı bilinmektedir.

Sonuç olarak, oluşturulan yeni koruma kuşaklarının yöre halkının sosyal – ekonomik durumu açısından genel bir şekilde değerlendirildiğinde uygulanabilir olduğu düşünülmektedir. Ancak bu tarz bir çalışmanın mevzuata entegrasi durumunda, alanında uzman diğer meslek gruplarının da sürece dahil olması ve mevzuat maddelerinin bu çerçevede tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yapılmış yüksek lisans tez çalışmasının bir ürünüdür. Yazarlar, veri temini konusunda her türlü desteği sağlayan Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederler.

REFERANSLAR

- Alonso J., Lamata M.T., 2006. Consistency in the Analytic Hierarchy Process: A New Approach, International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 14 (4), 445 - 459. <https://doi.org/10.1142/S0218488506004114>
- ASKİ, 2021. Kurtboğazi – Eğrekkaya ve Akyar Baraj Havzalar için Havza Koruma Planı ve Özel Hüküm Belirleme Projesi, 2021, Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
- Saaty T., 2004. Decision Making - The Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). Journal .of Systems Science and Systems Engineering, (13), 1 - 35.
- Türker, A., 2023. Eğrekkaya ve Akyar (Ankara) Baraj Havzalarına Ait Karakteristik Özelliklerin Analizi ile Koruma Kuşaklarının Belirlenmesi. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.

Tarımda Yenilikçi Uygulamalar ve Karar Destek Sistemleri

Yusuf DİLAY¹
Adem ÖZKAN²

- 1- Doç. Dr.; Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
ydilay@kmu.edu.tr ORCID No: 0000-0002- 5365-5137.
- 2- Öğr. Gör.; Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu.
aozkan@kmu.edu.tr ORCID No:0000-0003-3043-0338.

ÖZET

Dünya nüfusunun 2050'ye kadar önemli ölçüde artması beklenirken, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü raporları, gıda üretiminin 2021 yılına göre önemli miktarda artırılması gerektiğini gösteriyor. Bu acil ihtiyaç, daha kaliteli, düşük maliyetli ve yüksek hacimli gıda üretimi zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu noktada, Endüstri 4.0 çözümlerinin tarım sektörüne entegrasyonu Tarım 4.0 devreye giriyor.

Tarım 4.0, akıllı ve hassas tarım uygulamalarını merkeze alıyor. Tarlalara yerleştirilen sensörler, toprağın asitliği, sıcaklığı, nem düzeyi ve topoğrafya gibi kritik verileri anlık olarak toplar. Dronlar ve uydu görüntüleri ise geniş alanların detaylı analizini mümkün kılar. Çiftçiler, akıllı telefonları üzerinden bitki ve hayvan varlıklarını uzaktan izleyebilir, iklim tahminlerine erişebilir ve ekim, sulama, hasat gibi süreçler hakkında veriye dayalı kararlar alabilirler. Bu teknolojiler sayesinde, bazı çalışmalarda verimde %1,75 artış, enerji maliyetlerinde düşüş ve su kullanımında %8'e varan azalma gibi somut faydalar olduğunu göstermektedir.

Tarım 4.0'ın kalbinde, büyük verilerin toplanması, analiz edilmesi ve karar destek sistemlerine dönüştürülmesi yatmaktadır. Sensörlerden gelen veriler, yapay zeka ve algoritmalarla işlenerek, çiftçilere optimize edilmiş ekim programları, gübreleme stratejileri veya hastalık uyarıları vermektedir. Bu, dış girdilere olan bağımlılığı azaltarak maliyetleri düşürmekte ve çiftçilere daha esnek, kendilerine özgü tarım stratejileri geliştirme imkanı tanımaktadır.

Ancak, bu dijitalleşme beraberinde önemli bir zorluğu da getirmektedir: Siber güvenlik. Tarım 4.0 sistemlerindeki IoT cihazları ve otomasyon ağları, veri ihlalleri, fidye yazılımı saldırıları ve operasyonel kesintiler gibi risklere açıktır. Bu saldırılar, çiftlik operasyonlarını durdurabilir, hassas verileri çalabilir veya gıda tedarik zincirinde aksaklıklara neden olabilir. Bu nedenle, ulusal ve uluslararası düzeyde regülasyonlar ve standartlar geliştirilmekte, cihaz güvenliği, veri şifreleme, kimlik doğrulama ve personel eğitimi gibi konular büyük önem taşımaktadır. Tarım 4.0'ın sunduğu tüm avantajlardan tam olarak yararlanabilmek için siber güvenlik, lüks olmaktan çıkıp temel bir gereklilik haline gelmiştir.

Anahtar Kelimeler – Tarım 4.0, Nesnelerin İnterneti (IoT), Hassas Tarım, Akıllı Tarım, Sensörler, Büyük Veri, Karar Destek Sistemleri.

GİRİŞ

Tarımsal Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yayımlanan raporlara göre, 2050 yılında beklenen dünya nüfus artışının gıda ihtiyacını karşılayabilmek adına 2021 yılına kıyasla küresel gıda üretiminde önemli bir artışın zorunlu olduğunu ortaya koymaktadır [1]. Nitelikli uygun

maliyetli ve artırılmış gıda üretimi gerekliliğini beraberinde getirmiştir. Söz konusu talebi karşılamak amacıyla devletler, çiftçiler ve tarım işletmeleri, başta Nesnelerin İnterneti (IoT) olmak üzere Endüstri 4.0 paradigmasının sunduğu çözümlere yönelmekte ve bu süreç, Tarım 4.0'ın gelişimini tetiklemektedir.

Tarımda teknolojik inovasyon, yeni bir kavram değildir. Yüzlerce yıl önce taşınabilir aletlerin yaygınlaşmasıyla başlayan bu süreç, sanayi devrimleriyle birlikte kimyasal gübreler, traktörler ve uydu görüntüleme gibi araçların tarımsal faaliyetlere entegrasyonu ile ivme kazanmıştır. Tarımın bir sonraki evrime geçişi ise Nesnelerin İnterneti Teknolojileri (IoT) ile gerçekleşmektedir. Akıllı tarım uygulamaları, çiftçiler arasında giderek yaygınlaşmakta olup, dronlar ve sensörler aracılığıyla yüksek teknoloji tarım uygulamaları hızla artmaktadır. Tarımdaki IoT uygulamalarının, önümüzdeki yıllarda çiftçilerin küresel gıda taleplerini karşılamasında kritik bir rol oynayacağı öngörülmektedir [2-5].

Günümüz çiftçileri, günlük işlerinde verimliliği artırmak amacıyla akıllı ve hassas tarım uygulamalarını benimsemeye başlamıştır. Bu uygulamalar kapsamında, tarım alanlarına yerleştirilen sensörler aracılığıyla; bölgedeki topoğrafya, kaynak dağılımı, toprak PH'sı ve sıcaklık gibi değişkenlere dair detaylı veriler elde edilebilmektedir. Ayrıca, iklim tahmin modellerine erişim sayesinde önümüzdeki dönemlere ait hava koşulları öngörülebilmektedir.

Çiftçiler, akıllı telefonları aracılığıyla bitki ve hayvan varlıklarını uzaktan takip edebilmekte, hayvan besleme ve üreme istatistiklerini derleyerek, gelecek planlaması yapma imkanına sahip olmaktadır. Toprak sıcaklığı değerlerinin anlık takibi, ekim, sulama ve hasat süreçleri hakkında daha verimli kararlar alınmasına imkan tanımaktadır. Yapılan bir araştırmaya göre, Endüstri 4.0 çözümlerinin entegrasyonu ile ortalama bir çiftlikte verimde %1,75 artış, dönüm başına enerji maliyetlerinde 7-13 dolar düşüş ve sulama suyu kullanımında %8'lik bir azalma gözlemlenmiştir [6].

Tarımda verimliliğin en üst düzeye çıkarılması için büyük verilerin (big data) toplanması ve analiz edilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Mekanizasyon, kimya ve biyoteknoloji gibi endüstriyel alanlarda yaşanan dönüşümlere benzer şekilde, tarım sektöründe de büyük değişimler yaşanmakta ve bu değişimler, Tarım 4.0 kavramını ortaya çıkarmaktadır. Tarım 4.0; çiftçilerin, danışmanların ve araştırmacıların dış girdilere olan bağımlılıklarını azaltarak ve maliyetlerini düşürerek daha esnek ve özgün tarım stratejileri geliştirmelerine yardımcı olma potansiyeli taşımaktadır. Tarım 4.0, farklı ihtiyaçları karşılamak üzere çeşitli uygulamaları bir araya getirme kapasitesine sahiptir.

Tarım 4.0'ın Sunduğu Başlıca Avantajlar

Tarım 4.0, modern tarım uygulamalarına getirdiği yeniliklerle çiftçilere ve genel olarak tarım sektörüne birçok önemli avantaj sunmaktadır [7]. Bu avantajlardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

- **Verimlilik Artışı:** Sensörler, dronlar ve büyük veri analizi sayesinde toprak koşulları, hava durumu ve bitki sağlığı gibi faktörler daha doğru bir şekilde izlenebilmektedir. Bu, doğru zamanda doğru müdahalelerin yapılmasını sağlayarak verimi artırabilmektedir. Bu teknolojilerle bir çiftlikte verim ortalama %1,75 oranında artabilmektedir [6].
- **Maliyet Azaltma:** Su, enerji, gübre ve ilaç gibi kaynakların daha verimli kullanılması, üretim maliyetlerini düşürmektedir. Örneğin, hedeflenmiş sulama sistemleri sayesinde, su tüketiminde %8'e varan düşüşler görülebiliyor [8]. Bu da çiftçilerin karlılığını doğrudan etkilemektedir.
- **Sürdürülebilirlik:** Kaynakların daha etkin yönetimi, çevresel ayak izini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Kimyasal kullanımının optimize edilmesi ve su israfının önüne geçilmesi, toprağın ve su kaynaklarının korunmasına katkılar sağlamakta, bu da uzun vadede daha sürdürülebilir bir tarım modelini desteklemektedir.
- **Risk Yönetimi:** İklim tahminleri ve anlık veri takibi sayesinde çiftçiler, olası risklere (kuraklık, aşırı yağış, hastalıklar vb.) karşı daha hazırlıklı olabilmektedirler. Bu sayede, ürün kayıpları en aza indirilecek ve tarımsal üretim süreçleri daha öngörülebilir hale gelecektir.
- **Karar Alma Süreçlerinin İyileşmesi:** Toplanan büyük verilerin çeşitli araçlarla yapılan karmaşık analizleri sayesinde, çiftçilerin ne ekeceği ne zaman sulama yapılacağı veya ne zaman hasat edileceği gibi konularda daha bilinçli kararlar almalarını sağlamaktadır [9]. Bu da hem zaman tasarrufu hem de daha verimli üretim döngüleri anlamına gelir.
- **Esneklik ve Özelleşme:** Tarım 4.0, her tarlanın veya her ürünün kendine özgü ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş stratejiler geliştirmesi imkanı sunabilir. Bu, tek tip yaklaşımlar yerine, her koşula uygun çözümler üretilmesine imkan tanır.

Bu avantajlar, tarım sektörünün geleceğini şekillendirerek, artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacını karşılamada kritik bir rol oynayacak. Tarım 4.0'ın yaygınlaşmasıyla birlikte, gıda üretimi hem nicelik hem de nitelik olarak daha ileri bir seviyeye taşınacaktır.

1. Hassas Tarım (Precision Agriculture)

Bu alan, Tarım 4.0'ın odağını oluşturuyor denilebilir. Hassas tarım; sensörler, GPS, dronlar ve uydu görüntüleri gibi teknolojilerle, tarlanın her

noktasını ayrı ayrı analiz ederek, o bölgeye özel müdahaleler yapmayı hedefler [10].

- **Toprak Analizi ve Haritalama:** Tarlanın farklı bölgelerindeki toprak yapısı, besin maddesi içeriği, pH değeri ve nem düzeyi detaylıca ölçülür ve haritalanır. Bu sayede, çiftçi gübreyi tarlanın ihtiyacı olan yerlere, gereken miktarda ve doğru zamanda uygulayarak hem maliyetten tasarruf eder hem de toprağın yapısını korur.
- **Değişken Oranlı Uygulamalar:** Toprak analizlerinden gelen verilerle, tohum ekimi, gübreleme ve ilaçlama gibi işlemler tarlanın farklı bölgelerinde farklı oranlarda yapılır. Örneğin, verimli bir alana daha az tohum, besin maddesi eksikliği olan bir alana daha fazla gübre verilebilir.
- **Verim Haritalama:** Hasat makineleri üzerindeki sensörler, tarlanın her noktasında elde edilen verimi kaydeder. Bu verim haritaları, çiftçilere tarlanın hangi bölgelerinin daha iyi, hangi bölgelerinin daha kötü performans gösterdiğini göstererek gelecek ekim sezonları için strateji geliştirmelerine yardımcı olur.

2. Akıllı Sulama Sistemleri

Su, tarımda en değerli kaynaklardan biri ve akıllı sulama sistemleri bu kaynağın optimum kullanımını sağlar.

- **Sensör Tabanlı Sulama:** Toprağa yerleştirilen nem sensörleri, toprağın su içeriğini sürekli olarak ölçer. Bu veriler anlık olarak bir merkezi sisteme iletilir ve bitkinin gerçek su ihtiyacına göre otomatik olarak sulama yapılır [10]. Böylece hem su israfı önlenir hem de bitkiler gereğinden fazla veya az sulanmamış olur [11].
- **Hava Durumu Entegrasyonu:** Akıllı sulama sistemleri, yerel hava durumu tahminleriyle entegre çalışır. Yağmur bekleniyorsa sulama ertelenebilir veya azaltılabilir, böylece gereksiz sulama yapılmaz.
- **Uzaktan Kontrol:** Çiftçiler, akıllı telefon veya bilgisayarları aracılığıyla sulama sistemlerini uzaktan açıp kapatabilir, programlayabilir veya ayarlarda değişiklik yapabilirler. Bu, özellikle büyük arazilerde veya birden fazla tarlası olan çiftçiler için büyük kolaylık sağlar.

3. Akıllı Hayvancılık (Smart Livestock Farming)

Tarım 4.0 sadece bitkisel üretimi değil, hayvancılığı da dönüştürüyor. Akıllı hayvancılık uygulamaları, hayvan sağlığını, refahını ve verimliliğini artırmayı hedefler.

- **Bireysel Hayvan Takibi:** Hayvanlara takılan sensörler (kulak küpeleri veya boyunluklar), hayvanların hareketlerini, vücut sıcaklıklarını, kalp atış hızlarını ve hatta sindirim aktivitelerini takip

edebilir. Bu veriler, olası bir hastalığı erken teşhis etmeye veya hayvanın kızgınlık dönemini belirlemeye yardımcı olur.

- **Otomatik Besleme Sistemleri:** Hayvanların yaşına, kilosuna ve verim durumuna göre özel olarak hazırlanan rasyonların, otomatik sistemler aracılığıyla belirlenen zamanlarda ve miktarlarda verilmesini sağlar. Bu, yem israfını önlerken hayvanların dengeli beslenmesini garanti eder.
- **Sağlık ve Refah İzlemesi:** Kameralar ve sensörler aracılığıyla hayvan davranışları sürekli izlenir. Anormal davranışlar (örneğin, topallama, hareketsizlik) tespit edildiğinde çiftçiye uyarı gönderilir. Bu sayede hayvanların sağlık sorunları hızlıca fark edilir ve müdahale edilir, refah seviyeleri artırılır [12].

Tarım 4.0'da Veri Yönetimi ve Karar Destek Sistemleri

Tarım 4.0'ın kalbinde yatan temel ilke, veriye dayalı karar alma yeteneğidir. Sensörlerden, dronlardan, uydulardan ve çeşitli makinelerden toplanan devasa boyutlardaki veriler, tek başlarına bir anlam ifade etmez. Bu verilerin toplanması, depolanması, işlenmesi ve anlamlı bilgilere dönüştürülmesi, Tarım 4.0'ın gerçek potansiyelini ortaya çıkarır. İşte bu noktada veri yönetimi ve karar destek sistemleri devreye girer.

Veri Yönetimi: Tarımsal Veri Hacmini Anlamlandırmak

Tarım 4.0 ile çiftliklerden gelen veri hacmi katlanarak artmıştır. Toprak nemi, sıcaklık, hava durumu, bitki büyüme evreleri, hayvan sağlığı verileri, makine performansı ve yakıt tüketimi gibi sayısız parametre sürekli olarak kaydedilir. Bu verilerin etkin bir şekilde yönetilmesi için şunlar gereklidir:

- **Veri Toplama ve Entegrasyon:** Farklı kaynaklardan gelen heterojen verilerin (sensörler, dronlar, manuel girişler vb.) tek bir platformda toplanması ve birbiriyle ilişkilendirilmesi esastır. Bu, çiftliğin genel bir resmini görmeyi sağlar.
- **Veri Depolama ve Güvenliği:** Büyük veri setlerinin güvenli ve erişilebilir bir şekilde depolanması kritik öneme sahiptir. Çoğunlukla bulut tabanlı sistemler kullanılırken, verinin gizliliği ve güvenliği (siber güvenlik yönü de burada devreye girer) büyük bir endişe kaynağıdır. Çiftçinin kendi verisi üzerindeki kontrolü, bu konudaki önemli tartışma başlıklarından biridir.
- **Veri Standardizasyonu:** Farklı cihaz ve platformlardan gelen verilerin ortak bir formatta olması, onların birbiriyle karşılaştırılabilir ve analiz edilebilir olmasını sağlar. Bu, sektör genelinde veri entegrasyonunu kolaylaştırır.

Karar Destek Sistemleri: Veriyi Bilgeliğe Dönüştürmek

Toplanan ve yönetilen ham verilerin çiftçinin işine yarar hale gelmesi, karar destek sistemleri (KDS) sayesinde olur. KDS'ler, karmaşık algoritmalar ve yapay zeka (YZ) modelleri kullanarak verileri analiz eder ve çiftçilere eyleme geçirilebilir öneriler sunar [13].

- **Optimizasyon ve Tahmin:** KDS'ler, geçmiş verilere ve mevcut koşullara dayanarak gelecek tahminleri yapabilir. Örneğin, en uygun ekim zamanı, sulama programı, gübreleme miktarı veya hastalık riski gibi konularda öneriler sunar. Bu, kaynak kullanımını optimize eder ve riski azaltır.
- **Anormal Durum Tespiti:** Sensörlerden gelen verilerdeki ani değişiklikleri (örneğin, toprak nemindeki düşüş, hayvan vücut sıcaklığındaki artış) algılayarak çiftçiye uyarır. Bu sayede olası sorunlara (kuraklık, hastalık başlangıcı) erken müdahale şansı doğar.
- **Modelleme ve Simülasyon:** KDS'ler, farklı senaryoların (örneğin, belirli bir gübreleme stratejisinin verime etkisi) simülasyonunu yaparak, çiftçinin en iyi stratejiyi seçmesine yardımcı olabilir. Bu, deneme yanılma maliyetlerini ortadan kaldırır.
- **Entegrasyon ve Görselleştirme:** Çoğu KDS, verileri kolay anlaşılır grafikler, haritalar ve özet raporlar halinde sunarak çiftçinin karmaşık bilgilere hızlıca hakim olmasını sağlar. Mobil uygulamalar ve kullanıcı dostu arayüzler, çiftçilerin bilgilere her yerden erişimini kolaylaştırır.

Özetle, Tarım 4.0'ın sağladığı tüm o teknolojik yetenekler, ancak doğru veri yönetimi ve güçlü karar destek sistemleriyle birleştiğinde gerçek bir faydaya dönüşebilir. Bu sistemler, çiftçinin daha akıllı, daha verimli ve daha sürdürülebilir kararlar almasının anahtarıdır.

Tarım 4.0'ın getirdiği tüm bu avantajların yanında, özellikle siber güvenlik, üzerinde ciddiyle durulması gereken kritik bir konudur. Bağlantılı cihazların ve veri akışının artmasıyla birlikte, tarım sektörü de siber saldırıların için potansiyel bir hedef haline gelmektedir.

Tarım 4.0 ve Siber Güvenlik Riskleri

Geleneksel tarım yöntemlerine kıyasla, Tarım 4.0'da kullanılan Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazları, otomasyon sistemleri ve bulut tabanlı platformlar, yeni siber güvenlik risklerini beraberinde getirir. Bu riskler hem operasyonel sürekliliği hem de gıda tedarik zincirini tehdit edebilir [14].

Potansiyel Siber Güvenlik Tehditleri

1. **Veri İhlalleri ve Gizlilik Kaybı:** Tarım 4.0 sistemleri, toprak verilerinden mahsul verimliliğine, hayvan sağlığı kayıtlarından finansal bilgilere kadar hassas ve değerli veriler toplar. Bu verilerin çalınması, kötüye kullanılması veya değiştirilmesi, çiftçilere finansal zarar verebilir ve rekabet avantajını kaybetmelerine neden olabilir. Ayrıca, çiftçilerin kişisel verilerinin ve ticari sırlarının gizliliği de önemli bir endişe kaynağıdır.
2. **Operasyonel Kesintiler ve Verim Kaybı:** Bir siber saldırı, otomatik sulama sistemlerini, akıllı traktörleri veya sensör ağlarını devre dışı bırakabilir. Bu tür bir kesinti, ekim, sulama veya hasat

gibi kritik tarım süreçlerini aksatarak büyük verim kayıplarına ve dolayısıyla ekonomik zararlara yol açabilir. Örneğin, bir sulama sistemine yapılan saldırı, mahsullerin kurumasına neden olabilir.

3. **Fidye Yazılımı (Ransomware) Saldırıları:** Siber suçlular, tarım işletmelerinin sistemlerini kilitleyerek veri veya operasyonel erişim karşılığında fidye talep edebilirler. Bu tür saldırılar, çiftçileri zor durumda bırakarak ya büyük ödemeler yapmaya ya da tüm sistemlerini sıfırdan kurmak zorunda kalmaya itebilir.
4. **Tedarik Zinciri Zafiyetleri:** Tarım sektörü, tohum tedarikçilerinden perakendecilere kadar karmaşık bir tedarik zincirine sahiptir. Bir zincir halkasındaki siber zafiyet, tüm zinciri etkileyebilir ve gıda güvenliğine yönelik geniş çaplı tehditler oluşturabilir.
5. **Cihaz Güvenliği Zafiyetleri:** Tarım 4.0'daki birçok IoT cihazı (sensörler, dronlar vb.) sınırlı işlem gücüne ve güvenlik özelliklerine sahip olabilir. Bu durum, onları siber saldırılara karşı daha savunmasız hale getirir ve kötü niyetli aktörlerin bu cihazlar üzerinden ağa sızmasına olanak tanıyabilir.

Korunma ve Önleyici Tedbirler

Tarım 4.0'ın siber güvenlik risklerini azaltmak için kapsamlı ve çok katmanlı bir yaklaşım benimsenmelidir:

- **Güvenli Tasarım ve Geliştirme:** Tarım teknolojileri üreticileri, ürünlerini baştan itibaren güvenlik açıkları düşünülerek tasarlamalıdır.
- **Düzenli Yazılım Güncellemeleri:** Tüm IoT cihazları ve yazılımları, bilinen güvenlik açıklarını kapatmak için düzenli olarak güncellenmelidir.
- **Güçlü Kimlik Doğrulama ve Erişim Kontrolü:** Parola politikaları güçlendirilmeli, çok faktörlü kimlik doğrulama (MFA) kullanılmalı ve her kullanıcının sadece ihtiyacı olan verilere ve sistemlere erişimi olmalıdır.
- **Veri Şifreleme:** Hassas veriler hem depolanırken hem de iletilirken şifrelenmelidir.
- **Ağ Segmentasyonu:** Kritik tarım sistemleri, diğer ağlardan izole edilerek siber saldırıların yayılması engellenebilir.
- **Personel Eğitimi:** Çiftçiler ve tarım çalışanları, siber güvenlik tehditleri ve en iyi uygulamalar konusunda bilinçlendirilmelidir (örneğin, oltalama saldırılarına karşı dikkatli olmak).
- **Yedekleme ve Kurtarma Planları:** Siber saldırı veya veri kaybı durumunda hızlı bir şekilde operasyonlara geri dönmek için düzenli veri yedeklemeleri yapılmalı ve acil durum kurtarma planları oluşturulmalıdır.

- **Tehdit İzleme ve Siber İstihbarat:** Olası tehditleri erken tespit etmek ve bunlara karşı önlem almak için sürekli izleme ve siber istihbarat raporlarından yararlanmak önemlidir.

Tarım 4.0'ın sunduğu fırsatları tam olarak değerlendirebilmek için siber güvenlik, lüks olmaktan çıkıp temel bir gereklilik haline gelmiştir. Bu alandaki yatırımlar, çiftçilerin ve gıda tedarik zincirinin direncini artırmak açısından kritik öneme sahiptir [15].

Tarım 4.0'da Siber Güvenlik Regülasyonları ve Standartları

Tarım 4.0'ın siber güvenlik alanındaki regülasyon ve standartlar henüz tam olarak olgunlaşmış olmasa da diğer kritik altyapı sektörlerindeki gelişmelerden ve genel veri koruma yasalarından önemli ölçüde etkileniyor. Bu alandaki temel amaç, bağlantılı tarım sistemlerinin güvenliğini sağlamak, veri gizliliğini korumak ve olası siber saldırıların önüne geçmektir.

Mevcut Durum ve Temel Zorluklar

1. **Sektör Spesifik Regülasyon Eksikliği:** Tarım sektörü için doğrudan "Tarım Siber Güvenlik Yasası" gibi kapsamlı bir regülasyon henüz dünya genelinde yaygın değil. Ancak, kritik altyapı olarak kabul edilen diğer sektörler için geliştirilen standartlar (enerji, su, ulaşım vb.) tarım sektörüne de uyarlanmaya çalışılıyor.
2. **Veri Gizliliği ve Sahipliği:** Çiftliklerden toplanan verilerin kime ait olduğu (çiftçi mi, teknoloji sağlayıcısı mı?), nasıl depolanacağı ve kimlerle paylaşılacağı konuları yasal ve etik tartışmaları beraberinde getiriyor. Çeşitli kişisel veri koruma yasaları, bu tür veri akışlarını kısmen düzenlese de tarımsal verinin kendine özgü doğası ek düzenlemeler gerektirebilir.
3. **IoT Cihazlarının Güvenliği:** Tarım 4.0'da kullanılan binlerce farklı IoT cihazı bulunuyor ve bunların her birinin güvenlik seviyesi farklılık gösterebiliyor. Ortak güvenlik standartları olmaması, bu cihazları siber saldırılara karşı savunmasız bırakabiliyor. Üreticiler için belirlenecek minimum güvenlik gereklilikleri önem taşıyor.
4. **Uluslararası Uyumsuzluk:** Farklı ülkelerin farklı siber güvenlik yaklaşımları ve yasal çerçeveleri olması, küresel tarım tedarik zinciri ve teknoloji sağlayıcıları için uyum zorlukları yaratabilmektedir.

Gelişen Standartlar ve Çözüm Yaklaşımları

Bu zorluklara rağmen, çeşitli ulusal ve uluslararası kuruluşlar, tarım sektöründeki siber güvenlik açıklarını kapatmak için çalışmalar yürütülmektedir:

1. **Endüstriyel Kontrol Sistemleri (ICS) Güvenliği Standartları:** Tarım 4.0'daki otomasyon ve kontrol sistemleri, enerji santralleri veya üretim tesislerindeki ICS/SCADA (Endüstriyel Kontrol Sistemleri/Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama) sistemleriyle

- benzerlik gösterir. Bu alandaki IEC 62443 gibi uluslararası standartlar, endüstriyel otomasyon ve kontrol sistemleri için güvenlik gereksinimlerini belirler ve tarım sektörüne de uygulanabilir [16].
2. **Ulusal Siber Güvenlik Çerçeveleri:** Birçok ülke, kritik altyapıları için ulusal siber güvenlik çerçeveleri oluşturmuştur. Örneğin, ABD'deki NIST (Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü) Siber Güvenlik Çerçevesi, risk yönetimi ve siber saldırılara karşı direnç oluşturma konusunda genel bir rehber sunar. Tarım sektörü de bu çerçevelere entegre edilmeye çalışılmaktadır [17].
 3. **Tarım Sektörü Odaklı Kılavuzlar:** Bazı tarım birlikleri veya teknoloji konsorsiyumları, özellikle çiftçileri ve teknoloji sağlayıcılarını hedefleyen en iyi uygulama kılavuzları yayımlıyor. Bu kılavuzlar, siber hijyen, veri koruma ve sistem güvenliği konularında pratik öneriler sunar.
 4. **Veri Paylaşım Protokolleri ve Güven Modelleri:** Tarımsal verinin farklı platformlar arasında güvenli bir şekilde paylaşılabilmesi için güvenli veri paylaşım protokolleri ve veri sahipliği/izni modelleri geliştirilmeye çalışılıyor. Blockchain teknolojisi gibi çözümler, verinin değiştirilemezliğini ve izlenebilirliğini sağlayarak güveni artırma potansiyeli taşıyor [18].
 5. **Sigorta ve Risk Transferi:** Siber risklerin artmasıyla birlikte, tarım işletmeleri için siber sigorta ürünleri de gelişmeye başlıyor. Bu, siber saldırıların neden olabileceği finansal zararları hafifletmeye yardımcı olabilir [19].

Özetle, Tarım 4.0'ın siber güvenlik alanındaki regülasyon ve standartlar, hızla gelişen bir alan. Küresel iş birliği, teknoloji sağlayıcılarının sorumluluğu ve çiftçilerin bilinçlendirilmesi, bu alandaki riskleri yönetmek için hayati öneme sahip. Amacımız, gıda üretimini daha verimli hale getirirken, aynı zamanda bu sistemlerin güvenliğini ve direncini de garanti altına almaktır.

SONUÇ

Tarım 4.0, artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacını karşılama zorunluluğuna bir yanıt olarak ortaya çıkmıştır. Nesnelerin İnterneti, sensörler, dronlar ve yapay zeka destekli karar destek sistemleri gibi teknolojilerin entegrasyonu, tarımsal üretimde verimlilik artışı, maliyet düşüşleri ve sürdürülebilirlik hedeflenmektedir. Bu akıllı uygulamalar, toprak analizinden sulama optimizasyonuna, hayvan takibinden verim haritalamaya kadar geniş bir yelpazede çiftçilere somut faydalar sunmaktadır.

Ancak, Tarım 4.0'ın sunduğu bu devrim niteliğindeki fırsatlar, beraberinde ciddi siber güvenlik risklerini de getirmektedir. Bağlantılı sistemlerin artmasıyla birlikte, veri ihlalleri, fidye yazılımları ve operasyonel kesintiler gibi tehditler, tarımsal üretimin sürekliliğini ve gıda tedarik zincirinin güvenliğini tehlikeye atma potansiyeli taşımaktadır [15]. Bu nedenle, ulusal ve uluslararası düzeyde regülasyonlar ve standartlar geliştirilmesi, güvenli teknoloji tasarımı, sürekli güncellemeler ve personel eğitimi hayati önem taşımaktadır.

Tarım 4.0, geleceğin gıda güvenliğini sağlamak için kaçınılmaz bir dönüşümdür. Bu dönüşümün başarıyla tamamlanması, yalnızca teknolojik ilerlemeye değil, aynı zamanda bu teknolojilerin güvenli, etik ve sürdürülebilir bir şekilde benimsenmesine bağlıdır. Siber güvenlik risklerinin etkin yönetimi, Tarım 4.0'ın tam potansiyelini gerçekleştirmesi ve küresel gıda sistemlerinin dirençliliğini artırması için kritik bir adımdır.

REFERANSLAR

- [1] Anonim, (2021). Sürdürülebilir Gıda Sistemleri Ülke Raporu Türkiye. <https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Belgeler/Uluslararası%C4%B1%20Kurulu%C5%9Flar/Su%CC%88rdü%CC%88ru%CC%88lebilir%20G%C4%B1da%20Sistemleri%20U%CC%88lke%20Raporu%20-%20T%C3%BCrkiye%202021.pdf> adresinden 01.08.2025 tarihinde erişildi.
- [2] Wang, N., Zhang, N., Wang, M. (2006). Wireless sensors in agriculture and food industry—Recent development and future perspective. *Computers and electronics in agriculture*, 50(1), 1-14.
- [3] Soy, H. (2023). Coverage analysis of LoRa and NB-IoT technologies on LPWAN-based agricultural vehicle tracking application. *Sensors*, 23(21), 8859.
- [4] Soy, H., Dilay, Y. (2021). A conceptual design of LoRa based weather monitoring system for smart farming. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (28), 906-910.
- [5] Isak, A. M., Özkan, A. O., Siyad, A. A. (2024, January). Analyzing the Economic Viability and Design of Solar-Powered Water Pumps for Farming Irrigation: Case Study Conducted in Somalia. In *International Conference on Forthcoming Networks and Sustainability in the A IoT Era* (pp. 1-13). Cham: Springer Nature Switzerland.
- [6] Pearson, S., Camacho-Villa, T. C., Valluru, R., Gaju, O., Rai, M. C., Gould, I., Sklar, E. (2022). Robotics and autonomous systems for net zero agriculture. *Current Robotics Reports*, 3(2), 57-64.
- [7] Wark, T., Corke, P., Sikka, P., Klingbeil, L., Guo, Y., Crossman, C., Bishop-Hurley, G. (2007). Transforming agriculture through pervasive wireless sensor networks. *IEEE Pervasive Computing*, 6(2), 50-57.

- [8] Yıldırım, D. (2024). Etkin Su Tüketimi. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bitkisel Üretim ve Bitki Sağlığı (BÜBS) 2024 yılı 2. Bölge Grup Toplantısı.
- [9] Saiz-Rubio, V., & Rovira-Más, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy*, 10(2), 207.
- [10] Anonim, (2009). OECD Smart Sensor Networks: *Technologies and Applications for Green Growth Report*.
- [11] Soy, H., Dilay, Y., Koçer, S. (2017). A LoRa-based Low Power Wide Area Network Application for Agricultural Weather Monitoring. *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 6(71).
- [12] Lamanna, M., Bovo, M., Cavallini, D. (2025). Wearable collar technologies for dairy cows: A systematized review of the current applications and future innovations in precision livestock farming. *Animals: An Open Access Journal from MDPI*, 15(3), 458.
- [13] Sahu, A., Acharya, B., Sahoo, P. S. (2025). Agricultural farming decision support system using artificial intelligence: A comparative analysis. In *Optimizing Smart and Sustainable Agriculture for Sustainability* (pp. 212-236). CRC Press.
- [14] Halder, S., Islam, M. R., Mamun, Q., Mahboubi, A., Walsh, P., Islam, M. Z. (2025). A comprehensive survey on AI-enabled secure social industrial internet of things in the Agri-food supply chain. *Smart Agricultural Technology*, 100902.
- [15] Singh, B., Cheema, S. S. (2024). Cybersecurity Threats and Mitigation Strategies in Agriculture 4.0 And 5.0: Challenges and Solutions in the Digital Transformation of Agriculture. *Journal Punjab Academy of Sciences*, 24, 15-32.
- [16] Kristen, E., Kloibhofer, R., Díaz, V. H., Castillejo, P. (2021). Security assessment of agriculture IoT (A IoT) applications. *Applied Sciences*, 11(13), 5841.
- [17] Pemmasani, P. K. (2023). National Cybersecurity Frameworks for Critical Infrastructure: Lessons from Governmental Cyber Resilience Initiatives. *International Journal of Acta Informatica*, 2(1), 209-218.
- [18] Hossain, M. I., Steigner, T., Hussain, M. I., Akther, A. (2024). Enhancing data integrity and traceability in industry cyber physical systems (ICPS) through Blockchain technology: A comprehensive approach. *arXiv preprint arXiv:2405.04837*.
- [19] Sitnicki, M. W., Prykaziuk, N., Ludmila, H., Pimenowa, O., Imbrea, F., Şmuleac, L., Paşcalău, R. (2024). Regional perspective of using cyber insurance as a tool for protection of agriculture 4.0. *Agriculture*, 14(2), 320.

Baharat Bitkilerinin Yetiştiriciliği Ve Türkiye’de Yetiştirilen Bazı Baharat Bitkilerinin Durumu

Esra Nermin ERTEKİN¹
Musa TÜRKMEN²

- 1- Ziraat Yük. Müh.; Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. Nermin.kucukors@hotmail.com ORCID No: 0000-0002-5397-2239
- 2- Doç. Dr.; Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü. turkmenmusa@hotmail.com ORCID No: 0000-0001-9914-9523

ÖZET

Baharat bitkileri, hem gıda hem de sağlık alanında önemli rol oynayan tarımsal ürünlerdir. Türkiye, sahip olduğu farklı iklimler ve verimli toprak yapısı ile baharat bitkilerinin yetiştirilmesi açısından dünyada avantajlı bir konuma sahiptir. Ülkemizde özellikle kekik, nane, kimyon, anason, rezene, kişniş, kırmızı biber ve safran gibi baharatlar yaygın olarak yetiştirilmektedir. Türkiye, dünya kekik üretiminde lider konumda olup, aynı zamanda safran ve nane üretiminde de önemli bir yere sahiptir. Baharat bitkilerinin yetiştiriciliği, düşük maliyetli ve katma değeri yüksek üretim imkânı sunarak kırsal kalkınmaya katkı sağlar. Ancak, üretimdeki dalgalanmalar, pazarlama zorlukları, küçük ölçekli işletmelerin verimlilik sorunları ve küresel rekabet, bu potansiyelin tam olarak değerlendirilmesini engellemektedir. Modern tarım tekniklerinin benimsenmesi, kalite standartlarının geliştirilmesi, organik üretim ve kooperatifleşme ile Türkiye, dünya baharat pazarında daha güçlü bir yer edinmeyi hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler – Baharat Bitkileri, Türkiye, Kekik Üretimi, İhracat Potansiyeli, Kırsal Kalkınma.

GİRİŞ

Baharat bitkileri, insanlık tarihi boyunca hem gıda hem de sağlık alanında kullanılan, kültürel ve ekonomik açıdan büyük öneme sahip tarımsal ürünlerdir. Bu bitkiler, gıdalara kazandırdıkları aroma, tat ve koku özelliklerinin yanı sıra, içeriklerinde bulunan biyoaktif bileşikler sayesinde sağlık üzerinde olumlu etkiler yaratmalarıyla da dikkat çekmektedir. Tarihsel süreç içerisinde baharatlar, yalnızca yemeklere lezzet katmakla kalmamış; aynı zamanda ticaret yollarının oluşmasında, medeniyetler arası kültürel etkileşimde ve ekonomik ilişkilerin şekillenmesinde de kilit rol oynamıştır. Bu nedenle baharat bitkilerinin yetiştiriciliği, günümüzde sadece tarımsal bir faaliyet olarak değil, aynı zamanda ekonomik kalkınma, ihracat potansiyeli ve sürdürülebilir tarım açısından stratejik bir konu olarak değerlendirilmektedir (Arslan ve ark., 2015).

Baharat, bitkilerin kök, gövde, yaprak, çiçek, tohum ya da kabuk gibi farklı kısımlarının kurutularak veya taze halde gıdalara tat, koku ve renk vermek amacıyla kullanılmasıyla elde edilen ürünler olarak tanımlanır. Bu bitkilerin çoğu aynı zamanda tıbbi özellikler taşıyan aromatik bitkilerdir. İçeriklerindeki uçucu yağlar, alkaloidler, fenolik bileşikler ve flavonoidler, baharatlara karakteristik özelliklerini kazandırırken, aynı zamanda antioksidan, antimikrobiyal ve sindirim sistemini düzenleyici etkiler de sağlamaktadır (Göktaş ve Gıdık, 2019).

Dünya genelinde baharatların kullanımı yalnızca mutfak kültürüyle sınırlı değildir. Farmasötik, kozmetik, gıda sanayi, parfümeri ve doğal

koruyucu üretimi gibi pek çok alanda baharat bitkileri yaygın olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla baharat bitkilerinin üretim potansiyeli, bir ülkenin hem iç pazar ihtiyaçlarını karşılaması hem de dış ticarete rekabet gücü elde etmesi bakımından stratejik bir avantaj sağlamaktadır (Bolouri ve ark., 2022).

Baharatların tarihçesi, tarım tarihi kadar eski köklere sahiptir. Antik çağlarda Mezopotamya, Mısır, Çin ve Hindistan gibi medeniyetler, baharat bitkilerini hem beslenmede hem de dini ritüellerde yaygın olarak kullanmışlardır. Örneğin Mısır'da ölümlerin mumyalanmasında tarçın ve mür kullanılmış, Hindistan'da zerdeçal hem yemeklerde hem de geleneksel tıpta önemli bir yere sahip olmuştur.

Orta Çağ'da ise baharatlar, özellikle İpek Yolu ve Baharat Yolu üzerinden Avrupa'ya taşınmış ve değerleri altınla yarışır seviyelere ulaşmıştır. Karabiber, tarçın, karanfil ve muskat gibi baharatlar, ticaretin en kıymetli ürünleri arasına girmiş, bu da yeni ticaret yollarının keşfini hızlandırmıştır. Kristof Kolomb'un Amerika kıtasına ulaşmasında dahi baharatların itici bir güç olduğu bilinmektedir.

Türkiye, tarih boyunca Doğu ile Batı arasında köprü görevi görmüş, bu nedenle baharat ticaretinde önemli bir merkez konumunda olmuştur. Osmanlı döneminde İstanbul, Baharat Yolu'nun en önemli duraklarından biri haline gelmiş, farklı coğrafyalardan gelen baharatlar buradan Avrupa'ya dağıtılmıştır.

Türkiye, farklı iklim ve ekolojik koşulların bir arada bulunması sayesinde baharat bitkilerinin çeşitlilikle yetiştirilebildiği ender ülkelerden biridir. Akdeniz, Ege, Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri, kendine özgü iklim özellikleri ve toprak yapıları sayesinde birçok baharat bitkisinin yetiştirilmesine elverişlidir. Kekik, nane, kimyon, anason, rezene, kişniş, kırmızı biber ve safran, Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen ve iç ve dış pazarda önemli talep gören baharat türleri arasında yer almaktadır.

Türkiye, kekik üretiminde dünya lideri konumunda olup, özellikle Ege Bölgesi bu üretimde öne çıkmaktadır. Benzer şekilde, nane ve kimyon üretimi de hem iç tüketim hem de ihracat açısından stratejik öneme sahiptir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, kırmızı biber üretiminde Türkiye'nin en önemli merkezlerinden biri olup, Şanlıurfa ve Gaziantep gibi iller bu alanda öne çıkmaktadır.

Safran ise nadir yetiştirilen, yüksek ekonomik değere sahip bir baharat olup, Karabük'ün Safranbolu ilçesiyle özdeşleşmiştir. Dünyanın en pahalı baharatı olarak bilinen safran, küçük üretim alanlarına rağmen ihracat potansiyeli yüksek bir üründür.

Baharat bitkilerinin yetiştiriciliği, kırsal kalkınmaya katkı sağlayan önemli bir tarımsal faaliyettir. Küçük aile işletmeleri için düşük maliyetli, katma değeri yüksek bir üretim imkânı sunar. Ayrıca baharat bitkileri, çoğu zaman kuru olarak değerlendirildiği için depolama ve nakliye açısından da avantajlıdır. Türkiye'nin ihracatında baharat bitkileri önemli bir paya sahip

olup, özellikle kekik, defne yaprağı, nane ve kırmızı biber uluslararası pazarda rekabet gücü yüksek ürünlerdir.

Baharat bitkilerinin yetiştiriciliği aynı zamanda kültürel açıdan da önemlidir. Türk mutfak kültürü, baharatlarla güçlü bir bağ kurmuştur. Yemeklerde kullanılan kırmızı biber, nane, kekik ve kimyon gibi baharatlar, Türk yemeklerinin karakteristik tat profillerini oluşturmaktadır. Bu yönüyle baharat bitkileri, yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda kültürel mirasın da bir parçasıdır.

Baharat bitkilerinin yetiştiriciliği, ekolojik koşullara son derece duyarlıdır. İklim, toprak özellikleri, sulama imkânları, ekim nöbeti ve bakım işlemleri, ürünün verim ve kalitesini doğrudan etkilemektedir. Örneğin, kekik ve adaçayı gibi Akdeniz kökenli türler sıcak ve kuru iklimlerde daha yüksek verim verirken; nane gibi türler daha serin ve nemli ortamlarda gelişmektedir.

Ayrıca, baharat bitkilerinde uçucu yağ oranı, hasat zamanı ve yöntemleriyle yakından ilişkilidir. Uçucu yağların en yüksek seviyede olduğu dönemde yapılan hasat, ürünün ticari değerini artırmaktadır. Bu nedenle, baharat bitkilerinde uygun tarımsal uygulamaların belirlenmesi, kalite standardizasyonu açısından kritik öneme sahiptir.

Türkiye’de baharat bitkilerinin büyük bir kısmı geleneksel yöntemlerle yetiştirilmekte, ancak son yıllarda modern tarım tekniklerinin devreye girmesiyle birlikte verimlilik ve kalite artışı sağlanmaktadır. Organik tarım uygulamaları da baharat bitkilerinde giderek yaygınlaşmakta ve uluslararası pazarlarda daha yüksek katma değer elde edilmesine imkân tanımaktadır.

Son yıllarda baharat bitkileri üzerine yapılan araştırmalar, bu bitkilerin tarımsal, tıbbi ve endüstriyel önemini daha da ortaya koymuştur. Özellikle uçucu yağ bileşenlerinin tanımlanması, genetik çeşitliliğin korunması ve iklim değişikliğine karşı dayanıklı türlerin geliştirilmesi gibi konular ön plandadır.

Sürdürülebilir tarım açısından bakıldığında, baharat bitkileri çoğu zaman düşük su ve gübre ihtiyacıyla dikkat çekmektedir. Bu özellikleri, iklim değişikliği ve doğal kaynakların sınırlılığı düşünüldüğünde büyük bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, baharat bitkileri arıcılık faaliyetleri için de önemli bir nektar kaynağıdır ve ekosistem hizmetlerine katkıda bulunur.

Her ne kadar Türkiye, baharat bitkilerinin yetiştiriciliğinde güçlü bir potansiyele sahip olsa da bazı sorunlar da mevcuttur. Bunların başında küçük ölçekli üretim alanları, kalite standardizasyonunda yaşanan yetersizlikler, ihracat pazarlarında karşılaşılan sertifikasyon gereklilikleri ve pazarlama sorunları gelmektedir. Ayrıca, üretimde mekanizasyonun sınırlı olması ve modern işleme tesislerinin yetersizliği de rekabet gücünü azaltan faktörler arasında yer almaktadır.

Bu bağlamda, baharat bitkilerinin üretiminde verimliliği artıracak modern yetiştiricilik tekniklerinin yaygınlaştırılması, kooperatifleşme ve

Üretici birliklerinin güçlendirilmesi, kalite ve standardizasyon çalışmalarının geliştirilmesi büyük önem taşıamaktadır.

BAHARAT VE BAHARAT BİTKİLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ, YETİşTİRİCİLİK KOşULLARI

Baharat; bitkilerin kök, yaprak, tohum gibi kısımlarının bazen tazeyken bazen de kurutulup toz haline getirilmesi ve belirli işlemlerden geçirilmesi sonrası kullanılan gıda malzemesidir.

Baharat bitkileri; yemeklere tat, koku, renk ve aroma katmak için kullanılan bitkilerdir. Ülkemizde bazı baharat bitkilerinin yetiştiriciliği yapıldığı gibi bazı baharat bitkileri ise doğadan toplanmaktadır.

Baharatlar tek bir bitkiden elde edilebildiği gibi diğer baharat bitkilerinin karışımları olarak da kullanılabilirler.

Baharat bitkileri, gıda endüstrisinde aroma, koku ve tat verici özellikleriyle ne çıkan, aynı zamanda tıbbi ve farmasötik açıdan da değerlendirilen aromatik bitkilerdir. Bu bitkilerin yetiştiriciliği, ekolojik koşullara duyarlılık göstermesi nedeniyle titiz bir planlama ve uygun tarımsal uygulamalar gerektirir. Baharat bitkilerinin genel özelliklerinin yanı sıra iklim, toprak yapısı, yetiştirme teknikleri, bakım uygulamaları, hasat yöntemleri ve kalite unsurları üretim sürecinin başarısını belirleyen en önemli faktörlerdir.

Baharat bitkilerinin genel zellikleri

Baharat bitkileri, çoğunlukla Lamiaceae (Ballıbabagiller), Apiaceae (Maydanozgiller), Solanaceae (Patlıcangiller), Zingiberaceae (Zencefilgiller), Lauraceae (Defnegiller) gibi familyalara ait türlerden oluşmaktadır. Bu bitkilerde uçucu yağlar, fenolik bileşikler, alkaloidler ve flavonoidler yoğun olarak bulunur. Bitkilerin kök, gövde, yaprak, iek veya tohum kısımlarında depolanan bu bileşikler, baharatın karakteristik koku ve tadını sağlar.

Baharat bitkilerinin büyük bir kısmı çok yıllık, bazıları ise tek yıllık otsu karakterlidir. Tek yıllık türler arasında kimyon, kişniş, anason ve rezene gibi bitkiler bulunurken, çok yıllık türler arasında kekik, adaçayı, nane ve biberiye sayılabilir. Çalı formunda olan defne ve ağaç formunda olan tarçın, karanfil ve karabiber gibi türler de mevcuttur.

Ekolojik olarak, Akdeniz iklimine özgü bitkiler sıcak ve kurak koşullara uyum sağlamışken, nemli bölgelerde nane, dereotu ve maydanoz

gibi türler daha iyi gelişir. Bu farklılık, baharat bitkilerinin yaygın yetiştiriciliğinde coğrafi çeşitliliği artırmaktadır.

İklim istekleri

Baharat bitkilerinin yetiştiriciliğinde iklim en kritik faktörlerden biridir. Bitkilerin fotosentetik faaliyetleri, uçucu yağ birikimi, gelişim süreleri ve verimleri iklimsel parametrelerden doğrudan etkilenir.

Sıcaklık: Çoğu baharat bitkisi ılıman ve sıcak iklim koşullarını tercih eder. Örneğin kekik, adaçayı ve biberiye 20–30 °C arasında optimum gelişim gösterirken, nane ve dereotu daha serin iklimleri tercih eder. Yüksek sıcaklık, uçucu yağ oranını artırabilir ancak aşırı sıcaklar bitkilerin biyokütle verimini olumsuz etkiler.

Işık: Baharat bitkileri genellikle uzun gün bitkileridir. Yeterli güneş ışığı, uçucu yağ sentezinde kritik rol oynar. Gölge koşullarında yetiştirilen bitkilerde uçucu yağ oranı ve aroma kalitesi düşer.

Yağış ve Nem: Kimyon ve anason gibi türler düşük nemli ve kurak iklimlere adapte olurken, nane ve fesleğen gibi türler daha nemli ortamları tercih eder. Yağışın düzensiz olduğu bölgelerde sulama ihtiyacı artar.

Rüzgâr: Şiddetli rüzgârlar bitkilerde yatmaya, uçucu yağ kaybına ve çiçeklenmede zarar görmeye neden olabilir. Bu nedenle rüzgârlara karşı koruma önlemleri alınmalıdır.

Toprak istekleri

Baharat bitkilerinde toprak özellikleri verim ve kaliteyi doğrudan etkiler. Bitkilerin kök gelişimi, besin elementi alımı ve uçucu yağ sentezi, toprak yapısı ile sıkı ilişkilidir.

Toprak Tipi: Çoğu baharat bitkisi geçirgen, tınlı veya kumlu-tınlı topraklarda iyi gelişir. Ağır ve su tutan topraklarda kök çürüklüğü ve fungal hastalıklar artar.

pH: Genel olarak baharat bitkileri hafif alkali veya nötr pH'lı (6.0–7.5) toprakları tercih eder. Ancak rezene ve kimyon gibi türler hafif tuzluluğa dayanıklıdır.

Organik Madde: Organik maddece zengin topraklar, bitkilerin aromatik özelliklerini geliştiren ikincil metabolitlerin sentezine katkı sağlar.

Drenaj: Özellikle çok yıllık türlerde kök boğazı çürüklüğünü önlemek için iyi drene edilmiş topraklar tercih edilmelidir.

Ekim ve dikim yöntemleri

Baharat bitkilerinde yetiştiricilik yöntemleri türlere göre değişiklik göstermektedir.

Tohumla Üretim: Kimyon, kişniş, anason ve rezene gibi tek yıllık türler doğrudan tohum ekimiyle çoğaltılır.

Fide ve Çelikle Üretim: Kekik, nane, adaçayı ve biberiye gibi çok yıllık türlerde ise çelikle veya köklü fide ile üretim yaygındır. Bu yöntemler, homojen kalite ve yüksek uçucu yağ verimi sağlar.

Ekim Zamanı: Türler ve bölgelere göre değişmekle birlikte genellikle ilkbahar ayları tercih edilir. Nane gibi bazı türlerde ise sonbahar dikimi yapılabilir.

Ekim Sıklığı: Bitki sıklığı, uçucu yağ verimini doğrudan etkiler. Sık ekim biyokütle verimini artırırken uçucu yağ oranını azaltabilir. Bu nedenle optimum sıklığın belirlenmesi önemlidir.

Bakım işlemleri

Baharat bitkilerinde bakım işlemleri, hem verim hem de kalite açısından kritik rol oynar.

Sulama: Çoğu baharat bitkisi kurak koşullara dayanıklı olsa da özellikle fide döneminde düzenli sulama gereklidir. Nane ve fesleğen gibi türlerde sulama miktarı uçucu yağ bileşenlerini de etkileyebilir.

Gübreleme: Baharat bitkilerinde aşırı azot uygulaması uçucu yağ oranını düşürürken, fosfor ve potasyum uygulamaları kaliteyi artırır. Organik gübreler özellikle uçucu yağ sentezini olumlu etkiler.

Yabancı Ot Mücadelesi: Baharat bitkileri genellikle yavaş geliştiği için yabancı otlara karşı hassastır. Mekanik ve biyolojik yöntemler tercih edilir, kimyasal ilaç kullanımı minimum seviyede tutulmalıdır.

Hastalık ve Zararlılar: Mantar hastalıkları (ör. *Fusarium*, *Rhizoctonia*) ve yaprak bitleri gibi zararlılar verim kayıplarına yol açar. Entegre mücadele yöntemleri ve biyolojik ilaçlar ön plana çıkmaktadır.

Hasat ve depolama

Hasat zamanı ve yöntemi, baharat bitkilerinde kaliteyi belirleyen en önemli unsurlardan biridir.

Hasat Zamanı: Uçucu yağların en yoğun olduğu dönemde hasat yapılmalıdır. Bu dönem genellikle çiçeklenmenin tam başlangıcıdır. Örneğin kekik ve adaçayında çiçeklenme döneminde hasat önerilirken, kimyon ve anasonda tohum olgunluğu beklenir.

Hasat Yöntemi: Elle veya mekanik olarak yapılabilir. Elle hasat daha işçilik gerektirir ancak kaliteyi korur. Mekanizasyon, geniş alanlarda verimliliği artırır.

Kurulama: Hasat edilen materyal gölgede, iyi havalandırılan ortamlarda kurutulmalıdır. Yüksek sıcaklık ve direkt güneş ışığı uçucu yağların kaybına neden olur.

Depolama: Kurutulan baharatlar nemsiz, karanlık ve serin ortamlarda saklanmalıdır. Paketleme sırasında ışık ve hava ile temas en aza indirilmelidir.

Kalite unsurları

Baharat bitkilerinde kalite, uçucu yağ miktarı, aktif bileşiklerin oranı, renk, koku, tat ve saflık gibi parametrelerle belirlenir. Uluslararası ticarete kalite standartları, ürünün kabul edilebilirliğini doğrudan etkiler.

Uçucu Yağ İçeriği: Hasat zamanı, yetiştirme koşulları ve genetik faktörler uçucu yağ oranını belirler.

Kimyasal Kompozisyon: Örneğin kekikte karvakrol ve timol oranı, nane de mentol miktarı, anasonda anetol yüzdesi kalite kriteridir.

Fiziksel Özellikler: Renk, boyut, nem oranı ve yabancı madde varlığı kaliteyi etkileyen fiziksel parametrelerdir.

Standartlar: Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Avrupa Farmakopesi ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından belirlenen standartlar, ticarete kalite güvenliğini sağlar.

Sürdürülebilirlik ve modern yaklaşımlar

Son yıllarda baharat bitkilerinde organik tarım ve iyi tarım uygulamaları ön plana çıkmaktadır. Organik üretim, kimyasal girdi kullanımını azaltarak hem ekosistem sağlığını hem de tüketici güvenliğini artırmaktadır. Ayrıca modern sulama teknikleri (damla sulama), hassas tarım uygulamaları ve biyoteknolojik yöntemler (in vitro çoğaltma, doku kültürü) baharat bitkilerinin yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi yükselten yaklaşımlar arasında yer almaktadır.

Baharat bitkisi yetiştirmek için;

- İlk önce bitkinin özellikleri belirlenmelidir.
- Yetiştirilecek ortamın hazırlığı yapılmalıdır.
- Ekim, sulama ve gübreleme doğru şekilde yapılmalıdır.
- Yabancı otlardan temizlenmelidir.
- Hasat ve kurutma işlemi düzgün yapılmalıdır.

BAHARAT BİTKİLERİNİN KURUTULMASI VE SAKLANMASI

- Toplanan bitkiler, temiz bezlerin veya baskısız ve boyasız kağıtların üzerine serilir ve gölgeli, havadar yerlerde kurumaya bırakılır.
- En ideal kurutma, bitkilerin demet halinde saplarından bağlanıp, yüksek, serin ve havadar yerlere asılarak kurutulmasıdır. Bitki kökleri ve soğanları, kurutulmaya başlanmadan önce mutlaka yıkanmalıdır.

Kurutma yöntemleri: Doğal ve yapay kurutma olmak üzere 2 farklı yöntem vardır. Bitkinin nem oranının %8-12 aralığında olması istenir. Bu yüzden kurutma yöntemi baharat bitkisinin özelliğine göre tercih edilir.

Doğal kurutma

İklim şartlarına göre güneşte veya gölgede kurutma tercih edilir. Kurutma işlemi temiz bir zemin veya örtü üzerinde, kurutma sehpaları, rafları üzerinde ara ara alt üst edilerek yapılır.

Güneşte kurutma bitkinin renk ve aromasında kayıplara neden olabileceği için çok fazla istenen bir yöntem değildir.

Gölgede kurutma ise daha kaliteli ürünler alabilmek, baharatın kokusunu koruyabilmesi için daha uygun bir yöntemdir.

Yapay kurutma

Hava şartlarındaki değişmelere bağlı olarak baharat bitkilerinde kalite bozulmalarını ve mikrobiyal bulaşmayı en aza indirmek için kurutma dolapları veya odalarında sehpa veya raflar üzerinde yaş baharat bitkilerine sıcak ve kuru hava gönderilerek yapılır. Genel olarak uygulama sıcaklık derecesi 35-40°C arası idealdir.

Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği'ne göre (Tebliğ No:2013/12); baharatların hijyenik olarak üretim, hasat, işleme, ambalajlama, muhafaza, depolama, taşıma ve pazarlama esasları bildirilmiştir. Bu tebliğe göre;

Baharatlar kendilerine has tat, koku, renk ve lezzetlerinin yanında bayatlamış, küflenmiş, bozulmuş ve böcek yeniği olmamış olmalıdır.

Öğütülmüş baharatın belirlenen elek göz açıklığı değerinden en az %90'ının geçebileceği irilikte olması gerekir.

Baharat karışımları hariç; baharata nişasta v.b katkı maddeleri katılmamalıdır.

Karışımında baharat oranı %85'ten az olmamalıdır.

Baharat bitkilerinin saklanması

Kurutma aşaması sona erdiğinde, bitki çeşit ve tiplerine göre nem ve ışıktan korunacakları, kokularını ve renklerini kaybetmeyecekleri, hava geçirmeyen bez, kağıt, karton veya cam gibi kaplara konulmalıdır.

Tat, koku, renk ve lezzet kayıplarının olabileceği hassas ürünler olan baharat bitkileri depolama sırasında da oldukça özen istemektedir. Bu yüzden bitkiden bitkiye değişebilen depolama gereksinimleri vardır.

Baharat bitkilerinin depolanmasında dikkat edilecek genel unsurlar

Doğrudan ışık veya güneş ışığına maruz kalmamalıdır. Mümkünse karanlıkta muhafaza edilmelidir.

Genellikle oda sıcaklığında 20-25°C’de saklanmalıdır.

Nemden uzak tutulmalıdır.

Ambalaj iyi kapatılmış olmalıdır.

Ambalajların zeminle doğrudan teması önlenmelidir.

Depo iyice dezenfekte edilmiş olmalıdır.

Değişik özellikteki baharatların kokularının birbirine karışmasına engel olmak için farklı odalarda saklanması gerekmektedir.

Depo havalandırılabilir olmalıdır.

BAHARAT BİTKİLERİNİN EKONOMİK, KÜLTÜREL VE SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMİ

Baharat bitkileri, insanlık tarihinde yalnızca yemeklere tat ve koku veren basit ürünler olarak değil, aynı zamanda ticaretin yönünü değiştiren, kültürleri şekillendiren ve sağlık uygulamalarında vazgeçilmez bir yer edinen stratejik kaynaklar olarak görülmüştür. Ekonomik getirisi, kültürel etkileri ve sağlık yararları sayesinde baharat bitkileri, günümüzde de tarımsal üretimin ve uluslararası ticaretin önemli bir parçası olmayı sürdürmektedir.

Ekonomik açıdan önemi

1. Tarihsel ekonomi ve ticaret

Baharatların ekonomik önemi, tarih öncesi dönemlere kadar uzanır. Antik çağlarda Mezopotamya, Mısır, Hindistan ve Çin uygarlıkları, baharatları yalnızca gıdada değil, dini törenlerde, mumyalama işlemlerinde ve tıbbi tedavilerde de kullanmıştır. Özellikle karabiber, tarçın, safran ve

karanfil gibi baharatlar, dönemin en değerli ticari ürünleri arasında yer almış, adeta “yeşil altın” olarak anılmıştır.

Orta Çağ’da baharat ticareti, İpek Yolu ve Baharat Yolu üzerinden Avrupa’ya taşınmış, bu da büyük ekonomik değer yaratmıştır. Avrupa’da sınırlı bulunan baharatlar, lüks tüketim maddesi haline gelmiş, fiyatları altınla yarışır seviyeye çıkmıştır. Bu durum, yeni ticaret yollarının keşfini hızlandırmış ve sömürgecilik hareketlerinin temel motivasyonlarından biri olmuştur.

2. Modern dönemde baharat ticareti

Günümüzde baharat bitkileri, uluslararası tarım ticaretinde önemli bir pazar oluşturur. Hindistan, Çin, Vietnam, Endonezya ve Türkiye gibi ülkeler, dünya baharat üretiminde öne çıkan başlıca üretici ülkelerdir. Dünya baharat ticareti yıldan yıla artış göstermekte, özellikle organik ve doğal ürünlere olan talep bu artışı desteklemektedir.

Türkiye, özellikle kekik, defne yaprağı, nane ve kırmızı biber üretiminde dünya pazarında önemli bir konuma sahiptir. Ege Bölgesi kekik üretiminde lider konumda iken, Güneydoğu Anadolu kırmızı biber üretiminde öne çıkar. Ayrıca Karabük’ün Safranbolu ilçesinde yetiştirilen safran, dünyanın en pahalı baharatlarından biri olarak Türkiye’nin ihracat potansiyelini artırmaktadır.

3. Kırsal kalkınmaya katkısı

Baharat bitkilerinin yetiştiriciliği, özellikle kırsal kesimde küçük aile işletmeleri için ekonomik açıdan büyük önem taşır. Düşük girdi maliyetleri ve yüksek katma değeri sayesinde üreticilere gelir sağlar. Kurutulmuş ürünlerin uzun süre saklanabilmesi, üreticiler için pazarlama kolaylığı yaratır.

Ayrıca baharat bitkileri, ihracat gelirleriyle ülke ekonomisine katkı sağlarken, kırsal kalkınmada istihdam yaratma potansiyeline sahiptir. Kadın iş gücü, hasat ve işleme süreçlerinde önemli rol oynar, bu da sosyal kalkınmaya destekler.

4. Katma değer ve sanayi kullanımı

Baharatlar yalnızca gıda sektöründe değil, aynı zamanda ilaç, kozmetik, parfümeri ve doğal katkı maddeleri üretiminde de kullanılmaktadır. Uçucu yağların ve aktif bileşenlerin endüstriyel değeri, baharat bitkilerini ekonomik açıdan daha da önemli hale getirmektedir. Bu durum, baharatların tarımsal üretimden sanayiye uzanan geniş bir değer zinciri oluşturmasını sağlar.

Kültürel açıdan önemi

1. Tarihsel kültürel rol

Baharatlar, medeniyetler arası kültürel etkileşimde her zaman merkezi bir rol oynamıştır. Antik çağlardan günümüze kadar baharatların tüketim biçimleri, toplumların yaşam tarzlarını, geleneklerini ve mutfak kültürlerini şekillendirmiştir. Baharatların İpek Yolu üzerinden taşınması, kültürler arasında bilgi, gelenek ve inançların da aktarılmasına aracılık etmiştir.

2. Türk mutfak kültüründe baharatlar

Türkiye, sahip olduğu zengin coğrafi çeşitlilik sayesinde farklı baharat türlerini üretme ve kullanma avantajına sahiptir. Türk mutfak kültürü, baharatlarla güçlü bir bağ kurmuştur. Özellikle kırmızı biber, kekik, kimyon, nane, sumak ve safran, yemeklere karakteristik tat ve aroma kazandırır.

Kırmızı biber, Güneydoğu ve Akdeniz mutfağında yemeklerin temel unsurlarındandır.

Kekik, et yemeklerinde ve çorbalarda sıklıkla kullanılır.

Kimyon, köfte ve baklagil yemeklerinde vazgeçilmezdir.

Nane, hem taze hem kuru olarak çorbalardan salatalara geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Safran, özellikle pilav ve tatlılarda hem renk hem aroma verici olarak kullanılır.

Baharatların mutfakta bu denli yaygın kullanımı, Türk mutfağının özgünlüğünü ve çeşitliliğini destekleyen temel faktörlerden biridir.

3. Kültürel kimlik ve baharatlar

Baharatlar yalnızca mutfakta değil, aynı zamanda kültürel kimlik ve geleneklerin bir parçası olmuştur. Düğünlerde, bayramlarda ve özel günlerde hazırlanan yemeklerde baharatlar önemli bir yer tutar. Ayrıca halk hekimliğinde baharatların şifa amaçlı kullanımı, Anadolu'nun kültürel mirasının bir parçasıdır. Bu yönüyle baharat bitkileri, kültürel süreklilik ve toplumsal hafızanın korunmasında önemli rol oynamaktadır.

Sağlık açısından önemi

1. Geleneksel tıpta kullanım

Baharat bitkileri, binlerce yıldır tıbbi amaçlarla kullanılmaktadır. Antik Mısır'da tarçın ve mür mumyalamada kullanılmış, Hindistan'da zerdeçal Ayurveda tıbbında şifa kaynağı olarak görülmüştür. Çin'de anason ve zencefil geleneksel tıpta sindirim sorunlarının tedavisinde tercih edilmiştir. Anadolu'da ise kekik, adaçayı, nane ve rezene, halk arasında

sindirim sistemi rahatsızlıklarından soğuk algınlığına kadar pek çok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır.

2. Fitoterapi ve modern sağlık bilimi

Modern bilimsel araştırmalar, baharat bitkilerinin içerdiği biyoaktif bileşiklerin sağlık üzerindeki etkilerini doğrulamaktadır. Bu bitkilerde bulunan fenolik bileşikler, flavonoidler ve uçucu yağlar antioksidan, antimikrobiyal, antiinflatuar ve antikanserojen özellikler taşımaktadır.

Zerdeçal (*Curcuma longa*): İçerdiği kurkumin sayesinde güçlü antiinflatuar ve antioksidan etkilere sahiptir.

Sarımsak (*Allium sativum*): Allicin bileşiği ile kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyucu etki gösterir.

Nane (*Mentha spp.*): Mentol içeriği ile sindirim sorunlarını hafifletir, solunum yollarını açar.

Kekik (*Origanum spp., Thymbra spp., Thymus spp., Satureja spp., Coridothymus spp.*): Karvakrol ve timol bileşenleri sayesinde antimikrobiyal etkiye sahiptir.

Anason ve Rezene: Sindirim sistemi rahatsızlıklarında rahatlatıcı etki gösterir.

3. Günümüzde kullanım alanları

Baharat bitkileri modern farmasötik ürünlerde, gıda katkı maddelerinde ve fonksiyonel besinlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle doğal ürünlere olan ilginin artması, baharat bitkilerinin sağlık alanındaki değerini daha da artırmıştır. Günümüzde birçok ülkede baharat kökenli ürünler “gıda takviyesi” olarak pazarlanmakta ve geniş tüketici kitlesine ulaşmaktadır.

4. Halk sağlığı ve koruyucu etkiler

Baharatların düzenli tüketimi, bağışıklık sistemini güçlendirmekte ve kronik hastalıkların önlenmesine yardımcı olmaktadır. Antioksidan kapasiteleri sayesinde hücresel yaşlanmayı yavaşlatır, serbest radikallerin zararlarını azaltır. Bu yönüyle baharat bitkileri, yalnızca tedavi edici değil aynı zamanda koruyucu sağlık açısından da büyük önem taşır.

Baharat bitkileri, ekonomik açıdan uluslararası ticaret ve kırsal kalkınma için stratejik bir kaynak; kültürel açıdan mutfak geleneklerinin, toplumsal kimliğin ve kültürel mirasın bir parçası; sağlık açısından ise fitoterapinin ve modern tıbbın önemli bir bileşeni olarak çok yönlü bir değere sahiptir.

Tarih boyunca ticaret yollarını belirlemiş, kültürleri şekillendirmiş ve şifa kaynağı olmuş baharat bitkileri, günümüzde de ekonomik ve kültürel

kalkınmada önemli bir araç olmayı sürdürmektedir. Türkiye, sahip olduğu iklim çeşitliliği, biyolojik zenginliği ve köklü mutfak kültürüyle baharat bitkilerinin bu üç boyutunu (ekonomik, kültürel, sağlık) aynı anda barındıran nadir ülkelerden biridir. Bu potansiyelin sürdürülebilir tarım, kalite standardizasyonu ve bilimsel araştırmalarla daha etkin biçimde değerlendirilmesi, hem ülke ekonomisine hem de toplum sağlığına büyük katkılar sağlayacaktır.

TÜRKİYE’DE BAHARAT BİTKİLERİNİN YETİŞTİRİCİLİĞİ VE ÜRETİM DURUMU

Türkiye, sahip olduğu zengin ekolojik koşullar, farklı iklim tipleri ve verimli toprak yapısıyla dünyada baharat bitkilerinin yetiştiriciliği açısından en avantajlı bölgelerden biridir. Akdeniz, Ege, Marmara, Karadeniz, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu gibi birbirinden farklı ekolojik bölgelerin varlığı; kekik, nane, kimyon, kırmızı biber, safran, anason, rezene gibi pek çok baharat bitkisinin üretiminde Türkiye’yi önemli bir konuma taşımaktadır. Özellikle Akdeniz ve Ege bölgeleri, yüzyıllardır dünya pazarlarında yüksek kalite standartlarıyla tanınan kekik ve defne üretiminde ön plana çıkarken; Güneydoğu Anadolu kırmızı biberin, İç Anadolu kimyon ve anasonun, Karadeniz ise defne yaprağı ve bazı tıbbi-aromatik bitkilerin öne çıkan üretim merkezleridir.

Baharat bitkilerinin Türkiye’deki üretim tarihi çok eskilere dayanmaktadır. Anadolu, Hititlerden Osmanlı’ya kadar birçok medeniyetin baharat ve tıbbi bitkiler için ticaret yollarının kesişim noktası olmuştur. Günümüzde de Türkiye, hem doğal flora hem de tarımsal üretim açısından baharat bitkileri bakımından zengin bir potansiyele sahiptir. Doğal florada yaklaşık 12.000 bitki türü bulunmakta, bunların 3.600’den fazlası endemiktir. Bu zenginlik, baharat üretimine doğal çeşitlilik ve yüksek kalite avantajı sağlamaktadır. Ancak modern üretim açısından bakıldığında, baharat bitkilerinin çoğu hâlâ küçük aile işletmeleri tarafından, genellikle sulama imkanlarının kısıtlı olduğu alanlarda yetiştirilmektedir.

Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde, baharat bitkilerinin üretimi ihracat odaklı gelişim göstermektedir. Türkiye, özellikle kekik, defne yaprağı ve adaçayında dünya pazarında güçlü bir konuma sahiptir. Nitekim Türkiye, dünya kekik ihracatının %70’inden fazlasını karşılamakta, defne yaprağı ihracatında da uzun yıllardır liderliğini sürdürmektedir. Kimyon, anason, rezene ve safran gibi baharatların ise hem iç pazarda kullanım oranı yüksektir hem de farklı pazarlara yönelik ihracat potansiyeli giderek artmaktadır. Buna karşın kırmızı biber üretiminde iç tüketim baskın olmakla

birlikte, özellikle Gaziantep ve Şanlıurfa yörelerinden elde edilen ürünler Orta Doğu ve Avrupa pazarlarında da yer bulmaktadır.

Türkiye’de baharat bitkilerinin üretim durumu değerlendirildiğinde, bölgesel farklılıkların ön plana çıktığı görülmektedir. Ege Bölgesi, özellikle Denizli, İzmir, Manisa ve Muğla illeriyle kekik üretiminin merkezi konumundadır. Akdeniz Bölgesi’nde Mersin, Antalya ve Hatay defne yaprağı ve adaçayı üretiminde öne çıkar. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde Gaziantep, Kahramanmaraş, Şanlıurfa ve Kilis kırmızı biber üretiminde yoğunlaşırken; İç Anadolu Bölgesi’nde Konya, Eskişehir ve Ankara kimyon ve anason yetiştiriciliğinde önemli merkezlerdir. Karadeniz Bölgesi ise defne ve bazı niş bitkilerle öne çıkar. Bu dağılım, Türkiye’nin baharat üretiminde farklı ekolojik bölgeleri verimli şekilde değerlendirdiğini göstermektedir.

Türkiye’de baharat bitkilerinin üretim durumu yalnızca miktar açısından değil, kalite ve sertifikasyon açısından da önem taşımaktadır. Özellikle Avrupa Birliği pazarına yönelik ihracatta, baharat bitkilerinde kalıntı limitleri (MRL), pestisit kullanımı, organik sertifikasyon gibi kriterler ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle son yıllarda Ege ve Akdeniz bölgelerinde organik baharat üretimi giderek artmış, üreticiler kooperatifler ve birlikler aracılığıyla ihracat pazarına entegre olmaya başlamıştır. Organik kekik, defne ve adaçayı Türkiye’nin bu alanda rekabet gücünü artıran ürünler arasında sayılabilir.

İstatistiksel verilere bakıldığında, Türkiye’nin toplam baharat üretiminde yıllara bağlı dalgalanmalar gözlenmektedir. Bu dalgalanmaların temel nedenleri arasında iklim koşullarının değişkenliği, kuraklık, üretim alanlarının küçülmesi veya artması, tarım politikalarındaki değişimler ve dış pazardaki talep dalgalanmaları yer almaktadır. Örneğin kekik üretimi bazı yıllarda 20-25 bin tonlara ulaşırken, kurak geçen yıllarda bu miktar %30’a varan oranlarda düşebilmektedir. Benzer şekilde kırmızı biber üretimi de Güneydoğu Anadolu’daki sulama imkanlarına ve iklim koşullarına bağlı olarak yıllara göre farklılık göstermektedir.

Türkiye’nin baharat bitkileri ihracatı açısından potansiyelinin yüksek olmasına karşın, bazı sorunlar da dikkat çekmektedir. Küçük ölçekli üretim yapısı, ürünlerin standardizasyonundaki zorluklar, kurutma ve depolama tekniklerindeki eksiklikler, kalite kayıplarına yol açabilmektedir. Ayrıca, baharat bitkilerinde dünya pazarında rekabet eden Hindistan, Çin ve Mısır gibi ülkelerle karşılaştırıldığında, Türkiye’nin üretim hacmi sınırlı kalabilmektedir. Ancak kalite açısından Türk baharatları özellikle Avrupa ve Amerika pazarında yüksek talep görmektedir. Bu bağlamda Türkiye’nin önümüzdeki yıllarda baharat bitkilerinde markalaşma, coğrafi işaretleme ve organik üretim yoluyla rekabet gücünü artırması beklenmektedir.

Sonuç olarak Türkiye, baharat bitkileri açısından hem üretim hem de ihracat potansiyeli yüksek bir ülkedir. Bölgesel çeşitlilik, zengin flora, geleneksel kullanım ve artan dış pazar talebi bu avantajları desteklemektedir. Ancak sürdürülebilir üretim için çiftçi eğitimi, modern tarım tekniklerinin

yaygınlaştırılması, organik ve iyi tarım uygulamalarının artırılması, ürün standardizasyonu ve markalaşma gibi konular önümüzdeki dönemin temel gündem maddeleri arasında yer almalıdır.

Defne yaprağı üretimi

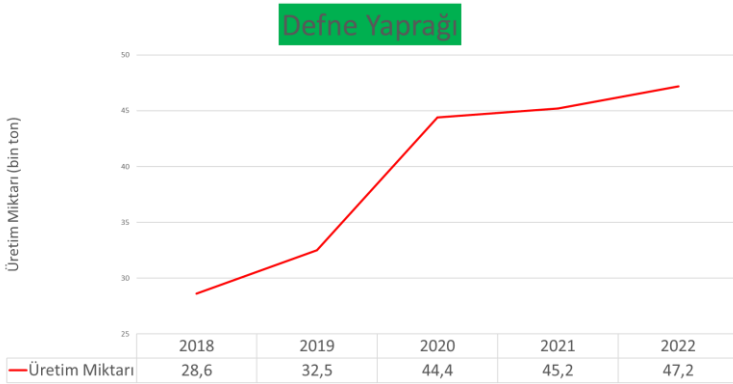
Defne yaprağı Türkiye'nin özellikle Akdeniz ve Ege kıyı bölgelerinde doğal yayılım gösteren ve kültürü yapılan önemli bir tıbbi-aromatik bitkidir. Grafik verilerine göre (Şekil 1) defne yaprağı üretiminde yıllar içinde belirgin dalgalanmalar görülmektedir. Bu dalgalanmaların temel nedeni;

Doğadan toplama ve kültürel üretim arasındaki farklılıklar,

İklim koşullarına bağlı verim değişimleri (örneğin kuraklık, don, aşırı yağış),

İhracat talebindeki artış ve azalışlar olabilir.

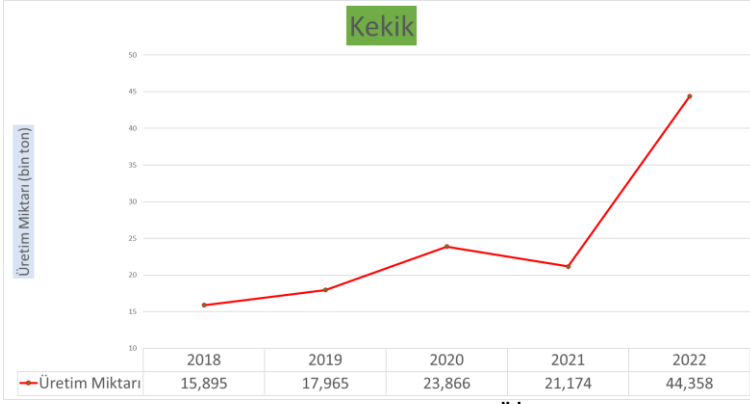
Genel eğilim incelendiğinde, Türkiye'de defne yaprağı üretiminin uzun vadede artış eğiliminde olduğu söylenebilir. Bunun en önemli sebebi, defne yaprağının Avrupa ve Orta Doğu pazarlarında yoğun talep görmesi ve Türkiye'nin bu konuda dünyada öncü konumda bulunmasıdır. Ancak üretimdeki dalgalanmalar, bu bitkide daha istikrarlı kültürel üretim sistemlerine geçilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 1. Defne yaprağı üretim durumu (TÜİK, 2023)

Kekik üretimi

Kekik, Türkiye'nin en önemli ihracat ürünlerinden biridir ve özellikle Ege Bölgesi (Denizli, İzmir, Manisa, Uşak) bu üretimde ön plana çıkmaktadır. Grafik incelendiğinde (Şekil 2), kekik üretiminin yıllar içinde düzenli bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Kekik üretim durumu (TÜİK, 2023)

Türkiye'nin kekik üretiminde dünya lideri olması, Uluslararası talebin artması (özellikle ABD, Almanya ve İtalya gibi ülkelere ihracat), İç piyasada baharat ve bitkisel çay sektörünün gelişmesi bu artışın temel nedenlerindendir.

Kekik üretiminde sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaşması ve sertifikalı üretimin artması, kaliteyi artırarak üretim hacminin büyümesini desteklemiştir. Bu eğilim, Türkiye'nin kekik alanındaki küresel üstünlüğünü pekiştirdiğini göstermektedir.

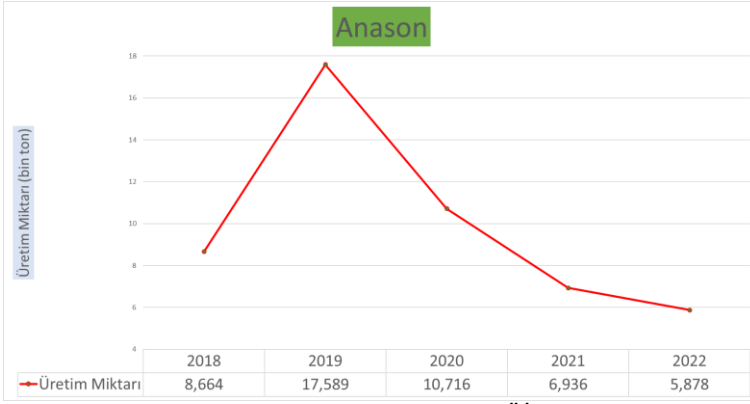
Anason üretimi

Anason, Türkiye'de hem baharat hem de rakı üretimi için hammadde olarak önem taşımaktadır. Grafik verilerine bakıldığında (Şekil 3), anason üretiminde belirgin dalgalanmalar olduğu görülmektedir.

Anason üretiminin en yoğun olduğu bölgeler Ege (Denizli, Burdur, Isparta) ve İç Anadolu'nun bazı kesimleridir.

Dalgalanmalardaki en önemli nedenler,
İklim koşullarına duyarlılık (özellikle yağış rejimi),
Pazar fiyatlarındaki dalgalanmalar,
Üreticilerin alternatif ürünlere yönelmesidir.

Son yıllarda üretimin nispeten stabil kaldığı görülmektedir. Ancak anason, Türkiye'nin alkollü içecek sektörü için stratejik öneme sahip olduğundan, üretimde istikrarın sağlanması önem arz etmektedir.

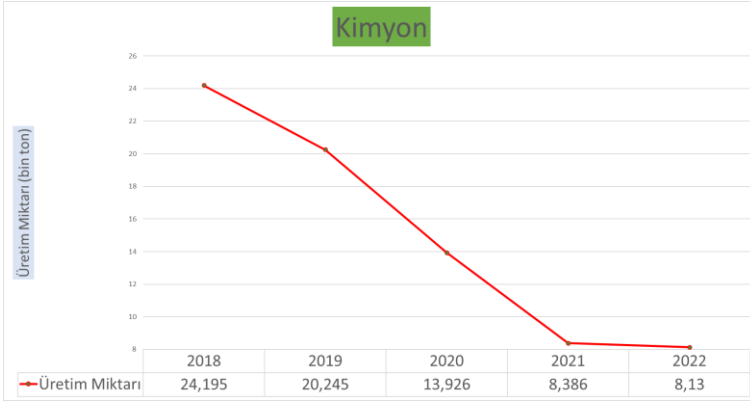


Şekil 3. Anason üretim durumu (TÜİK, 2023)

Kimyon üretimi

Kimyon, Türkiye’de önemli bir baharat türü olmasının yanı sıra, özellikle gıda sektöründe ve bazı ilaç sanayilerinde kullanılmaktadır. Grafik verilerine bakıldığında (Şekil 4), kimyon üretiminde belirgin bir azalma olduğu görülmektedir.

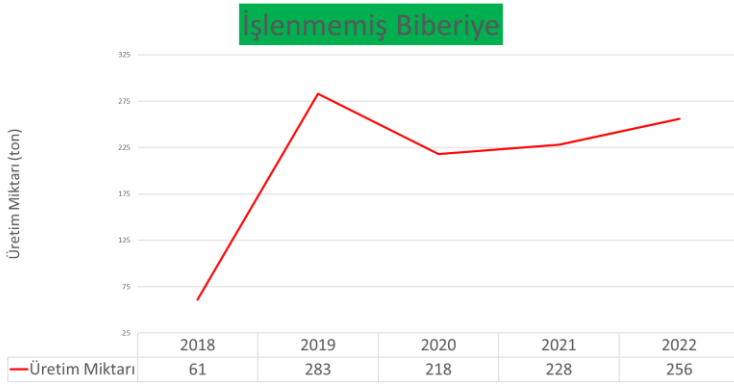
Kimyon üretiminin en yoğun olduğu bölgeler, Akdeniz Bölgesi ve İç Anadolu’nun bazı kesimleridir.



Şekil 4. Kimyon üretim durumu (TÜİK, 2023)

İşlenmemiş biberiye üretimi

İşlenmemiş biberiye, Türkiye’de hem gıda hem de ilaç sektörlerinde önemli bir hammadde olarak kullanılmaktadır. Grafik verilerine bakıldığında (Şekil 5), işlenmemiş biberiye üretiminde belirgin dalgalanmalar olduğu görülmektedir.

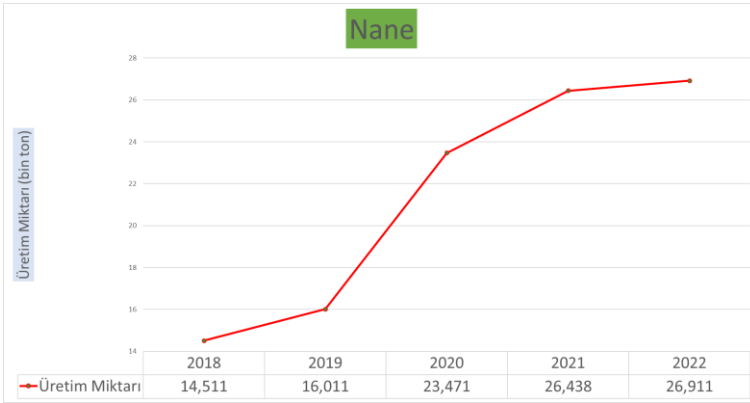


Şekil 5. İşlenmiş biberiye üretim durumu (TÜİK, 2023)

Üretimin en yoğun olduğu bölgeler, Akdeniz Bölgesi (özellikle Hatay ve Mersin) ve Ege Bölgesi'nin bazı kesimleridir.

Nane üretimi

Nane, Türkiye’de hem taze olarak tüketilen hem de işlenerek gıda, kozmetik ve ilaç sanayilerinde kullanılan bir bitkidir. Grafik verilerine bakıldığında (Şekil 6), 2018-2022 yılları arasında nane üretiminde belirgin bir artış olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Nane üretim durumu (TÜİK, 2023)

Üretimin en yoğun olduğu bölgeler, özellikle Ege Bölgesi (Manisa, Aydın) ve İç Anadolu'nun bazı illeridir.

SONUÇ

Türkiye, sahip olduğu uygun ekolojik koşullar, geniş tarım arazileri ve geleneksel bilgi birikimi ile baharat bitkileri yetiştiriciliğinde önemli bir potansiyele sahiptir. Kekik, nane, kimyon, kırmızı biber, safran, anason ve rezene gibi türler hem iç tüketimde hem de ihracatta stratejik bir konuma sahiptir. Ancak üretimde görülen dalgalanmalar, pazarlama sorunları, küçük ölçekli işletmelerin verimlilik zorlukları ve küresel rekabet gibi unsurlar, bu potansiyelin tam anlamıyla değerlendirilememesine neden olmaktadır. Önümüzdeki dönemde modern tarım tekniklerinin yaygınlaştırılması, sertifikalı üretim ve kalite standartlarının geliştirilmesi, üretici birliklerinin güçlendirilmesi ve ihracat kanallarının çeşitlendirilmesi, Türkiye'nin dünya baharat pazarındaki yerini daha da sağlamlaştıracaktır. Böylece hem kırsal kalkınma desteklenecek hem de Türkiye'nin tarımsal ihracatında katma değerli bir artış sağlanabilecektir.

REFERANSLAR

- Arslan, N., Baydar, H., Kızıl, S., Karık, Ü., Şekeroğlu, N., & Gümüşçü, A. (2015). Tıbbi aromatik bitkiler üretiminde değişimler ve yeni arayışlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, 12, 16.
- Bolouri, P., Salami, R., Kouhi, S., Kordi, M., Asgari Lajayer, B., Hadian, J., & Astatkie, T. (2022). Applications of essential oils and plant extracts in different industries. *Molecules*, 27(24), 8999.
- Göktaş, Ö., & Gıdık, B. (2019). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 145-151.
- TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri.

Kaba Yem ile Beslemenin Metan Salınımı Üzerine Etkisinin Önemi

İbrahim ERTEKİN¹

1- Doç. Dr.; Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü.
ibrahimertekin@mku.edu.tr ORCID No: 0000-0003-1393-8084

ÖZET

Ruminant hayvan beslemesinde kaba yemlerin rolü, yalnızca hayvan verimliliğini değil aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği de doğrudan etkilemektedir. Metan (CH₄) salınımı, ruminantların sindirim sistemi sırasında oluşan önemli bir sera gazı kaynağıdır ve küresel ısınmaya katkısı yüksektir. Literatürde, yem türü, işlenme şekli ve karışım oranlarının rumen fermantasyonu ve metan üretimi üzerinde belirgin etkiler gösterdiği vurgulanmaktadır. Lif içeriği yüksek, dengeli yem karışımlarının, metan salınımını azaltırken besin değerini koruduğu ve protein ile enerji verimliliğini artırdığı bildirilmektedir. Bu bağlamda, kaba yem seçiminde stratejik yaklaşımlar, hayvansal üretimde çevresel etkinin azaltılması ve sürdürülebilir besleme uygulamalarının geliştirilmesi açısından kritik öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler – Kaba Yem, Ruminant Besleme, Metan Salınımı, Rumen Fermantasyonu, Çevresel Sürdürülebilirlik.

GİRİŞ

Hayvansal üretim, küresel gıda güvenliği ve ekonomisi için hayati bir öneme sahiptir. Ancak, bu sektörün çevresel ayak izi, özellikle de sera gazı emisyonları, giderek artan bir endişe kaynağı haline gelmiştir (Michalk ve ark., 2019). Bu sera gazlarından biri olan metan (CH₄), atmosferdeki karbon dioksitten (CO₂) yaklaşık 25 kat daha güçlü bir sera gazıdır ve küresel ısınmaya önemli katkıda bulunur (Filonchuk ve ark., 2024). Ruminant hayvanların (geviş getiren hayvanlar) sindirim sistemlerinde, özellikle işkembelerinde (rumen), oluşan metan emisyonları, tarımsal kaynaklı sera gazlarının önemli bir bölümünü oluşturur (Kebreab ve ark., 2006). Bu nedenle, ruminantlardan kaynaklanan metan salınımını azaltmaya yönelik stratejiler geliştirmek, sürdürülebilir bir hayvansal üretim modeline geçişin anahtarlarından biri olarak görülmektedir.

Metan oluşumu, işkembede yaşayan mikroorganizmaların (arkeler) sindirim sürecinde, özellikle fermantasyon sırasında meydana gelir (Janssen ve Kirs, 2008). Bu süreçte, yemdeki karbonhidratların parçalanması sonucunda hidrojen (H₂) açığa çıkar ve bu hidrojen metanojenik arkeler tarafından metana dönüştürülür (Pereira ve ark., 2022). Bu nedenle, hayvanın tükettiği yem içeriği, fermantasyon sürecinin dinamiklerini doğrudan etkileyerek metan salınımını belirleyen en önemli faktörlerden biridir (Shibata ve Terada, 2010). Kaba yemler ve konsantre yemler arasındaki denge, yemlerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, işkembe ortamını, dolayısıyla da metan oluşumunu doğrudan etkiler (Distel ve Villalba, 2018).

Bu bağlamda, kaba yemler, ruminant beslemesinin temelini oluşturan ve hayvan sağlığı için vazgeçilmez olan bir bileşendir (Torres-Fajardo ve ark., 2020). Ancak, farklı kaba yem türleri ve işleme yöntemleri, işkembedeki fermentasyon süreçlerini ve dolayısıyla metan salınımını farklı şekillerde etkiler (Distel ve Villalba, 2018). Örneğin, yüksek lif içeriğine sahip kaba yemler, sindirim hızını yavaşlatarak ve işkembedeki asetat oranını artırarak metan oluşumunu teşvik edebilirken, bazı kaba yemlerin içerdiği ikincil bileşikler (örneğin tanenler) metan salınımını azaltıcı etki gösterebilir. Bunun yanı sıra, kaba yem ve konsantre yem oranının ayarlanması, rasyondaki nişasta, şeker ve protein miktarını değiştirerek fermentasyonun ürünlerini ve metan miktarını da önemli ölçüde etkileyebilir.

Literatürde, kaba yem ve besleme stratejilerinin metan salınımı üzerine etkisini inceleyen sayısız bireysel çalışma bulunmaktadır. Ancak, bu çalışmaların sonuçları, kullanılan hayvan türü, rasyon kompozisyonu, besleme stratejileri, ölçüm yöntemleri ve çevresel faktörler gibi pek çok değişkenden etkilendiği için zaman zaman çelişkili veya genellenemez sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Bu durum, alanda kapsamlı ve güvenilir bir senteze olan ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada farklı kaba yem türlerinin (örneğin, yonca, çayır otu, mısır silajı) metan salınımı üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğu irdelenecektir.

Bu literatür taraması ruminant beslemesinde çevresel sürdürülebilirliği artırmaya yönelik pratik ve bilimsel temelli çözümlerin geliştirilmesine önemli katkılar sunacaktır. Bu analiz, küresel ölçekte metan azaltım çabalarına ışık tutacak ve hayvansal üretimin çevresel ayak izini küçültme yolunda atılacak adımlara yön verecektir. Bu yem bitkilerine dayalı analiz, yalnızca araştırmacılar için değil, aynı zamanda besleme uzmanları, çiftlik yöneticileri ve politika yapımcılar için de değerli bir kaynak oluşturacaktır.

Baklagil ve baklagile dayalı rasyon ile besleme sonucu metan salınımı

Chaves ve ark. (2006) tarafından Kanada'nın batısındaki üç farklı bölgede (Brandon, MB; Swift Current, SK; Lethbridge, AB) yonca ve çayır otunda otlatılan düvelerin metan (CH₄) ve karbondioksit (CO₂) üretimini karşılaştırmak amacıyla yürütülmüştür. Tüm meralar yoğun şekilde yönetilmiş, hayvanlara her gün ad libitum yeni yem materyali sunulmuş ve daha önce otlanan alanlara erişim engellenmiştir. SF₆ izleyici tekniğiyle yapılan ölçümlerde Brandon ve Swift Current bölgelerinde mera tipinin metan üretimine etkisi bulunmamış (ortalama 157.4 g CH₄ baş⁻¹ gün⁻¹), ancak Lethbridge'de yonca otlayan düveler çayır otuna kıyasla daha yüksek metan üretmiştir (162.8 vs. 113.5 g CH₄ baş⁻¹ gün⁻¹; P < 0,05). Kuru madde tüketimi (DMI) alkane analiziyle tahmin edildiğinde, yonca tüketenlere kıyasla çayır otu tüketen düvelerde DMI başına metan üretimi %39 daha düşük bulunmuştur (P < 0,001). Ancak DMI CNCPS modeliyle tahmin edildiğinde mera tipleri arasında fark gözlenmemiştir (P > 0,05).

Alkane analiziyle hesaplanan brüt enerji kaybı (GEI) çayır otunda %6,9, yoncada ise %9.6 olarak belirlenmiş ($P < 0,001$); CNCPS kullanıldığında ise bu oranlar birbirine yakın çıkmıştır (5.8 vs. 6.2%). CO₂ üretimi ise her iki yem tipinde de DMI başına benzer bulunmuştur. Sonuçlar, metan emisyonlarının GEI'ye oranla hesaplanmasında kullanılan yöntemlerin önemli farklılıklar yaratabileceğini ve mera bileşimi ile bitkinin hasat uygunluğunun emisyonlar üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir.

Chung ve ark. (2013) tarafından yoğunlaştırılmış tanen (CT) içeren korunga ile CT içermeyen yonca (veya düşük CT içeren yonca-korunga karışımı), bitki gelişim dönemi ve bunların etkileşiminin sığırlarda enterik metan (CH₄) salınımı, diyet sindirilebilirliği ve azot (N) atımı üzerine etkilerini incelemek amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada işkembe kanülü takılı 8 besi düvesi kullanılarak iki kısa süreli deneme yapılmıştır. Deneme 1'de ilk büyüme dönemi baklagiller günlük olarak biçilip taze halde hayvanlara sunulmuş, hayvanlar %100 korunga veya %80 yonca + %20 korunga rasyonlarına atanmıştır. Yanıtlar erken (vejetatif-tomurcuk başı) ve geç (çiçeklenme başlangıcı) gelişim dönemlerinde ölçülmüştür. Deneme 2'de ise ikinci büyüme dönemindeki baklagiller (geç tomurcuk) biçilip kuru ot olarak sunulmuş, gruplar %100 korunga veya %100 yoncadan oluşmuştur. Her iki denemede de hayvanlara bakım seviyesinde yemleme yapılmıştır. Sonuçlara göre, taze korunga, karışıma kıyasla daha yüksek organik madde sindirilebilirliğine (OMD) sahip olmasına rağmen, ham protein sindirilebilirliği daha düşük bulunmuştur. Taze yemlerde CH₄ emisyonları mera tipine göre farklılık göstermemiştir. Ancak erken gelişim döneminde, geç döneme kıyasla daha yüksek sindirilebilirlik ve buna bağlı olarak daha yüksek CH₄ salınımı saptanmıştır. Kuru ot olarak verildiğinde korunga, yoncaya göre daha yüksek OMD, daha düşük protein sindirilebilirliği ve sindirilen OM başına daha düşük CH₄ emisyonu göstermiştir. Ayrıca, korunga hem taze hem de kuru ot halinde, yoncaya kıyasla toplam N atımında idrar payını azaltmış ve dışkıya yönlendirmiştir. Sonuç olarak, CT içeren korunganın beslenmede kullanımı, enterik CH₄ emisyonlarını belirgin şekilde azaltmasa da, N atımının idrardan dışkıya kaymasını sağlamış ve böylece çevresel fayda potansiyeli ortaya koymuştur. Ayrıca, bitkilerin erken dönemde biçilip taze verilmesi, hem idrarla N kaybını hem de enterik CH₄ emisyonlarını artırmıştır.

Massé ve ak. (2016) tarafından süt sığırı rasyonları ve gübre depolama yönetim uygulamalarının gübre kaynaklı serbest metan (CH₄) emisyonu üzerindeki etkilerini belirleyerek Kanada'da üretilen süt ürünlerinin karbon ayak izini daha doğru bir şekilde ortaya koyma amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Çalışmanın özel hedefleri, süt sığırı rasyonlarında nişasta kaynağı olarak %50 ve %100 mısır silajının (CS) kullanılması ile gübre depolama tankında artık çamurun tamamen uzaklaştırılmasının ve depolama boşaltım sıklığının, serbest CH₄ emisyonları üzerine etkilerini incelemektir. Yonca silajı bazlı rasyonlar, kontrol (%0 CS), %50 CS ve %100 CS olacak

şekilde formüle edilmiştir. Kanada yaz koşulları, kontrollü bir çevre odasında 20 ± 1 °C'de işletilen laboratuvar ölçekli depolama yapılarında simüle edilmiştir. Bulgulara göre, rasyona %50 ve %100 CS dahil edilmesi, artık çamur bulunan gübre depolarında 120 günlük depolama süresi boyunca sırasıyla %39 ve %79 oranında daha yüksek CH₄ emisyonlarına neden olmuştur. Depolama tankındaki artık çamurun tamamen uzaklaştırılması ise, diyet bileşimine bakılmaksızın, serbest CH₄ emisyonlarında %97'nin üzerinde azalma sağlamıştır. Ayrıca, yaz döneminde depolama tankının 2 veya 4 kez boşaltılması, emisyonları sırasıyla ortalama %40 ve %80 oranında düşürmüştür. Sonuç olarak, depolama tankındaki artık çamurun tamamen uzaklaştırılması ve boşaltma sıklığının artırılması, gübre kaynaklı serbest CH₄ emisyonlarını önemli ölçüde azaltabilecek, düşük maliyetli en iyi yönetim uygulamaları (BMP) olarak önerilmektedir.

Wang ve ark. (2022) tarafından yoğuşmuş tanenler içeren korunga ile yoncanın farklı oranlarda birlikte silolanmasının, fermentasyon özellikleri, kimyasal bileşimi, bakteri topluluk yapısı, in vitro rumen fermentasyonu, CH₄ salınımı ve arkea ile protozoa toplulukları üzerine etkileri araştırılmıştır. Yonca ve korunga, sırasıyla %38.1 ve %39.0 kuru madde düzeyine kadar soldurulmuş ve 2–3 cm boyutlarında doğranmıştır. Beş farklı karışım oranı (S0: yalnızca yonca, S25: %25 korunga, S50: %50 korunga, S75: %75 korunga ve S100: yalnızca korunga) hazırlanarak 60 gün süreyle fermente edilmiştir. Sonuçlar, korunganın silolama öncesi karışıma katılmasının fermentasyonu geliştirdiğini ve proteolizi oran bağımlı olarak baskıladığını göstermiştir. Özellikle S50 ve S75 silajlarında üstün fermentasyon profilleri elde edilmiş, protein dışı azot miktarı sırasıyla %11.33 ve %13.01 oranında azalmıştır. Sainfoin oranı arttıkça *Pediococcus acidilactici* popülasyonu azalırken, *Lactobacillus pentosus* dalgalı bir yanıt göstermiştir. İn vitro denemelerde, korunga oranının artışı ile asetat/propiyonat oranı düşmüş ve CH₄ üretimi S50'de %19.16, S75'te ise %24.25 oranında azalmıştır. Bununla birlikte, kuru madde sindirilebilirliğinde yalnızca küçük düşüşler gözlenmiştir. Arkea ve protozoa topluluklarında ise belirgin bir değişim görülmemiştir. Sonuç olarak, yonca ile korunganın birlikte silolanması, yüksek kaliteli silaj üretimini desteklerken hem azot kayıplarını hem de rumen kaynaklı CH₄ emisyonunu azaltabilecek umut verici bir strateji olarak öne çıkmaktadır.

Hassanat ve ark. (2013) tarafından süt ineklerinin toplam karma rasyonlarında (TMR) yonca silajının (AS) yerine mısır silajı (CS) kullanılmasının enterik metan (CH₄) emisyonları, rumen fermentasyonu, görünür toplam sindirim, azot (N) dengesi ve süt verimi üzerindeki etkilerini belirlemek için bir çalışma yürütülmüştür. Çalışmada rumen fistüllü dokuz süt ineği kullanılmış ve 32 gün süren tekrarlı 3 × 3 Latin kare deneme deseni uygulanmıştır. İnekler, kaba yem/kesif yem oranı %60:40 olan TMR ile ad libitum beslenmiştir. Kaba yem kısmı yalnızca AS (%56.4), AS ve CS'nin eşit karışımı (%28.2 AS + %28.2 CS) veya sadece CS (%56.4) olacak

şekilde düzenlenmiştir. Rasyonda CS oranının artırılması, mısır tanesi miktarının azaltılıp soya küspesinin artırılmasıyla sağlanmıştır. Sonuçlar, CS oranı arttıkça kuru madde (KM) tüketimi ve süt veriminin kuadratik artış, KM sindirilebilirliğinin ise lineer artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca CS oranının yükselmesiyle rumen pH'sı, asetat:propiyonat oranı, lif sindirilebilirliği ve protozoa sayısı azalmış; süt yağı oranı düşerken süt proteini artmıştır. Günlük CH₄ emisyonu CS oranına bağlı olarak kuadratik değişim göstermiştir (0% CS: 440 g gün⁻¹; 50% CS: 483 g gün⁻¹; 100% CS: 434 g gün⁻¹). KM alımına ve enerjiye göre düzeltilmiş CH₄ üretimi ise yalnızca %100 CS diyetinde azalmıştır. Ayrıca CS oranının artması, ruminal NH₃ düzeyini ve gübre N atımını azaltarak N kullanımını iyileştirmiştir. Ancak lif sindiriminin azalması, gübrede uçucu katı madde miktarını artırarak depolama sırasında CH₄ emisyonlarını yükseltebilir.

Hassanat ve ark. (2014) tarafından süt ineklerinin rasyonlarında yem kaynağını çayır otu silajından (TS) yonca silajına (AS) değiştirmelerin enterik CH₄ emisyonları, rumen fermentasyon özellikleri, sindirim, süt üretimi ve azot dengesi üzerindeki etkilerini araştırmak için bir çalışma yürütülmüştür. Dokuz rumen kanüllü laktasyon dönemindeki inek, tekrar eden 3 × 3 Latin kare tasarımıyla (32 günlük dönem) ad libitum toplam karışık rasyon (TMR; kaba yem:yoğun yem oranı %60:40, kuru madde bazında) ile beslenmiştir. Kaba yem kısmı ya tamamen TS (0% AS), TS ve AS karışımı (%50 AS) veya tamamen AS (100% AS) olarak verilmiştir. AS, TS'ye kıyasla daha düşük nötral deterjan lif (%36.9 vs. %52.1) ve daha yüksek ham protein (%20.5 vs. %13.6) içermektedir. 24 saatlik ruminal organik madde (OM) sindirimi AS'de TS'ye göre daha yüksektir (73.5 vs. 66.9%). TS'nin AS ile değiştirilmesi mısır ve bypass protein katkısını artırırken soya küspesi oranını azaltmıştır. AS oranı arttıkça TMR'de protein ve nişasta içeriği artmış, lif oranı azalmıştır. Kuru madde alımı, AS oranı arttıkça lineer olarak yükselmiştir. OM ve brüt enerji sindirimi değişmezken, protein sindirimi artmış ve lif sindirimi azalmıştır. Ruminal asetat/propiyonat oranı etkilenmezken, amonyak ve dallanmış zincirli uçucu yağ asitlerinin oranı AS artışıyla yükselmiştir. Günlük CH₄ emisyonları AS oranı arttıkça lineer artış göstermiştir (476, 483 ve 491 g gün⁻¹), ancak kuru madde veya enerji alımına göre düzeltilmiş CH₄ üretimi etkilenmemiştir. Yağ ve enerji düzeltilmiş süt bazında CH₄ üretimi artmıştır. İdrarla azot atılımı yükselmiş ve süt proteini için azot kullanım verimliliği düşmüştür. Kimyasal kompozisyon ve ruminal sindirilebilirlik farklarına rağmen, TS'nin AS ile değiştirilmesi CH₄ enerji kayıplarını azaltmada etkili olmamıştır.

Naumann ve ark. (2015) tarafından mısır-yonca tabanlı bir substratta yoncanın, CT içeren bir baklagille değiştirilmesinin in vitro CH₄ üretimi ve fermentasyon dinamikleri üzerindeki etkisini in vitro gaz üretim tekniği ile belirlemek için bir çalışma yürütülmüştür. Tüm fermentasyon substratları, enerji yoğun yem kısmı olarak %50 öğütülmüş mısır içerirken, kaba yem

kısmı (%50) ya kontrol olarak yonca ya da yonca ile *Sericea lespedeza* (SL) veya *Desmodium paniculatum* (PTC) karışımı şeklindeydi. Uygulamalar, diyetteki yoncanın %15, %30 ve %45 oranında SL veya PTC ile değiştirilmesini kapsıyordu. %45 PTC veya SL içeren substratlar, in vitro CH₄ üretimini azaltmıştır. Toplam gaz üretimi, kontrol ile karşılaştırıldığında etkilenmemiştir. Yoncanın SL veya PTC ile değiştirilmesi, fermente edilebilir organik madde (FOM) miktarını artırmıştır; %45 PTC değişimi FOM'u %1.8 artırırken, %45 SL ile değişim %1'in altında bir artış sağlamıştır. PTC ile yapılan değişim, besin değerini SL'ye kıyasla daha fazla artırmıştır. Substratların herhangi bir fizikokimyasal bileşeni ile CH₄ üretimi arasında doğrudan bir ilişki bulunmamıştır. PTC ve SL dahil edilmesiyle ilgili çeşitli faktörler in vitro CH₄ üretimine katkıda bulunmuş olup, bu yemlerdeki CT'nin muhtemelen ana etken olduğu düşünülmektedir. Bu sonuçların in situ veya in vivo sistemlerde doğrulanması gerekmektedir. Eğer in vivo üretim koşullarında etkili olduğu kanıtlanırsa, yaygın olarak kullanılan CT içermeyen baklagillerin, CT içeren baklagillerle değiştirilmesi, hayvansal tarımın sera gazı üretimi üzerindeki etkisini azaltmada potansiyel bir yöntem olabilir.

Arndt ve ark. (2015) tarafından fazla protein veya nişasta oluşumunu önleyecek şekilde formüle edilen diyetlerde yonca silajı (YS) ve mısır silajı (MS) oranının süt verimi, sindirilebilirlik, ruminal parametreler, azot dengesi, dışkı üretimi ve bileşimi ile gaz emisyonları [karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve amonyum-N (NH₃-N)] üzerindeki etkileri belirlemek için eş zamanlı olarak iki deneme yürütülmüştür. Deneme 1'de tüm ölçümler, gaz emisyonları hariç, 8 rumen kanüllü inek üzerinde tekrarlanan 4 × 4 Latin kare tasarımı ile yapılmıştır. Deneme 2'de ise süt performansı ve emisyonlar, 16 inek rastgele 4 hava akışı kontrollü odaya atanarak 4 × 4 Latin kare tasarımıyla ölçülmüştür. Diyetler, kaba yem:yoğun yem oranı 55:45 olacak şekilde toplam karışık rasyon olarak verilmiş ve YS:MS oranları kaba yem DM bazında %20:80, %40:60, %60:40 ve %80:20 olarak uygulanmıştır. Ölçümler her 21 günlük dönemin son 3 gününde gerçekleştirilmiştir. Diyetler, kuru madde alımı, DM sindirilebilirliği ve süt/DM alımını etkilememiştir. Ancak, yağ ve protein düzeltilmiş süt, yağ ve protein üretiminde quadratik yanıtlar gözlenmiş ve maksimum değerler sırasıyla %50:50, %49:51 ve %34:66 YS:MS oranlarında tahmin edilmiştir. Süt azotu verimliliği (süt N / N alımı), YS:MS oranı %20:80'den %80:20'ye yükseldikçe 31'den 24 g/100 g'a düşmüştür. NH₃-N/süt-N oranı değişmezken, günlük NH₃-N emisyonunda quadratik eğilim görülmüştür. Günlük CH₄ emisyonu quadratik yanıt göstermiş; artan YS:MS oranı ile ruminal asetat-propiyonat oranı ve toplam trakt NDF sindirilebilirliği lineer artmıştır. Sindirilen NDF miktarı artarken, CH₄/digested NDF lineer olarak azalmıştır. Genel olarak süt üretimi orta düzey YS:MS oranlarında (%40:60 ve %60:40) en yüksek iken, dışkı ve idrar N çıkışı artan MS oranıyla azalmış ve günlük CH₄ emisyonu ekstrem YS:MS oranlarında (%20:80 ve %80:20)

düşmüştür. Ancak diyet YS ve MS oranı, CH₄/fat-and-protein düzeltilmiş sütü etkilememiştir.

Du ve ark. (2019) tarafından yulaf otu yerine yonca otu (YO) veya adi fiğ otu (AF) kullanılarak farklı oranlarda (%20 ve %40 toplam kuru madde bazında) beslenen melezi Simmental sığırların canlı ağırlık artışı (BWG), NUE ve CH₄ emisyonları üzerindeki etkileri incelemek için bir çalışma yürütülmüştür. AF40 diyetini tüketen sığırların kaba yem ve toplam kuru madde alımı, AF20 veya YO diyetlerini tüketenlerden anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Dört farklı diyet arasında BWG açısından fark gözlenmezken, AF40 diyetinde besin sindirilebilirliği AF20'ye göre anlamlı olarak azalmıştır ($p < 0,05$). NUE, AF40 diyetinde CV20'ye göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur. CH₄ emisyonları ise CV40 diyetinde AF20'ye kıyasla anlamlı olarak daha düşük çıkmıştır ($p < 0,05$). Bulgular, yulaf otu yerine %20 YO ve %40 AF ikamesinin, BWG, NUE ve besin sindirilebilirliğini korurken CH₄ emisyonlarını azaltmak için optimal oranlar olduğunu göstermektedir. Genel olarak, adi fiğ otu, yonca otuna göre CH₄ emisyonlarını azaltma potansiyeli daha yüksek olarak değerlendirilmiştir. Bu sonuçlar, ruminant beslemesinde diyet optimizasyonunun hem çevresel etkileri azaltmak hem de besin verimliliğini artırmak açısından önemini ortaya koymaktadır.

Niu ve ark. (2020) tarafından çemen otu (FG) ile yonca otunu (Alf) in vitro rumen fermentasyonu ve metan (CH₄) üretimi açısından karşılaştırmak için bir çalışma yürütülmüştür. Çalışmada, FG bitkisi 11. ve 15. haftalarda, Alf ise erken ve orta çiçeklenme dönemlerinde hasat edilmiştir. Ayrıca, her olgunluk döneminde FG ve Alf'in %50:50 karışımları da değerlendirilmiştir. Toplam fermentasyon gazı ve metan üretimi, kuru madde (DM) kaybı, uçucu yağ asitleri, mikrobiyal protein ve toplam bakteri ile metanojenlerin 16S RNA gen kopya sayıları 48 saatlik in vitro part kültürlerinde belirlenmiştir. Erken çiçeklenme dönemindeki Alfe kıyasla, 11. haftada hasat edilen FG, in vitro DM ve nötr deterjan lif kaybını artırmıştır ($p < 0,05$); ancak orta çiçeklenme Alf ile 15. haftadaki FG arasında bu fark gözlenmemiştir. Bitki olgunluğundan bağımsız olarak, FG'nin in vitro rumen fermentasyonu, 48 saatlik inkübasyon süresince hem DM hem de DM kaybı bazında Alfe göre daha az metan üretmiştir ($p < 0,001$). FG fermentasyonu toplam uçucu yağ asitleri miktarını Alf ile benzer düzeyde sağlarken, propiyonat yüzdesi daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Mikrobiyal protein sentezi 11. haftadaki FG ile erken çiçeklenme Alf'e kıyasla daha yüksek olmuş ($p < 0,001$) ve 15. haftadaki FG'de toplam bakteri 16S RNA gen kopyaları orta çiçeklenme Alf'e göre daha fazla bulunmuştur ($p < 0,01$). Ayrıca, 15. haftadaki FG, 48 saatlik inkübasyon boyunca metanojen 16S RNA gen kopyalarını orta çiçeklenme Alf'e göre anlamlı şekilde azaltmıştır ($p < 0,05-0,001$). Sonuç olarak, FG, yüksek kaliteli bir kaba yem olarak in vitro rumen fermentasyonunu iyileştirmenin yanı sıra, muhtemelen saponin açısından

zengin olmasından dolayı metan emisyonlarını önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir.

Buğdaygil ve buğdaygile dayalı rasyon ile besleme sonucu metan salınımı

Hart ve ark. (2015) tarafından serbest olarak sunulan mısır ve ot silajı oranlarının (DM bazında 70:30 ve 30:70) ve yüksek nişasta veya yüksek lif içeren konsantrelerin etkisini ineklerde CH₄ üretimi, yem alımı, performans ve süt bileşimi açısından incelemek için bir çalışma yürütülmüştür. Toplam 20 inek, iki faktörlü dört farklı rasyona Latin kare tasarımı ile atanmış ve her dönem 28 gün sürmüştür. Ölçümler her dönemin son 7 gününde yapılmıştır. Yüksek mısır silajı verilen ineklerde kuru madde alımı (DMI), süt verimi ve süt enerjisi daha yüksek bulunmuş ve CH₄ emisyonları DMI veya tüketilen enerji birimi başına daha düşük olmuştur; ancak toplam CH₄ üretiminde fark gözlenmemiştir. Süt uzun zincirli yağ asitlerinden (FA) bazıları yem rasyonu ile etkilenmiş; özellikle yüksek mısır silajı verilen ineklerde 18:0, 18:1 c₉, 18:2 c₉ c₁₂ ve toplam tekli doymamış FA artarken, yüksek ot silajı verilenlerde 18:3 c₉ c₁₂ c₁₅ artışı gözlenmiştir. Konsantre bileşimi DMI veya süt verimini etkilememiştir; fakat yüksek nişastalı konsantreyle beslenen ineklerde süt proteini ve bazı FA'lar (10:0, 14:1, 15:0, 16:1) artarken, 18:0 azalmıştır. Süt yağı konsantrasyonu ve FA 17:0 üzerinde konsantre ve silaj etkileşimleri gözlenmiştir. Sonuç olarak, mısır silajı oranının artırılması, DMI ve performansı yükseltmiş ve CH₄ üretimini DMI veya enerji alımı bazında azaltmıştır; buna karşın, konsantredeki nişasta-lif oranının performans veya CH₄ üretimi üzerinde sınırlı etkisi olmuştur.

Hatew ve ark. (2016) tarafından mısır silajı (MS) bazlı rasyonlarla beslenen süt ineklerinde mısırın hasat olgunluğunun ilerlemesinin metan (CH₄) emisyonlarına etkilerini incelemek için bir çalışma yürütülmüştür. Tüm bitki mısırı, çok erken [%25 kuru madde (KM); CS25], erken (%28 KM; CS28), orta (%32 KM; CS32) ve geç (%40 KM; CS40) olgunluk aşamalarında hasat edilmiştir. Rastgele blok tasarımında, 28 adet laktasyon dönemi Holstein-Friesian inek, bunlardan 8'i rumen kanülü ile, hasattaki KM içeriklerini yansıtacak şekilde T25, T28, T32 ve T40 rasyonlarından birini almıştır. Rasyonlar, KM bazında %75 MS, %20 konsantre ve %5 buğday samanı içermektedir. Besin alımı, sindirilebilirlik, süt üretimi ve bileşimi, enerji ve azot dengesi ile CH₄ üretimi, 12 günlük diyet adaptasyonundan sonra 5 günlük iklim solunum odası ölçümleri ile belirlenmiştir. MS nişasta içeriği CS25'te 275 g/kg KM'den CS40'ta 385 g/kg KM'ye yükselmiştir. Rasyonlar, DM alımı, süt verimi ve süt bileşimini etkilememiştir. Rumen nişasta parçalanma hızı ve toplam sindirilebilirlik, olgunluk arttıkça lineer olarak azalmıştır. Rumen pH'ı, uçucu yağ asitleri ve amonyak konsantrasyonları etkilenmemiştir. Süt yağında C18:3n-3 azalırken, C18:2n-6 ve n-6:n-3 oranı lineer olarak artmıştır. Metan üretimi, DM alımı ve enerji alımına göre lineer şekilde azalmış, süt yağ ve protein

düzeltilmiş metan üretimi de azalma eğilimi göstermiştir. Enerji alımı, metabolize edilebilir enerji ve enerji tutulumu ile azot alımı, azot kullanımı ve azot dengesi rasyonlardan etkilenmemiştir. Sonuç olarak, mısırın hasat olgunluğunu artırmak, süt ineklerinde performansı olumsuz etkilemeden CH₄ kayıplarını azaltmada etkili bir strateji sunabilir.

Mc Geough ve ark. (2010) tarafından farklı olgunluk aşamalarında hasat edilen mısır (*Zea mays*) silajlarıyla beslenen besi sığırlarında metan (CH₄) emisyonları, yem alımı, sindirilebilirlik, performans ve karkas özelliklerini nicel olarak incelemek ve bu değerleri serbestçe konsantre bazlı diyetle beslenen hayvanlarla karşılaştırmak için bir çalışma yürütülmüştür. Başlangıç canlı ağırlığı ortalama 531 kg olan (SD 23.8) 60 adet kıta melezi dana, canlı ağırlıklarına göre bloklara ayrılmış ve rastgele blok tasarımında 5 farklı diyet grubuna tahsis edilmiştir: 13 Eylül (% KM 277), 28 Eylül (% KM 315), 9 Ekim (% KM 339) ve 23 Ekim (% KM 333) hasat tarihli mısır silajları ile ad libitum konsantre (ALC) diyetleri. Mısır silajı bazlı diyetler günlük 2.57 kg konsantre KM ile, ALC diyetleri ise günlük 1.27 kg çayır silajı KM ile desteklenmiştir. 28 Eylül hasatlı mısır silajında silaj ve toplam DM alımı diğer tedavilerden daha yüksek bulunmuştur ($P = 0.004$). Hasat olgunluğu, canlı ağırlık veya karkas kazanımını etkilememiş, ALC diyeti ise diğer mısır silajı gruplarına göre daha yüksek ($P = 0.036$) karkas kazanımı sağlamıştır. Canlıda belirlenen görünür sindirilebilirlik, olgunluk aşamasından etkilenmemiştir; DM sindirilebilirliği ALC diyetinde tüm mısır silajı tedavilerinden daha yüksek bulunmuştur ($P < 0.001$). Nişasta sindirilebilirliği olgunluk aşamalarına göre değişmezken, NDF sindirilebilirliği lineer olarak azalmıştır ($P = 0.009$). CH₄ emisyonları (g/gün) mısır silajı olgunluğundan etkilenmemiş, ancak DM alımı ve karkas kazanımı başına metan üretimi olgunluk arttıkça azalma eğilimi göstermiştir. ALC diyeti, tüm ifade birimlerinde mısır silajı tedavilerinden daha düşük metan üretimi sağlamıştır. Sonuç olarak, mısır hasat olgunluğunun ilerlemesi besi performansını etkilemezken, DM alımı ve karkas kazanımı başına metan üretimini azaltmıştır; ALC ile beslenen hayvanlar daha yüksek canlı ağırlık kazanımı ve daha düşük metan emisyonu göstermiştir.

Colombini ve ark. (2015) tarafından süt ineklerinin rasyonlarında sorgum silajının mısır silajına alternatif olarak kullanılıp kullanılamayacağı, enterik metan (CH₄) üretimi ve süt başına küresel ısınma potansiyeli (GWP) açısından incelemek için bir çalışma yürütülmüştür. Altı adet birinci laktasyon İtalyan Friesian ineğe, mısır silajı (CS), bütün bitki dane sorgumu silajı (WPGS) ve yem sorgumu silajı (FS) içeren diyetler, tekrarlı 3×3 Latin kare tasarımında verilmiştir. Diyetler, %36 NDF ve %26 nişasta içerecek şekilde dengelenmiştir. Her dönemde inekler bireysel solunum odalarına alınarak CH₄ üretimi kaydedilmiştir. Süt üretimindeki GWP, “cradle to farm-gate” Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile hesaplanmış; tarla üretimi, yakıt ve elektrik tüketimi, gübre ve hayvan yönetimi, dış kaynaklı girdiler ve taşıma dahil tüm süreçler dikkate alınmıştır. Kuru madde alımı CS ve WPGS

diyetlerinde FS'ye göre daha yüksek olma eğilimindeydi (sırasıyla 20.0 ve 18.2 kg/gün; $P=0.07$). Ortalama süt verimi FS, WPGS ve CS için sırasıyla 23.6, 24.6 ve 25.4 kg/gün olup, CS ve FS arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($P=0.05$). Süt üretiminde sera gazı emisyonlarının %45.4'ü enterik fermentasyon ve gübre depolamadan kaynaklanmış, CH₄'in %71.1'i enterik kayıplardan gelmiştir. In vivo ölçülen CH₄ üretimi diyetler arasında farklılık göstermemekle birlikte, FS diyetinde enerji kaybı CH₄ olarak daha yüksek bulunmuştur ($P=0.04$). Tarla üretiminin GWP'ye katkısı sorgum senaryolarında, özellikle FS'de, su ve gübre kullanımının azalması nedeniyle daha düşüktür. Ancak düşük nişasta içeriğini telafi etmek için FS senaryosunda daha fazla mısır unu kullanılması, konsantre yemlerin GWP üzerindeki yükünü artırmıştır (%30). Sonuç olarak, CS diyetleri daha yüksek süt verimi, daha düşük CH₄ enerji kaybı ve süt başına daha düşük GWP sağlamıştır.

Jonker ve ark. (2016) tarafından yem rasyonuna mısır silajı veya mısır tanelerinin farklı oranlarda eklenmesinin, yonca silajı ile beslenen koyunlarda birim kuru madde alımı (DMI) başına metan (CH₄) emisyonu üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. 14 aylık Romney kuzular ($n = 64$) rastgele sekiz farklı diyetle atanmış; bu diyetler yalnızca doğranmış yonca silajı veya yonca silajının %25, %50, %75 ve %100 oranında mısır silajı veya %25, %50, %65 oranında mısır taneleri ile ikame edilmesi şeklinde oluşturulmuştur. Koyunlar diyetle alıştırıldıktan sonra iki gün boyunca açık devre solunum odalarında DMI ve CH₄ emisyonları ölçülmüş ve yemlemeden 3 saat sonra rumen sıvısı örnekleri alınmıştır. Aynı diyetler, standart laboratuvar yöntemiyle in vitro olarak 48 saat inkübe edilmiştir. Sonuçlar, yonca silajının mısır silajı veya mısır taneleri ile ikamesinin CH₄/DMI üzerinde doğrusal olmayan bir etki yarattığını göstermiştir. Her iki katkı için CH₄/DMI, %50'ye kadar ekleme ile artmış, daha yüksek ikame oranlarında özellikle mısır tanelerinde düşüş göstermiş, ancak %100 yonca silajının altına inmemiştir. Rumen sıvısındaki asetat + bütirat / propiyonat + valerat oranı ve sadece propiyonat oranı, CH₄/DMI için en güçlü tek belirleyiciler olup, varyansın sırasıyla %37,1 ve %32,5'ini açıklamıştır. Methanobrevibacter ruminantium ve Methanospaera türleri ile CH₄/DMI arasında zayıf-orta düzeyde korelasyonlar gözlenmiştir. In vivo ve in vitro ölçümler arasında sınırlı bir ilişki bulunmuş, ancak in vivo CH₄/rumen parçalanabilir karbon ve in vitro CH₄/DM arasında orta düzeyde ilişki belirlenmiştir. Sonuç olarak, yonca bazlı rasyonlarda mısır katkısı arttıkça CH₄/DMI doğrusal olmayan bir biçimde değişmekte, ancak bu bulguların hayvan ürünü başına sera gazı emisyonları, çiftlik ölçeğinde yaşam döngüsü analizleri veya ulusal emisyon envanterleri açısından etkileri daha kapsamlı olarak değerlendirilmelidir.

Negri ve ark. (2014) tarafından biyogaz üretiminde mısır silajının farklı kısımlarının anaerobik metan potansiyelini (BMP) değerlendirme amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Biyogaz üretiminde bitkinin en önemli

kısmı koçandır ve yüksek nişasta içeriği nedeniyle koçan, tüm bitkinin silajına kıyasla daha yüksek biyogaz üretimi sağlar. Araştırma, Kuzey İtalya'da yürütülen deneysel saha testlerinin sonuçlarını sunmaktadır. Farklı hasat ve silajlama yöntemleri değerlendirilmiştir: tüm bitkinin hasadı ve silajlanması; bitkinin 75 cm'den kesilerek silajlanması; yalnızca koçanın silajlanması; koçansız bitkinin silajlanması. Her bir çözüm için spesifik BMP ve hektar başına ortalama biyogaz üretimi raporlanmıştır. Sonuçlar, tüm bitkinin hasat edilip silajlanması durumunda metan üretiminin (mısır sınıfı 600 ve 700 için sırasıyla 10.212 ve 10.605 m³/ha) diğer bitki kısımlarına göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Diğer bitki kısımlarında metan üretimi ise koçandan 7.961 ve 7.707 m³/ha, 75 cm'den kesilen bitkiden 9.523 ve 9.784 m³/ha, koçansız bitkiden ise 3.328 ve 3.554 m³/ha olarak belirlenmiştir. Tüm bitkinin hasat edilmesi en yüksek biyogaz üretimini sağlasa da, ekonomik ve çevresel açıdan her zaman en uygun çözüm olmayabilir. Sadece koçanın hasat edilmesi, özellikle yeni İtalyan teşvik sistemi ve uzun mesafelerden biyokütle taşınan biyogaz tesisleri göz önünde bulundurulduğunda avantajlı bir seçenek olarak değerlendirilebilir.

SONUÇ

Kaba yem ile beslemenin metan salınımı üzerindeki etkisi, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de ruminant verimliliği açısından kritik öneme sahiptir. Literatür incelendiğinde, yem türü, işlenme şekli ve karışım oranlarının rumen fermentasyonu ve metan üretimi üzerinde belirgin etkiler gösterdiği görülmektedir. Özellikle lif içeriği yüksek ve dengeli karışımların, metan salınımını azaltırken besin değerini koruduğu, protein ve enerji verimliliğini artırdığı bildirilmektedir. Bu bulgular, hayvansal üretimde çevresel etkinin azaltılması ve yem stratejilerinin optimize edilmesi açısından yol gösterici niteliktedir.

REFERANSLAR

- Arndt, C., Powell, J. M., Aguerre, M. J., & Wattiaux, M. A. (2015). Performance, digestion, nitrogen balance, and emission of manure ammonia, enteric methane, and carbon dioxide in lactating cows fed diets with varying alfalfa silage-to-corn silage ratios. *Journal of Dairy Science*, 98(1), 418-430.
- Chaves, A. V., Thompson, L. C., Iwaasa, A. D., Scott, S. L., Olson, M. E., Benchaar, C., ... & McAllister, T. A. (2006). Effect of pasture type (alfalfa vs. grass) on methane and carbon dioxide production by yearling beef heifers. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(3), 409-418.
- Chung, Y. H., Mc Geough, E. J., Acharya, S., McAllister, T. A., McGinn, S. M., Harstad, O. M., & Beauchemin, K. A. (2013). Enteric methane emission, diet digestibility, and nitrogen excretion from beef heifers fed sainfoin or alfalfa. *Journal of Animal Science*, 91(10), 4861-4874.
- Colombini, S., Zucali, M., Rapetti, L., Crovetto, G. M., Sandrucci, A., & Bava, L. (2015). Substitution of corn silage with sorghum silages in lactating cow diets: In vivo methane emission and global warming potential of milk production. *Agricultural Systems*, 136, 106-113.
- Distel, R. A., & Villalba, J. J. (2018). Use of unpalatable forages by ruminants: The influence of experience with the biophysical and social environment. *Animals*, 8(4), 56.
- Du, W., Hou, F., Tsunekawa, A., Kobayashi, N., Ichinohe, T., & Peng, F. (2019). Effects of the diet inclusion of common vetch hay versus alfalfa hay on the body weight gain, nitrogen utilization efficiency, energy balance, and enteric methane emissions of crossbred Simmental cattle. *Animals*, 9(11), 983.
- Filonchik, M., Peterson, M. P., Zhang, L., Hurynovich, V., & He, Y. (2024). Greenhouse gases emissions and global climate change: Examining the influence of CO₂, CH₄, and N₂O. *Science of The Total Environment*, 935, 173359.
- Hart, K. J., Huntington, J. A., Wilkinson, R. G., Bartram, C. G., & Sinclair, L. A. (2015). The influence of grass silage-to-maize silage ratio and concentrate composition on methane emissions, performance and milk composition of dairy cows. *Animal*, 9(6), 983-991.
- Hassanat, F., Gervais, R., Julien, C., Massé, D. I., Lettat, A., Chouinard, P. Y., ... & Benchaar, C. (2013). Replacing alfalfa silage with corn silage in dairy cow diets: Effects on enteric methane production, ruminal fermentation, digestion, N balance, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 96(7), 4553-4567.
- Hassanat, F., Gervais, R., Massé, D. I., Petit, H. V., & Benchaar, C. (2014). Methane production, nutrient digestion, ruminal fermentation, N balance, and milk production of cows fed timothy silage-or alfalfa silage-based diets. *Journal of Dairy Science*, 97(10), 6463-6474.
- Hatew, B., Bannink, A., Van Laar, H., De Jonge, L. H., & Dijkstra, J. (2016). Increasing harvest maturity of whole-plant corn silage reduces methane emission of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(1), 354-368.
- Janssen, P. H., & Kirs, M. (2008). Structure of the archaeal community of the rumen. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(12), 3619-3625.
- Jonker, A., Lowe, K., Kittelmann, S., Janssen, P. H., Ledgard, S., & Pacheco, D. (2016). Methane emissions changed nonlinearly with graded substitution of alfalfa silage with corn silage and corn grain in the diet of sheep and relation

- with rumen fermentation characteristics in vivo and in vitro. *Journal of Animal Science*, 94(8), 3464-3475.
- Kebreab, E., Clark, K., Wagner-Riddle, C., & France, J. (2006). Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(2), 135-157.
- Massé, D. I., Jarret, G., Hassanat, F., Benchaar, C., & Saady, N. M. C. (2016). Effect of increasing levels of corn silage in an alfalfa-based dairy cow diet and of manure management practices on manure fugitive methane emissions. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221, 109-114.
- Mc Geough, E. J., O'Kiely, P., Foley, P. A., Hart, K. J., Boland, T. M., & Kenny, D. A. (2010). Methane emissions, feed intake, and performance of finishing beef cattle offered maize silages harvested at 4 different stages of maturity. *Journal of Animal Science*, 88(4), 1479-1491.
- Michalk, D. L., Kemp, D. R., Badgery, W. B., Wu, J., Zhang, Y., & Thomassin, P. J. (2019). Sustainability and future food security—A global perspective for livestock production. *Land Degradation & Development*, 30(5), 561-573.
- Naumann, H. D., Lambert, B. D., Armstrong, S. A., Fonseca, M. A., Tedeschi, L. O., Muir, J. P., & Eilersieck, M. R. (2015). Effect of replacing alfalfa with panicled-tick clover or sericea lespedeza in corn-alfalfa-based substrates on in vitro ruminal methane production. *Journal of Dairy Science*, 98(6), 3980-3987.
- Negri, M., Bacenetti, J., Manfredini, A., Lovarelli, D., Fiala, M., Maggiore, T. M., & Bocchi, S. (2014). Evaluation of methane production from maize silage by harvest of different plant portions. *Biomass and Bioenergy*, 67, 339-346.
- Niu, H., Xu, Z., Yang, H. E., McAllister, T. A., Acharya, S., & Wang, Y. (2020). In vitro ruminal fermentation of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) produced less methane than that of alfalfa (*Medicago sativa*). *Animal Bioscience*, 34(4), 584.
- Pereira, A. M., de Lurdes Nunes Enes Dapkevicius, M., & Borba, A. E. (2022). Alternative pathways for hydrogen sink originated from the ruminal fermentation of carbohydrates: Which microorganisms are involved in lowering methane emission?. *Animal Microbiome*, 4(1), 5.
- Shibata, M., & Terada, F. (2010). Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. *Animal Science Journal*, 81(1), 2-10.
- Torres-Fajardo, R. A., González-Pech, P. G., Sandoval-Castro, C. A., & Torres-Acosta, J. F. D. J. (2020). Small ruminant production based on rangelands to optimize animal nutrition and health: Building an interdisciplinary approach to evaluate nutraceutical plants. *Animals*, 10(10), 1799.
- Wang, M., Chen, M., Bai, J., Zhang, J., Su, R., Franco, M., ... & Guo, X. (2022). Ensiling characteristics, in vitro rumen fermentation profile, methane emission and archaeal and protozoal community of silage prepared with alfalfa, sainfoin and their mixture. *Animal Feed Science and Technology*, 284, 115154.

**Gıda Endüstrisinde Fonksiyonel ve
Alternatif Bir Gıda Katkısı Olarak
Arthrospira platensis ve
Chlorella sorokiniana Mikroaglerinin
Kullanımı**

Kioupra CHOUSEIN¹

İsmail YILMAZ²

- 1- Yüksek Lisans Öğrencisi; Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim dalı. hkubra649@gmail.com, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0001-6816-0906>
- 2- Prof. Dr.; Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü. iyilmaz@nku.edu.tr, ORCID No:0000-0003-1116-0934

ÖZET

Günümüzde mikroalgler yüksek besin değeri, çeşitli biyoaktif bileşikleri içermeleri ve sürdürülebilir bir üretim potansiyeline sahip olmaları nedeniyle bir gıda kaynağı veya gıda katkı maddesi olarak gıda endüstrisinde oldukça dikkat çekmektedir. İnsanların tüketimi için mikroalglerin çeşitli şekillerde sağladığı avantajlar, onları yalnızca bir besin kaynağı olarak değerlendirmekten öteye geçmekte, aynı zamanda fonksiyonel gıdalar, gıda katkı maddeleri ve doğal bileşenlerin alternatif kaynakları olarak da ilgi odağı haline getirmektedir. Bu derleme makalesinde, *Arthrospira platensis* ve *Chlorella sorokiniana* mikroalglerinin gıda endüstrisindeki çeşitli şekillerdeki kullanımı ve alternatif bir gıda maddesi olarak kullanım potansiyelleri ele alınmaktadır. Her iki mikroalg de protein bakımından oldukça zengin olmaları, vitaminler, mineraller, esansiyel amino asitler ve antioksidan bileşenlerini içermeleri nedeniyle geçmişten günümüze kadar gelen oldukça önemli mikroalg türlerindendir. *Arthrospira platensis* ve *Chlorella sorokiniana* mikroalgleri gıda katkı maddesi, doğal renklendirici ve diyet takviyesi olarak çeşitli alanlarda kullanılmakta olup, ayrıca yoğurt, ekmek, peynir, makarna, içecekler ve enerji barları gibi gıda endüstrisinde pek çok kullanım alanı bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler – Arthrospira Platensis, Chlorella Sorokiniana, Mikroalg, Gıda Zinciri, Gıda Bileşenleri.

GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı artması ve insanların daha fazla sağlıklı yaşama yönelmesi gıda endüstrisinin mevcut gıda kaynaklarından farklı olarak daha fonksiyonel, daha besleyici ve aynı zamanda da sürdürülebilir yeni kaynaklara yönelmesini zorunlu bir hale getirmektedir. Bu bakımdan, mikroalgler hem ekolojik anlamda hem de besin maddesi olarak kullanılan oldukça değerli biyokütleler olarak dikkat çekmektedir. Mikroalgler, hızlı büyürler, CO₂ emilimi yaparlar ve zengin kimyasal içeriklere sahiptirler, bu sebeple hem geleneksel tarıma alternatif oluştururlar hem de fonksiyonel gıda geliştirmek amacıyla kullanılma fırsatı sunarlar. Mikroalgler morfolojik yapı bakımından basit bir yapıya sahip olup klorofil içeriğinden dolayı biyogübre, biyoyakıt, gıda katkı maddesi gibi ürünler oluşturabilen tek hücreli ve ökaryotik organizmalar olarak tanımlanmaktadırlar (Ürgüt vd., 2022). Mikroalgler ototrofik olarak yaşayabilen mikroskobik organizmalardır, bu basit yapıları canlılar fotosentezi gerçekleştirebilmek için pigmentlerini kullanırlar ve fotosentez yardımıyla su, karbonhidrat ve güneş ışığını biyokütle haline dönüştürebilen canlılardır. Aynı zamanda mikroalgler, organik karbonu karbon kaynağı olarak kullanırlar (Elcik ve Çakmakçı, 2017; Bingül vd., 2021).

Arthrospira platensis küçük hücreli, filamentli ve trikomiyal bir siyanobakteridir, bu mikroalg biyolojik iyileştirmede ve nitrifikasyonda kullanılırken aynı zamanda karbondioksit fiksasyonunda da kullanılır, esansiyel amino asitler ile mineraller bakımından zengin bir mikroalgdır ve mikroalgler arasında çevre dostu ve sürdürülebilir bir mikroalg olarak önerilmektedir (Özoğul vd., 2021). *Chlorella sorokiniana* ise tek hücreli, kamçısız, küresel ve koloniyal formda bir mikroalgdır, tuzlu ve tatlı sularda yaşayabilir, klorofil içerdiği için yeşil renklidir (Piasecka ve Baier, 2022). *Chlorella sorokiniana* büyümesi için gerekli olan ortamların basitliğinden dolayı çalışmalarda en çok tercih edilen türlerden biridir, aynı zamanda yüksek büyüme hızı ve çevreye uyum sağlayabilme açısından da çoğunlukla tercih edilen bir mikroalg türüdür (Qian vd., 2021).

Bu bölümde, artan nüfusun ihtiyaçlarına karşın mevcut gıda kaynaklarının yetersiz kalması durumunda, gereksinim duyulan besin ihtiyacının foksiyonel, besleyici ve alternatif yeni bir gıda kaynağı olarak mikroalglerden sağlanması ve mikroalglerin gıda maddesi olarak kullanımı ile ilgili bilgileri ele almaktır.

ARTHROSPİRA PLATENSİS

1. *Arthrospira platensis*'in Özellikleri:

Arthrospira halk arasında bilinen diğer adıyla **spirulina** çok hücreli ve ipliksi yapıda olan prokaryotik bir mikroalgdır, mavi-yeşil algler olarak tanınan Cyanophyta filumuna ait bir cins olan *Arthrospira* mitokondri, çekirdek, golgi cisimciği, endoplazmik retikulum ve kofullar gibi çoğu organelle sahip olmamasından dolayı prokaryotik bir mikroorganizma olarak tanımlanmaktadır ve bakterilerin hücre çeperine benzer bir hücre çeperine sahip olmalarından dolayı bakterilere benzetilmektedir (Richmond, 1986). *Arthrospira*'da hücre duvarı tıpkı bakterilerin hücre duvarında olduğu gibi 4 katlı bir tabakadan oluşur, düz ve spiral halindeki iplikçikleri dallanmamış ve silindirik hücrelerden meydana gelmiştir, *Arthrospira*'nın filamentleri birbirinden bağımsız olacak şekilde serbest bir halde bulunurlar ve kayma hareketi gösterirler (Vonshak, 1997). *Arthrospira* fotoototrofik olan diğer algler gibi esas enerji kaynağı olarak ışığa gereksinim duyan bir mikroalgdır, aynı zamanda bu mikroalgin glukoz varlığında büyüebildiği yani heterotrofik olduğu da belirlenmiştir (Oğuz, 2008). Mavi-yeşil bir siyanobakteri olan *arthrospira*, termofilik ve alkalofilik özelliğe sahip olmasından dolayı mono kültürü yapılabilen bir mikroalg türüdür (Richmond, 2004).

2. *Arthrospira platensis*'in Besin İçeriği ve Biyoaktif Bileşikleri

Dünyada mikroalg üretiminde yüksek oranda protein içerdiğinden dolayı *Arthrospira platensis* birinci sırada yer alır, mavi- yeşil fotosentetik bir siyanobakteri olan *A. platensis* gıda maddesi ve gıda olarak yüksek bir kullanım oranına sahiptir (Gürkan vd., 2022). *Arthrospira platensis* proteinden başka esansiyel amino asit ve yağ asitleri, vitamin (E vitamini, karotenoidler) ve mineral içeriği ile yüksek besin değerine sahip bir mikroalg olarak öne çıkmaktadır (Finamore, 2017). *Arthrospira*'nın genel bileşimi (kuru ağırlık yüzdesi) %60-70 protein, %15-25 karbonhidrat, %6-13 lipit, %4.2-6 nükleik asit ve %2.2-4.8 mineral içermektedir (Reboleira, 2019).

Tablo 1. *Arthrospira* ve *Chlorella* ile bazı gıda kaynaklarının protein içeriklerinin karşılaştırılması (Shiomi ve Waisundara, 2017; Anvar ve Nowruzi, 2021; AlFadhly vd., 2022b)

Gıda Kaynağı	Protein İçeriği (%)
<i>Arthrospira</i>	%60-70
<i>Chlorella</i>	%50-60
Keten tohumu	%18
Bira mayası	%45
Hindi eti	%29
Süt tozu (Tam yağlı)	%37
Soya fasulyesi unu	%36
Fıstık ezmesi	%25
Buğday unu	%10
Yer fıstığı	%26
Badem	%21
Tavuk eti	%24
Balık	%22
Sığır eti	%22
Yumurta	%12

Bütün fotosentetik organizmalar, ışık enerjisini kullanabilmek için onu dönüştüren organik pigmentler içerir, pigmentler üç ana sınıfa ayrılmaktadır; klorofiller, karotenoidler ve fikobilinler. Klorofiller (yeşil renk veren pigmentler) ve karotenoidler (sarı ve turuncu renk veren pigmentler) lipofilik pigmentlerdir ve alkol, dietil eter, benzen, aseton gibi kimyasallar içinde çözünürler, fikobilinler ise hidrofiliktirler ve suda çözünürler (Richmond, 2004). *Arthrospira*'nın pigment kompozisyonu, genel olarak siyanobakterilere (Cyanobacteria) benzemektedir, bu mikroalgde yalnızca klorofil a bulunur ve klorofil a'nın miktarı kuru ağırlıkta yaklaşık %0.8-

1.5'dir (Paoletti vd., 1980). Ayrıca, klorofil a diğer bütün alglerde temel fotosentetik pigment olarak bulunur (Tunail, 2009).

Soğuk hava ile kurutulan *Arthrospira*'da ksantofil içeriğinin oldukça önemli bir düzeye ulaştığı saptanmıştır (6.9 g kg⁻¹). *Arthrospira platensis*'te başlıca miksoksantofil (%37), beta karoten (%28), zeaksanthin (%17) gibi karotenoidler bulunur (Paoletti vd., 1980). *Arthrospira* suda çözünebilme özelliğine sahip mavi renkli bir pigment olan fikosiyanın içermektedir, fikosiyanın bu mikroalgin protein fraksiyonunun yaklaşık %20'lik kısmını oluşturmaktadır (Ciferri, 1983; Cohen, 1997). *Arthrospira*'da fikosiyanın pigmenti depo maddesi olarak görev yapmaktadır (Bousibba ve Richmond 1980).

3. *Arthrospira platensis*'in Gıda Endüstrisindeki Kullanımı ve Uygulama Alanları

Günümüzde kullanılan çeşitli *Arthrospira* türleri arasında bulunan mavi-yeşil bir alg olan *Arthrospira platensis* besin içeriğinin yüksek olması sebebiyle mikroalgler arasında ön plana çıkmıştır (Saranraj ve Sivasakthi 2014). Dangerad (1940), Çad Gölü'nün kuzeyinde yaşamakta olan insanların *Arthrospira platensis*'i göllerden topladıkları ve bunları tükettiklerini açıklamıştır. Brandily (1959) ise yaptığı araştırmalar sonucunda Kadjidi kabilesindekilerin Çad gölünden topladıkları *Arthrospira platensis*'leri yiyecekleri içerisine karıştırmak suretiyle tükettiklerinde bu insanların diğer bölgelerde yaşayan insanlara kıyasla daha sağlıklı bir bünyeye ve daha uzun bir boya sahip olduklarını açıklamıştır (Dalay vd., 2001). *Arthrospira* bağışıklık güçlendirici bir mikroalgdir, gıda olarak kullanıldığında bağışıklık sistemini destekler, hücrel yaşlanmayı ve bulaşıcı hastalıkları önlenmesine katkıda bulunur. *Arthrospira platensis*'in antioksidan, antiviral ve antikanser özelliklerinin yanında bağışıklığı destekleyen özellikleri vardır (Gürkan vd., 2022). Şimdiye kadar yapılan araştırmalar sonucunda en güçlü doğal antioksidan olan fikosiyanın pigmentinin, sadece siyanobakterilerde ve dolayısıyla da *Arthrospira*'da var olduğu sonucuna varılmıştır (Sibiya vd., 2022).

Arthrospira platensis, soya fasulyesi gibi birçok besinden daha fazla miktarda protein, vitamin ve mineral içermektedir. Bu nedenle, *Arthrospira platensis* birkaç yıl kadar önce Birleşmiş Milletler Dünya Gıda Konferansı tarafından içerdiği yüksek miktardaki protein nedeniyle besleyici gıda olarak kabul edilmiştir, buna ek olarak, *Arthrospira platensis* et, tavuklarda yumurta ve tüy rengi, süt verimi ve doğurganlık üzerinde belirlenen belli başlı etkileri nedeniyle hayvanlar için yem olarak da verimli bir şekilde kullanılmaktadır. *A. platensis* ile ilgili hayvanlar için alternatif yem olarak kullanılması üzerine pek çok çalışma yapılmıştır, bu çalışmalar sonucunda *Arthrospira*'nın kanatlı hayvanlar için %10'a kadar yem olarak verilebileceği belirlenmiştir (Dominy, 1990). 21 günlük etlik piliç civcivlerine 16 gün boyunca kilogram başına 40 gram *arthrospira* verilmesi ile etin sarı ve

kırmızı renklenmesine neden olduğu görülmüştür. Bu durumun sarı pigment olan zeaksantin erkek civcivlerde birikmesinden kaynaklandığı anlaşılmıştır (Toyomizu vd., 2001). Aynı şekilde domuzlar ve tavşanlara da yemlerinin %10'una kadar arthrospira verilebileceği belirlenmiştir (Nedeva vd., 2014; Peiretti ve Meineri 2008). Sığırlarda ise arthrospira oranının artırılması, süt veriminde ve canlı ağırlıkta artışa neden olmuştur (Peiretti ve Meineri 2008; Kulpys vd., 2009). Dünya genelinde algler toz veya yaş halinde çok yönlü bir şekilde kullanılmaktadır, bunun nedeni olarak alglerin besin içeriklerinin zengin olmasının yanında aynı zamanda bu mikroalglerin antiviral, antibakteriyel, antioksidan, antidiyabetik, antikanser ve antiinflamatuvar madde şeklindeki etkileri olarak açıklanmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle *Arthrospira platensis* “süper besin” olarak adlandırılmaktadır (Jung vd., 2019).

Tablo 2. Gıdalara arthrospira ilavesi ile gerçekleştirilen bazı çalışmalar (Sasa vd., 2020).

Mikroalg	İlave edildiği gıda	Kaynak
<i>Arthrospira</i>	Yoğurt Muffin Kurabiye Bisküvi Ekmek Glutensiz ekmek Makarna	Malik vd., 2013; Barkallah vd, 2017 Güroy, 2020 Onacık-Gür, Zbikowska ve Majewska 2018; El Nakib vd., 2019 Singh vd., 2015 Ak vd., 2016; Saharan ve Jood, 2017 Selmo ve Salas-Mellado, 2014 De Marco vd., 2014

Arthrospira platensis yenilenebilir fotosentetik bir mikroorganizma olmasının yanı sıra CO₂ nötr olmalarından dolayı en umut verici enerji kaynaklarından biri olarak kabul edilir, ayrıca arthrospira diğer bir adıyla Spirulina ticari olarak büyük bir öneme sahiptir. Bu bağlamda arthrospira yüksek miktarda mikro ve makro besin maddeleri içerdiğinden dolayı sağlık ve gıda sektörlerinde de büyük bir ilgi görmekte ve protein, vitamin takviyesi gibi çeşitli amaçlar doğrultusunda yaygın olarak kullanılmaktadır, bu mikroalg suda kolaylıkla yetişmektedir ve kolaylıkla toplanıp işlenmektedir (Soni vd., 2019). Yapılan çalışmalarda Arthrospira'nın insan vücuduna karşı herhangi bir toksik etkisinin bulunmaması sonucunda bu mikroalgin insanlar için kullanımı Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından Genel Olarak Güvenli (GRAS) olarak onaylanmıştır (Lupatani vd., 2017; Lafarga vd., 2020) Ayrıca arthrospira FDA tarafından “en iyi protein kaynaklarından biri” olarak kabul edilmiş ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından geleceğin iyi sağlık ürünü olarak tanımlanmış olup Avrupa Uzun

Ajansı ve Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA)’ne göre *Arthrospira*’nın gelecekte uzun süreli yapılacak olan uzay yolculukları için yetiştirilebilecek en önemli besin kaynaklarından biri olarak seçilmiştir (Soni vd., 2017; Fais vd., 2022).

Yaklaşık 3.6 milyar yıl kadar önce keşfedilmiş mavi yeşil bir al olan *Arthrospira* dünyanın en eski bitkilerindendir (Soni vd., 2017; Ragaza vd., 2020; DiNicolantonio vd., 2020). Geçmişten günümüze insanlar tarafından diyet maddesi veya gıda takviyesi şeklinde çeşitli amaçlarla yaygın bir şekilde kullanılan *Arthrospira platensis*, aynı zamanda bazı havyan türleri için yem katkı maddesi şeklinde de kullanılmaktadır. *Arthrospira* pigment içeriği nedeniyle ilk defa 1970li yıllarda renklerin güzelleştirilmesi amacıyla kullanılmış olup, sonrasında bu mikroalg balık ve karides yetiştiriciliği için kullanılmıştır. Bu mikroalgin balık ve karideslerdeki büyüme ve yaşam oranını arttırdığını ve içerdiği pigmentler nedeniyle bu deniz ürünlerine renk verme özelliklerini tespit etmişlerdir, özellikle de süs balıkları için pigment içermeleri nedeniyle katkı maddesi şeklinde kullanılmıştır (Miki vd., 1986). Aynı zamanda bugün *Arthrospira* akvaryum balığı besini için en çok kullanılan katkı maddesi olarak birinci sırada yer almaktadır (Belay ve Ota, 1993).

Arthrospira platensis Japonya, Tayland ve Çin gibi gelişmiş ülkelerde bazı kozmetik ürünlerinde (far, göz kalemi ve rujlarda) kullanılmaktadır, ayrıca Japonya’da doğal renk maddesi olarak yemlerde de kullanılmaktadır. *Arthrospira*’nın biyoaktif bileşiklerinden biri olan fikosiyanin ticari olarak üretilmektedir ve esas olarak kullanım alanı gıda boyalarıdır, aynı zamanda fikosiyanin şeker, dondurma, sakızlar, süt ürünleri, jöle vb. günlük ürünler ve içecekler gibi belli başlı gıdaların renklendirilmesinde kullanılmaktadır (Cohen 1997; Sarada vd., 1998). Fikosiyanin içeriğinden dolayı genel olarak bağışıklık sistemini destekler ve insanları çeşitli hastalıklara karşı korumaktadır (Boussiba ve Richmond, 1980). Doğal bir pigment olan fikosiyaninin gıda, ilaç ve kozmetik alanlarında karsinojen olduğundan şüphe duyulan sentetik pigmentlerin yerine geçebileceği bildirilmiştir (Cohen 1997; Sarada vd., 1998). Özel bir şirket yaptığı çalışmalardan dolayı, ABD ve Japonya’da, fikosiyanin pigmentinin bir anti tümör ajanı olarak ve ülser ile hemoroidal kanamanın iyileştirilmesi yönünde kullanımıyla ilgili olacak şekilde iki patent almışlardır (Dainippon Inc. & Chemicals and Tokyo Kenkyukai, 1980).

Mavi renkli bir pigment olan fikosiyanin kozmetikte far, göz kalemi ve rujlarda da kullanılmaktadır, ticari adı ‘lina mavisı’dir. Fikosiyanin ışığa duyarlıdır, fikosiyanin içeriği nedeniyle *Arthrospira platensis* rengini kaybetmemesi için güneşte kurutulmamalıdır, güneşte kurutulduğu takdirde pigment içeriği düşmektedir (Vonshak, 1997). Genel olarak dünyanın pek çok ülkesinde *Arthrospira platensis* gıda katkı maddesi olarak çeşitli şekillerde toz, kapsül ya da tablet halinde kullanılmakta olup özellikle Amerika ve Japonya’da kullanımı oldukça yaygındır. Mikroalginlerin

Ülkemizdeki kullanımı üretilmeye başlandığı tarihten günümüze kadar gittikçe artmaya başlamıştır (Oğuz, 2008). Dünyada ticari alanda geniş bir kullanım potansiyeli olan *Arthrospira platensis* Türkiye iklim koşullarında yetiştirilmeye çok elverişlidir. Aynı şekilde ülkemizde de gıda, ilaç, boya ve kozmetik alanında kullanılabilir olduğu bildirilmiştir (Jung vd., 2019). *Arthrospira*, içerdiği oligosakkaritler ve polisakkaritlerden dolayı potansiyel prebiyotikler olarak da değerlendirilmektedir (Gupta vd., 2017; Caporgno ve Mathys, 2018).

CHLORELLA SOROKINIANA

1.Chlorella sorokiniana'nın zellikleri:

Chlorella klorofil içeren yeşil bir plankton cinsidir ve ismini içinde taşıdığı pigmentten alan bir mikroalgdir. Latince'de klorofil 'küçük, taze yeşil' anlamda kullanılmaktadır. *Chlorella sorokiniana* 2-10 µm çapında tek hücreli bir mikroalgdir, hem tatlı hem de tuzlu sularda yaşayabilirler ve klorofil içeriğinden dolayı yeşil renklidirler (Piasecka ve Baier, 2022). Genel olarak kamsız, küresel ve koloniyal formlarda olan bu mikroalgler kalın bir hücre duvarına sahiptirler ve bu nedenle besin içeriklerini korurlar (Gürsoy, 2020). *Chlorella sorokiniana* ototrofik, heterotrofik ve mikсотrofik şekilde büyüyebilir (Bingl vd., 2021). *Chlorella sorokiniana* diğer algler arasında dağınık bir halde bulunurlar ve kloroplastları kase görünümündedir ve bu mikroalgin zaman zaman pyrenoidleri bulunmayabilir. *Chlorella sorokiniana* bitki hücrelerinin ağır metal stresine karşı verdikleri tepkileri incelemek ve bu stresin birikim kapasitesini ve biyolojik iyileştirmede olası kullanımını değerlendirmek amacıyla kullanılan en uygun adaydır (Leon-Vaz vd., 2021). Hollandalı bir mikrobiyolog olan M. J. Beijerinck tarafından ilk saf kültürü yapılmıştır (Loseva vd., 1998). Dünya üzerinde ilk mikroalg (*Chlorella*) iftliği 1955 yılında Tokyo'da kurulmuştur (Erdin ve Erdin, 2016).

2. Chlorella sorokiniana'nın Besin İçeriği ve Biyoaktif Bileşikleri

Bir yeşil alg olan *Chlorella sorokiniana* lipid, karbonhidrat, β-karoten, diyet lifi, A, C, E, B₁, B₂, B₆ ve B₁₂ vitaminleri, nükleik asitler (DNA, RNA) temel yağ asitleri, enzimler ve karotenoidler bakımından zengin bir kaynaktır. *Chlorella* doğadaki en yüksek oranda klorofil içeren besin kaynağıdır ve %30-70 oranında protein içerirken kuru ağırlığının ise %60'ı proteinden oluşmaktadır. Aynı zamanda yeşil bir plankton cinsi olan *Chlorella* demir, iyot, çinko, potasyum, magnezyum, fosfor ve kalsiyum gibi

minerallere de sahiptir (Yağcılar vd., 2022; Mishra, 2022). *Chlorella sorokiniana*, sığır karaciğerinde bulunan B₁₂ vitamininden daha fazla miktarda B₁₂ vitamini içerir (Jensen, 1987; Singh, 1998). Besin içeriği nedeniyle pek çok ülkede gıda takviyesi olarak kullanılır ve içerdiği besin değerleri nedeniyle antioksidan etkisi vardır. Bu nedenle de *Chlorella*'nın kolesterolü dengede tuttuğu insan sağlığı üzerine olumlu etkileri olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan bazı çalışmalarda antikanser etkisinin olduğunu göstermektedir (Kargın 2020; Sawasdee vd., 2023). *Chlorella*'nın antibakteriyel ve antifungal etkilerinin olduğu da bazı araştırmacılar tarafından kanıtlanmıştır. *Chlorella* ile fareler üzerinde yapılan son çalışmalar sonucunda ise bu mikroalgin yaraların iyileşmesini hızlandırdığına dair sonuçlara ulaşılmıştır (Agarwal vd., 2022).

Tablo 3. *Arthrospira* ve *Chlorella* cinslerinin 100 g kuru maddedeki vitamin içerikleri (Andrade vd., 2018).

Vitamin Türü	<i>Chlorella spp.</i>	<i>Spirulina spp.</i>
A vitamini	30.77 mg	0.34 mg
C vitamini	10.4 mg	10.1 mg
B1 vitamini (Tiamin)	1.7 mg	2.4 mg
B2 vitamini (Riboflavin)	4.3 mg	3.7 mg
B3 vitamini (Niasin)	23.8 mg	12.8 mg
B5 vitamini (Pantotenik asit)	1.1 mg	–
B6 vitamini (Piridoksin)	1.4 mg	0.4 mg
B9 vitamini (Folik asit)	94 µg	94 µg
E vitamini	1.5 mg	5.0 mg
K vitamini	-	25.5 µ

3.*Chlorella sorokiniana*'nın Gıda Endüstrisindeki Kullanımı ve Uygulamaları

Chlorella bilimsel ve ticari olarak ilgi çeken bir mikroalg cinsidir, çeşitli doğal ürünlerin (proteinler, lipitler, pigmentler gibi) umut verici bir kaynağı olarak kabul görmektedir. *Chlorella* günümüzde insanlar tarafından kullanılan bir gıda maddesi olmasının yanı sıra hayvan yemi olarak da kullanılmak için endüstriyel olarak üretimi yapılmaktadır. Bu mikroalg cinsi ticari olarak kullanılan birkaç mikroalgden biridir, buna rağmen, *Chlorella*'nın pazarı mevcut yetiştirme sistemleri ve yetiştirme süreçleri nedeniyle yüksek biyokütle üretim maliyetlerinden dolayı oldukça küçüktür. *Chlorella sorokiniana*, hızlı büyüme özelliğine sahiptir ve geniş sıcaklık aralığında hassasiyet göstermektedir. Bu mikroalg aynı zaman yağ açısından zengin bir mikroalg olması nedeniyle biyokütle dizel üretimi için de kullanılabilecek önemli bir hammaddedir. *Chlorella*'nın kötü koşullara karşı oldukça dirençli bir canlılığa sahip olduğu bilinmektedir ve bu nedenle çoğunlukla atık sularda yetiştirilmektedir. (Liu vd, 2023). *Chlorella sorokiniana* endüstriyel veya kentsel atık sular da dahil çeşitli sıcaklıklar ve

çevre koşullarına sahip sular da dahi büyüme kapasitesine sahip olan sağlam yapıllı bir mikroalg türüdür (Leon-Vaz vd, 2021). Ayrıca biyoteknolojik çalışma ve uygulamalarda *Chlorella* kullanımı yaygınlaşmaya başlamış ve tarım, çevre, kozmetik, yem gibi alanlarda da çalışma ve kullanım alanları gittikçe artmaya başlamıştır (Kargın 2020; Sawasdee vd., 2023).

Tablo 4. Gıdalara *Chlorella* ilavesi ile gerçekleştirilen bazı çalışmalar (Sasa vd., 2020).

Mikroalg	İlave edildiği gıda	Kaynak
<i>Chlorella</i>	Peynir Kurabiye Ekmek Yağ/su emülsiyonları	Tohamy vd., 2018 Sahni, Sharma ve Singh 2019 Graça vd, 2018 Caporgno vd., 2019

Chlorella besin kaynağı olarak insan tüketimi için kullanılan ve kullanımı önerilen bir mikroalgdır (Borowitzka, 1998). Günümüzde *Chlorella* dahil çok sayıda tek hücreli mikroalg gıda sektöründe değerlendirilmektedir, bunların arasında 40 yılı aşkın bir süredir ticari üretimi yapılan mikroalglerde vardır. *Chlorella sorokiniana* insan vücudunun beslenmesi için gereksinim duyduğu karbonhidratları, proteinleri, esansiyel amino asitleri, lipidler, vitaminleri ve mineral maddeleri içermektedir. Bu nedenle foksiyonel ve besleyici bir gıda maddesi olarak kabul edilmektedir (Becker, 1994). Bu mikroalg başlıca klorofil a, klorofil b ve karotenoid gibi pigmentleri içerir ve bu pigmentlerin bazıları da gıda sanayinde renklendirici madde olarak kullanılmaktadır. Geçmişten günümüze tüketicilerin sentetik ürünlerin yerine doğal ürünlere doğru artan talepleri nedeniyle mikroalgler doğal renklendiriciler olarak önemli bir alternatif kaynak oluşturmaktadır (Begum vd., 2016).

Chlorella sorokiniana'nın karotenoidin vitamini olan luteini oldukça yüksek miktarda üretir, luteinin insanlarda göz sağlığının korunması, antiinflamatuvar etkiler, bebeklerde beyin gelişimi ve adipogenezi inhibe etmesi gibi pek çok sayıda yararlı etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle doğal katkı maddesi, kozmetik, ilaç ve gıda boyası olarak çeşitli alanlarda kullanımı yaygındır, lutein üretimini arttırmak için bu algleri yetiştirmede çeşitli farklılıklar yapılarak daha da zenginleştirmek için yürütülen çalışmalar vardır (Vadrale vd., 2023). *Chlorella*, içerdiği oligosakkaritler ve polisakkaritler nedeniyle potansiyel prebiyotikler olarak da değerlendirilmektedir (Gupta vd., 2017; Caporgno ve Mathys, 2018). Aynı zamanda da *Chlorella* omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri nedeniyle çeşitli mikroalgler gibi önemli bir kaynak olarak değerlendirilmektedir (Caporgno ve Mathys, 2018). *Chlorella sorokiniana* endüstriyel uygulamalarda

karotenoid eldesi nedeniyle en çok kullanılan mikroalg türlerindendir (Ambati vd., 2019; Pérez-Legaspi vd., 2019) Chlorella ticari olarak önem taşıyan mikroalgler arasındadır, insan tüketimi için içerdiği esansiyel bileşenler ve protein bakımından zengin olması sebebiyle mikroalgler arasında en çok değerlendirilen birkaç mikroalgden biridir (Niccolai vd., 2019). Chlorella ve Arthrospira'nın özellikle dünya çapında üretimi yapılmakta olup, bu mikroalgler pek çok gıda ürününde (salata sosu, içecekler, fırın ürünleri gibi) ilave gıda katkısı olarak kullanılmakta veya protein takviyesi olarak satışı yapılmaktadır (Wells vd., 2017).

Chlorella açık sistemlerde en çok yetiştirilen ilk iki mikroalg arasındadır ve pek çok diğer mikroalg gibi gıda takviyesi olarak toz, pul ve tablet formunda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Eleren ve Öner 2019). Chlorella, mide ülseri, yaralar kabızlık, anemi, hipertansiyon, diyabet gibi çeşitli hastalıklara karşı fayda sağlaması açısından önemli bir mikroalgdir, Chlorella'nın insan tüketimi için foksiyonel bir gıda katkısı olarak bazı alg şirketleri tarafından çorbalar, darı, meyve suları, bisküviler, dondurmalar ve smoothieler gibi çeşitli gıda ürünlerine ilave yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir (Mello-Sampayo vd., 2013; Gouveia vd., 2007) Aynı zamanda Chlorella'da bulunan karotenoid vitamini luteinin biyoyararlanımı insanlar üzerinde denenmiş olup, luteinin insanlar için çok yüksek biyoyararlanıma sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Goh vd., 2009). Chlorella'nın içerdiği vitamin B₁₂ nin biyoyararlanımı Arthrospira'ya göre çok daha yüksek orandadır (Watanabe vd., 2002). Yapılan çalışmalarda Chlorella türü mikroalgler ilave edilerek biyoaktif özellikleri artırılmış peynir ve yoğurt gibi gıda ürünleri üzerinde pek çok başarılı örneğin bulunduğu belirtilmiştir (Jeon, 2006). Chlorella ve Arthrospria mikroalgleri yaygın olarak gıdalarda kullanılmaktadır, ancak zengin besinsel içeriklerine rağmen bu mikroalglerin gıdalarda kullanımını kısıtlayan bazı durumlar vardır. Örneğin bu mikroalglerin zengin antioksidan özelliklerine rağmen gıda ürünlerinde yüksek miktarda kullanımı önerilmemektedir. Mikroalglerin gıdalar üzerindeki renk ve aroma olarak çeşitli duyusal olumsuzluklar yaratmaları sebebiyle düşük miktarlarda kullanımı uygun görülmüştür (Gouveia vd., 2006).

ARTHROSPIRA PLATENSIS VE CHLORELLA SOROKINIANA’NIN YETİŞTİRİLMESİ

Mikroalgler farklı kimyasal ve biyolojik bileşikleri üretebilen önemli bir organizmalardır. *Arthrospira platensis* de yüksek pH seviyesine sahiptir. pH’ı 11’i bulabilir ve aynı zaman da yüksek derecede karbonat ve bikarbonat içerirler. *Arthrospira platensis* sucul ortamlarda çok miktarda üretilen bir siyanobakteridir ve aynı zamanda hasadı çok kolaydır (Yılmaz ve Duru 2011). Mikroalglerin yetiştirilmesi için sıcaklık, havalandırma yöntemleri, besin maddeleri, ışık miktarı oldukça önemlidir. Diğer mikroalgler için olan koşullar farklılık gösterebilir (Eleren ve Öner 2019). *Arthrospira platensis* uygun sıcaklıklarda farklı büyüme özellikleri gösterebilirler, *A. platensis* için uygun sıcaklığın 35°C olduğu gözlemlenmiştir. 35°C’den daha yüksek sıcaklıklarda ise *Arthrospira*’nın büyüme miktarlarında azalmalar olduğu görülmüştür. Sıcaklığın 44-45°C bulduğu ortamlarda ise büyüme miktarı durmuştur (Koru ve Cirik, 2003). *Arthrospira platensis* üretimi hem iç hem de dış ortamlarda yapılabilir. Dış mekanlarda havuz, göletler ve tanklar kullanılabilir. İç mekanlarda ise küçük şeffaf torbalar, fotobiyoreaktörler kullanılabilir (Gazioğlu, 2020). *Arthrospira platensis*’in hasat süresi normal koşullara göre 14 gündür fakat bu süre mikroalgin yetiştirilme ortamının elverişliliğine göre değişiklik gösterebilir. Mikroalgler belirli ve çalışmaya uygun besiyerlerine ekilir ve belli sıcaklıkta bir süre inkübasyona bırakılır. Sonrasında yine çalışmaya göre belirli miktarlarda şişelere kültürler ve besin ortamları hazırlanır. *Chlorella sorokiniana* için çevresel pH 6.0-8.0 arasında optimum ise 7,0 pH olduğu bulunmuştur. Ayrıca çalışmalar hem büyüme hızının hem de nihai verimin yetiştirme sıcaklığı ile arttığını ve çoğu parametrenin 30–35 °C aralığında bir optimum gösterdiğini göstermektedir. Türler için optimum sıcaklık değişmektedir. Özellikle *Chlorella* gibi lipid oranı yüksek mikroalgler ortama göre lipid birikimi yapabilirler. Bu alglerin büyümek ve lipid birikimi için genellikle nitrojen kaynaklarını seçerler ve ortamdan üre, amonyak ve nitrat gibi maddeleri kullanırlar. Bu nitrojen kaynakları özellikle atık sularda oldukça fazla bulunur ve insanlar için zararlıdır. Bu bağlamdan dolayı *Chlorella sorokiniana* nitrojen ve fosfor giderimlerinden dolayı atık su temizliği için pek çok çalışma yapılmıştır (Ramanna vd., 2014).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Gıda endüstrisinin hızla artan dünya nüfusuna karşı besin içeriği bakımından kaliteli ve fonksiyonel ürünler geliştirme alanlarında karşı karşıya olduğu zorluklara çözüm sunabilecek mikroalgler son yıllarda dikkat çeken sürdürülebilir biyolojik kaynaklardan biri olarak ön plana çıkmaktadır. *Arthrospira platensis* ve *Chlorella sorokiniana* yüksek protein içerikleri, esansiyel amino asit profilleri, vitamin yönünden zengin olmaları bakımından oldukça dikkat çekmekte ve hem insan sağlığına katkıları ile hem de çevresel sürdürülebilirliğe sağladıkları faydalar nedeniyle gıda endüstrisinde ön plana çıkan mikroalgler arasında yer almaktadır. Ayrıca antioksidan, antienflamatuar ve antitümör gibi etkileriyle de sağlık alanlarında terapötik bileşenler olarak da değerlendirilmektedir. Bu mikroalgler vitamin, mineral, antioksidan ve özellikle de yüksek protein içerikleriyle geçmişten günümüze fonksiyonel gıdalar arasında giderek artan bir öneme sahip olmakla birlikte aynı zamanda vegan ve bitkisel bazlı beslenme trendleriyle güçlü bir alternatif olarak ön plana çıkmaktadır. Gıda teknolojisi alanlarında da değerlendirilmekte olan *Arthrospira* ve *Chlorella* yalnızca gıda katkı maddesi olarak gıdanın besin değerini arttırmakla kalmayıp, ayrıca gıda ürünlerinde doğal renk verici madde ve kıvam artırıcı bileşenler olarak da değerlendirilmektedir. *Arthrospira platensis* ve *Chlorella sorokiniana* çevresel sürdürülebilirlik açısından da geleneksel tarım ürünlerine kıyasla daha düşük su ve arazi kullanımı gerektirmeleri, atık sularla bile üretilibilmeleri gibi bir takım çevresel avantajlar nedeniyle tercih edilmektedirler. Bu avantajlar nedeniyle mikroalglerin gelecekteki kullanımının daha da yaygın bir hale gelmesi beklenmektedir. Sonuç olarak özellikle *Arthrospira platensis* ve *Chlorella sorokiniana* olmak üzere mikroalgler gıda endüstrisinin geleceğinde yenilikçi, sağlıklı ve çevre dostu alternatifler sunma potansiyeline sahip biyolojik gıda kaynakları olarak yerini almaktadır. Gıda endüstrisinin bu mikroalgleri yalnızca sağlıklı ve besleyici birer gıda bileşeni olarak değil de aynı zamanda sürdürülebilirliği destekleyen fonksiyonel ve alternatif bir gıda kaynağı olarak küresel ölçekte çeşitli şekillerde kullanması hem sosyal hem de ekonomik faydalar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Agarwal, A., Kumar, A., Garg, P., Chakraborty, A., Verma, R., Sarwat, M., ... & Mukherjee, M. (2022). Algal biomass-loaded hydrogel scaffolds as a biomimetic platform with antibacterial and wound healing activities. *ACS Applied Polymer Materials*, 4(8), 5800-5812.
- Ak, B., Avşaroğlu, E., Işık, O., Özyurt, G., Kafkas, E., Etyemez, M., & Uslu, L. (2016). Nutritional and physicochemical characteristics of bread enriched with microalgae *Spirulina platensis*. *International Journal of Engineering Research and Application*, 6(12): 30-38.
- AlFadhly, N. K., Alhelfi, N., Altemimi, A. B., Verma, D. K., Cacciola, F. & Narayanankutty, A., (2022). Trends and technological advancements in the possible food applications of *Spirulina* and their health benefits: A review. *Molecules*, 27(17): 5584.
- Ambati, R.R., Gogisetty, D., Aswathanarayana, R.G., Ravi, S., Bikkina, P.N., Bo, L., & Yuepeng, S. (2019). Industrial potential of carotenoid pigments from microalgae: Current trends and future prospects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(12): 1880-1902.
- Andrade, L.M., Andrade, C.J., Dias, M., Nascimento, C.A.O., & Mendes, M.A. (2018). *Chlorella* and *Spirulina* microalgae as sources of functional foods. nutraceuticals, and food supplements, *Food Technology and Biotechnology* 6(1), 45-58.
- Anvar, A. A. & Nowruzi, B. (2021). Bioactive properties of *Spirulina*: A review. *Microbial Bioactives*, 4, 134-142.
- Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi M.A., Fendri, I., Attia, H., & Abdelkafi, S. (2017). Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 84, 323-330.
- Becker, E. W., (1994). *Microalgae: Biotechnology and microbiology*. Cambridge University Press.
- Begum, H., Yusoff, F.MD., Banerjee, S., Khatoon, H., & Shariff, M. (2016). Availability and utilization of pigments from microalgae. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(13), 2209-2222.
- Belay, A., & Ota, Y. (1993). Current knowledge on potential health benefits of *Spirulina*. *Pub. in Journal of Appl. Phycology*, 5:235-241.
- Bingül, D. Y., Demirel, Z., & Dalay, M. C. (2021). *Chlorella sorokiniana*'nın İzolasyonu, moleküler tanımlanması, fototrofik, mikсотrofik ve heterotrofik üretimi. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 7(2), 128-137.
- Borowitzka, M. A. (1998). *Algae as food*. In *Microbiology of fermented foods*. Springer, US.
- Boussiba, S. & Richmond, A., (1980). C-Phycocyanin as a storage protein in the blue-green alga *Spirulina platensis*, *Archives of Microbiology*, 125, 144-146.
- Brandily, M. Y. (1959). Depuis des lustres une tribu primitive du Tchad exploite la nourriture de l'an 2000. *Sciences et Avenir*, 152, 516-519.
- Caporgno, M.P., & Mathys, A. (2018). Trends in microalgae incorporation into innovative food products with potential health benefits. *Frontiers in Nutrition*, 5, 58.

- Caporgno, M.P., Haberkorn, I., Böcker, L., & Mathys, A. (2019). Cultivation of *Chlorella protothecoides* under different growth modes and its utilisation in oil/water emulsions. *Bioresource Technology*, 288, 121476.
- Ciferri, O., (1983). *Spirulina*, the edible microorganism. *Microbiological Reviews*, 47(4), 551- 578.
- Cohen, Z., (1997). The chemicals of *Spirulina*. In A. Vonshak (Ed.), *Spirulina platensis* (*Arthrospira*): Physiology, cell biology and biotechnology (pp. 175–204). Taylor and Francis.
- Dainippon Ink and Chemicals INC., (1980). Production of highly purified alcoholophilic phycocyanin, (Japanese Patent 80-77:890).
- Dalay, M. C., Cirik, S., & Edis, K. O. R. U. (2001). Türkiye Ege Bölgesi iklim koşullarında açık hava kültürleri için uygun *Arthrospira platensis* (Stiz.) Geitl, 1930 suşunun tespiti. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(3).
- Dangeard, P. (1940). Les algues alimentaires de l'Afrique equatoriale française. *Revue de Botanique Appliquee et d'Agriculture Coloniale*, 20(224), 1-15.
- De Marco, E.R., Steffolani, M.E., Martínez, C.S., & León, A.E. (2014). Effects of spirulina biomass on the technological and nutritional quality of bread wheat pasta. *LWT-Food Science and Technology*, 58(1), 102-108.
- DiNicolantonio, J. J., Bhat, A. G. & OKeefe, J., (2020). Effects of *Spirulina* on weight loss and blood lipids: A review. *Open heart*, 7(1), e001003.
- Dominy, W. R. (1990). The nutritional value of dehydrated, blue-green algae (*Spirulina platensis*) for poultry. *Poultry Science*, 69, 794–800.
- El Nakib, D.M., Ibrahim, M.M., Mahmoud, N.S., Abd El Rahman, E.N., & Ghaly, A.E. (2019). Incorporation of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) in traditional Egyptian cookies as a source of natural bioactive molecules and functional ingredients: Preparation and sensory evaluation of nutrition snack for school children. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 9(4), 372-297.
- Elcik, H., & Çakmakçı, M. (2017). Mikroalg üretimi ve mikroalglerden biyoyakıt eldesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(3), 795-820.
- Eleren, S.Ç., & Öner, B. (2019). Sürdürülebilir ve çevre dostu biyoyakıt hammaddesi: Mikroalgler. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(3), 304-319.
- Erdin, N., & Erdin, E. (2016) Mikroalglerin besin kaynağı olarak değerlendirilmesi. <http://web.deu.edu.tr/erdin/pubs/doc139.htm> Erişim:13.10.2016
- Fais, G., Manca, A., Bolognesi, F., Borselli, M., Concas, A., Busutti, M., Broggi, G., Sanna, P., Castillo-Aleman, Y. M., Rivero-Jiménez, R. A., BencomoHernandez, A. A., Ventura-Carmenate, Y., Altea, M., Pantaleo, A., Gabrielli, G., Biglioli, F., Cao, G. & Giannaccare, G., (2022). Wide range applications of *Spirulina*: From Earth to space missions, *Marine Drugs*, 20(5), 299.
- Finamore, A., Palmery, M., Bensehaila, S., & Peluso, I. (2017). Antioxidant, immunomodulating, and microbial-modulating activities of the sustainable and ecofriendly *Spirulina*. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 3247528.
- Gazioğlu, S. N. (2020). Mikroalglerin enzimatik sulu ekstraksiyon yöntemi ile yağ eldesi (Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi). YÖK Ulusal Tez Merkezi.

- Goh LP, Loh SP, Fatimah MY, & Perumal K, (2009). Bioaccessibility of carotenoids and tocopherols in marine microalgae, *Nannochloropsis* sp. and *Chaetoceros* sp, Malaysian Journal of Nutrition, 15(1), 77- 86.
- Gouveia L, Batista AP, Miranda A, Empis J, & Raymundo A, (2007). *Chlorella vulgaris* biomass used as colouring source in traditional butter cookies, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 4, 433–436.
- Gouveia, L., Raymundo, A., Batista, A.P., Sousa, I., & Empis, J. (2006) *Chlorella vulgaris* and *Haematococcus pluvialis* biomass as colouring and antioxidant in food emulsions. European Food Research and Technology, 222(3-4), 362–367.
- Graça, C., Fradinho, P., Sousa, I., & Raymundo, A. (2018). Impact of *Chlorella vulgaris* on the rheology of wheat flour dough and bread texture. LWT- Food Science and Technology, 89, 466-474.
- Gupta, S., Gupta, C., Garg, A.P., & Prakash, D. (2017). Probiotic efficiency of blue green algae on probiotics microorganisms. Journal of Microbiology and Experimentation, 4(4), 00120.
- Gürkan M. E., Ürgüt O. S., Yağcılar Ç., & Mutluç A. (2022, December 24). The effect of two different cultural environments on the growth of *Arthrospira platensis*. 4th International Scientific Research and Innovation Congress.
- Güroy, B. (2020). Determination of the phycocyanin, protein content and sensory properties of muffins containing *Spirulina* powder or fresh *Spirulina*. Journal of Food and Feed Science – Technology, 23 (1), 10-18
- Gürsoy, N. (2020). Mikroalg aracılı altın nanopartiküllerinin biyosentezi, karakterizasyonu ve antifungal etkilerinin değerlendirilmesi (Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Jensen, G. S. (1987). Vitamin B12 in *Chlorella pyrenoidosa* and its potential as a dietary supplement. Journal of Applied Phycology, 3(1), 35–42.
- Jeon, J.K. (2006) Effect of *Chlorella* addition on the quality of processed cheese. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 35, 373–377.
- Jung, F., Krüger-Genge, A., Waldeck, P., & Küpper, J. H. (2019). *Arthrospira platensis*, a super food. Journal of Cellular Biotechnology, 5(1), 43-54.
- Kargın, H. (2020). Akuakültürde mikroalg üretim sistemleri ve fotobiyoreaktörler: Dünyada ve ülkemizde kullanımı. Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research, 3(3), 112-130.
- Koru, E., & Cirik, S. (2003). *Arthrospira platensis* (Cyanophyceae) mikroalg'inin büyümesine ve bazı biyokimyasal özelliklerine sıcaklığın etkisi. Su Ürünleri Dergisi, 20(3).
- Kulpys, J., Paulauskas, E., Pilipavičius, V., & Stankevičius, R. (2009). Influence of cyanobacteria *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* biomass additive towards the body condition of lactation cows and biochemical milk indexes. Agronomy Research, 7, 823–835.
- Lafarga, T., Fernández-Sevilla, J. M., González-López, C. & Acién-Fernández, F. G., (2020). *Spirulina* for the food and functional food industries, Food Research International, 137, 109356.
- León-Vaz, A., León, R., Giráldez, I., Vega, J. M., & Vígara, J. (2021). Impact of heavy metals in the microalga *Chlorella sorokiniana* and assessment of its potential use in cadmium bioremediation. Aquatic Toxicology, 239, 105941.

- Liu, D., Qv, M., Dai, D., Wang, X., & Zhu, L. (2023). Toxic responses of freshwater microalgae *Chlorella sorokiniana* due to exposure of flame retardants. *Chemosphere*, 310, 136808.
- Loseva, N.L., Alyabyav, A.J., Rachimova, G.G., & Estrina, R.I. (1998). The effect of high temperature and salt on the metabolic heat rate of *Chlorella* cells. *Thermochimica Acta*, 309, 129-131.
- Lupatini, A. L., Colla, L. M., Canan, C. & Colla, E. (2017). Potential application of microalga *Spirulina platensis* as a protein source. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(3), 724-732.
- Malik, P., Kempanna, C., Murthy, N., & Anjum, A. (2013). Quality characteristics of yoghurt enriched with *Spirulina* powder. *Mysore Journal of Agricultural Science*, 47(2), 354-359.
- Mello-Sampayo, C., Corvo, M. L., Mendes, R., Duarte, D., Lucas, J., Pinto, R., Batista, A. P., Raymundo, A., Silva-Lima, B., Bandarra, N. M., & Gouveia, L. (2013). Insights on the safety of carotenogenic *Chlorella vulgaris* in rodents. *Algal Research*, 2, 409-415.
- Miki, W., Yamaguchi, S. & Konosu, S. (1986). Caratenoid composition of *Spirulina maxima*, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 7, 1225.
- Mishra, A. (2022). *Algal functional foods and nutraceuticals: Benefits, opportunities, and challenges*. Bentham Science Publishers.
- Nedeva, R., Jordanova, G., Kistanova, E., Shumkov, K., Georgiev, B., Abadgieva, D., Kacheva, D., Shimkus, A., & Shimkine, A. (2014). Effect of the addition of *Spirulina platensis* on the productivity and some blood parameters on growing pigs. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. Retrieved February 20, 2016.
- Niccolai, A., Zittelli, G.C., Rodolfi, L., Biondi, N., & Tredici, M.R. (2019). Microalgae of interest as food source: Biochemical composition and digestibility. *Algal Research*, 42, 101617.
- Oguz, H. (2008). Çukurova iklim koşullarının *Spirulina platensis* (Cyanophyta)'deki fikosiyanin miktarına etkisi (Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Onacık-Gür, S., Żbikowska, A., & Majewska, B. (2018). Effect of *Spirulina platensis* addition on textural and quality properties of cookies. *Italian Journal of Food Science*, 30, 1-12.
- Özoğul, İ., Kuley, E., Durmus, M., Özogul, Y., & Polat, A. (2021). The effects of microalgae (*Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris*) extracts on the quality of vacuum packaged sardine during chilled storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15, 1327-1340.
- Paoletti, C., Vincenzini, M., Boci, F., & Materassi, R. (1980). Composizione biochimica generale delle biomasse di *Spirulina platensis* e *S. maxima*. In R. Materassi (Ed.), *Prospettive della coltura di Spirulina in Italia* (pp. 111-125). Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- Peiretti P. G., & Meineri G. (2008) Effects of diets with increasing levels of *Spirulina platensis* on the performance and apparent digestibility in growing rabbits. *Livestock Science*, 118(1), 173-177.
- Pérez-Legaspi, I.A., Valadez-Rocha, V., Ortega-Clemente, L.A., & Jiménez-García, M.I. (2019). Microalgal pigment induction and transfer in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 1-21.

- Piasecka, A., & Baier, A. (2022). Metabolic and proteomic analysis of *Chlorella sorokiniana*, *Chloroidium saccharofilum*, and *Chlorella vulgaris* cells cultured in autotrophic, photoheterotrophic, and mixotrophic cultivation modes. *Molecules*, 27(15), 4817.
- Qian, P., Gao, K., Gao, Z., Xue, C., Hu, X., Liu, Q., ... & Deng, X. (2021). Regulating the growth and chemical compositions of a freshwater microalga *Chlorella sorokiniana* by adding myo-inositol to culture media. *Algal Research*, 55, 102150.
- Ragaza, J. A., Hossain, M. S., Meiler, K. A., Velasquez, S. F. & Kumar, V. (2020). A review on *Spirulina*: Alternative media for cultivation and nutritive value as an aquafeed, *Reviews in Aquaculture*, 12(4): 2371-2395.
- Ramanna, L., Guldhe, A., Rawat, I., & Bux, F. (2014). The optimization of biomass and lipid yields of *Chlorella sorokiniana* when using wastewater supplemented with different nitrogen sources. *Bioresource technology*, 168, 127-135.
- Reboleira, J., Freitas, R., Pinteus, S., Silva, J., Alves, C., Pedrosa, R., & Bernardino, S. (2019). *Spirulina*. In *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements* (pp. 409-413). Academic Press.
- Richmond, A. (1986). Outdoor mass cultures of microalgae. In A. Richmond (Ed.), *Handbook of Microalgal Mass Cultures of Microalgae* (pp. 285–329). CRC Press.
- Richmond, A. (2004). Biological principles of mass cultivation. In A. Richmond (Ed.), *Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology* (pp. 125–177). Blackwell Science Ltd.
- Saharan, V., & Jood, S. (2017). Vitamins, minerals, protein digestibility and antioxidant activity of bread enriched with *Spirulina platensis* powder. *International Journal of Agricultural Sciences*, 7(3): 1292-1297.
- Sahni, P., Sharma, S., & Singh, B. (2019). Evaluation and quality assessment of defatted microalgae meal of *Chlorella* as an alternative food ingredient in cookies. *Nutrition and Food Science*, 49(2), 221-231.
- Sarada, R., Pillai, M. G., & Ravishankar, G. A. (1998). Phycocyanin from *Spirulina* sp.: Influence of processing of biomass on phycocyanin yield, analysis of efficiency of extraction methods and stability studies on phycocyanin. *Process Biochemistry*, 34, 795-801.
- Saranraj, P., & Sivasakthi, S. (2014). *Arthrospira platensis* food for future: A review. *Asian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 4(1), 26-33
- Sasa, A., Şentürk, F., Üstündağ, Y., & Erem, F. (2020). Alglerin gıda veya gıda bileşeni olarak kullanımı ve sağlık üzerine etkileri. *Uluslararası Mühendislik Tasarım ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 97-110.
- Sawasdee, N., Jantakee, K., Wathikthinnakon, M., Panwong, S., Pekkoh, J., Duangjan, K., ... & Panya, A. (2023). Microalga *Chlorella* sp. extract induced apoptotic cell death of cholangiocarcinoma via AKT/mTOR signaling pathway. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 160, 114306.
- Selmo, M.S., & Salas-Mellado, M.M. (2014). Technological quality of bread from rice flour with *Spirulina*. *International Food Research Journal*, 21(4), 1523-1528.

- Shiomi, N. & Waisundara, V. (2017). Superfood and functional food: The development of superfoods and their roles as medicine, BoD–Books on Demand.
- Sibiya, T., Ghazi, T., & Chuturgoon, A. (2022). The potential of *Arthrospira platensis* to ameliorate the adverse effects of highly active antiretroviral therapy (HAART).
- Singh, P., Singh, R., Jha, A., Rasane, P., & Gautam, A.K. (2015). Optimization of a process for high fibre and high protein biscuit. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 1394-1403.
- Singh, R. (1998). Nutritional evaluation of *Chlorella sorokiniana* as a source of vitamin B12. *Phytochemistry Reviews*, 17(2), 117–123.
- Soni, R. A., Sudhakar, K., & Rana, R. S. (2019). Comparative study on the growth performance of *Spirulina platensis* on modifying culture media. *Energy Reports*, 5, 327-336.
- Soni, R.A., Sudhakar, K., & Rana, R.S. (2017). *Spirulina*– From growth to nutritional product: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 69, 157- 171.
- Tohamy, M.M., Ali, M.A., Shaaban, H.A.G., Mohamad, A.G., & Hasanain, A.M. (2018). Production of functional spreadable processed cheese using *Chlorella vulgaris*. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 17(4), 347-358.
- Toyomizu M, Sato K, Taroda H, Kato T, & Akiba Y. (2001) Effects of dietary spirulina on meat colour in muscle of broiler chickens. *British Poultry Science* 42(2), 197-202.
- Tunail, N. (2009). *Mikrobiyoloji*. Pelin Ofset.
- Ürgüt O. S., Yağcılar Ç., Gürkan M. E., & Cavlak M. (2022). Effect of iron in liquid and solid form on microalgae (*Arthrospira platensis*) growth and biomass. In *International Aegean Conference on Natural & Medical Sciences*.
- Vadrale, A. P., Dong, C. D., Haldar, D., Wu, C. H., Chen, C. W., Singhanian, R. R., & Patel, A. K. (2023). Bioprocess development to enhance biomass and lutein production from *Chlorella sorokiniana* KH12. *Bioresource technology*, 128583.
- Vonshak, A. (1997). Morphology, ultrastructure and taxonomy of *Arthrospira* (*Spirulina*): The basic concept. In L. Tomaselli (Ed.), *Spirulina platensis* (*Arthrospira*): Physiology, Cell-Biology and Biotechnology (pp. 1–11). Taylor & Francis.
- Watanabe F, Takenaka S, & KittakaKatsura H. (2002). Characterization and bioavailability of vitamin B12-compounds from edible algae. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 48(5), 325-331.
- Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwell, K.E., Smith, A.G., Camire, M.E., & Brawley, S.H. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: Revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology*, 29, 949-982.
- Yağcılar, Ç., Pehlivanoglu, H., Başel, U. B., & Erdoğan, B. E. (2022). The aquatic zooplankton *Daphnia magna*'s influence on growth and reproduction performance in the different ways of using commercial oath with *Chlorella sorokiniana*. In *Research & Reviews in Agriculture, Forestry and Aquaculture* (pp. 173–187). Gece Kitaplığı.

Yılmaz, H. K., & Duru, M. D. (2011). Siyanobakteri *Arthrospira platensis*'in besin kimyası ve mikrobiyolojisi. *Türk bilimsel derlemeler dergisi*, 1(1), 31-43.

Türkiye’de Karpuz ve Karpuz Çekirdeği Tüketimi

**Pelşin ŞENOL¹
Şule TURHAN²**

¹Pelşin Şenol 502313022@ogr.uludag.edu.tr Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Bursa/TÜRKİYE

²Prof. Dr. Şule Turhan sbudak@uludag.edu.tr Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Bursa/TÜRKİYE

ÖZET

Dünyada oldukça geniş bir alanda karpuz yetiştiriciliği yapılmaktadır. Dünya karpuz yetiştiriciliğinde Çin birinci sıradayken, ikinci sırada Türkiye yer almaktadır.

Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konum nedeniyle, üç tarafı denizlerle çevrili ve ılıman bir iklime sahip olması, geniş tarım üretimine imkân sağlamaktadır. Türkiye'de bazı bölgeler dışında tüm ülkede karpuz yetiştiriciliği yapılmaktadır. Türkiye'de 2023 yılında yaklaşık 3 milyon 147 bin ton üretim gerçekleşmiştir. Bir önceki yıla göre üretimde yüzde 7,3'lük bir azalma meydana gelmiştir. Çoğunlukla dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de karpuz taze sebze olarak tüketilmektedir.

Ancak atık olarak kabul gören karpuz kabuğu ve karpuz çekirdeğinin aslında faydalı pek çok özelliğe sahip olduğu ve içerisinde bulundurduğu besin öğeleri açısından oldukça faydalı olduğu bilinmektedir. Son derece değerli olan bu ürünlerin birçok ülkede olduğu gibi Türkiye'de de değerlendirilmesi ve kullanılması hem ekonomiye katkı sağlayacak hem de son yılların en önemli sorunu olan gıda atıklarının değerlendirilmesi açısından bir çözüm olacaktır.

Anahtar kelimeler: Türkiye, Karpuz, Karpuz çekirdeği tüketimi, Karpuz çekirdeği yağı

1. GİRİŞ

Tarım ve Orman Bakanlığı verilerine göre dünyada ortalama olarak her yıl 3 milyon hektar alanda 100 milyon ton karpuz üretimi yapılmaktadır. Dünya karpuz üretiminde Çin 1. sıradayken Türkiye karpuz üretiminde 2. sıradadır. Karpuz genellikle taze olarak tüketilmektedir. Karpuz çekirdeğinin faydalı pek çok özelliği olduğu halde yeterince tüketilmeyen bir gıda yan ürünüdür. Türkiye'de karpuz çekirdeği tüketimi yaygın olarak kullanılsa da Çin, Ortadoğu, Arap ve Asya bölgelerinde yaygın olarak tüketim için kullanılmaktadır. İnsan beslenmesinde önemli bir role sahip olmaktadır. Ayrıca karpuz kabuğu ve çekirdekleri gıda, kozmetik ve ilaç sanayisinde değerlendirilmektedir (Yaman 2012, Mark Strauss 2015, FAO 2020, TMMOB 2015).

Karpuz bitkisinin sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi için toprağın iyi harmanlanmış, hastalıksız ve su tutma kapasitesinin yüksek olması gerekmektedir. Karpuz bitkisinde kullanım taze tüketim başta olmak üzere meyve suyu, şurup, reçel ve konserve üretiminde kullanılmaktadır. Türkiye'de ana tohum seçimi önemlidir; çünkü seçilen tohumun iyi verim vermesi ve

hastalıklara karşı dirençli olması gerekmektedir (Anonim 1990, Anonim 1995).

Karpuz bitkisinin toprağı önemlidir. Toprak, sonbaharda yağışlar başlamadan önce toprağın altında bulunan minerallerle karıştırılmaktadır. Sürüm esnasında gübre atılırsa, hasatta verim artmaktadır. Karpuz bitkisinin tohumu 70 cm arayla 3-4 adet tohum ekilmektedir. Ardından can suyu verilmektedir. İlk oluşmaya başlayan karpuzlar henüz küçükken koparılmaktadır; nedeni ise sonrasında oluşacak karpuzların daha fazla olgunlaşmasından dolayıdır. Türkiye’de karpuz yetiştiriciliğı susuz yapılmaktadır. Aşırı kurak geçen dönemlerde birkaç kere sulanabilmektedir (Anonim, İTOM).

Karpuz çekirdeğinin atık olarak kabul görmesinin yanlış olduğunu ve besleyici özelliğine dikkat edilmesi gerektiğini, dünya genelinde belirtmesi gerekmektedir. Dünyada karpuz üretiminde 2. sırada yer alan Türkiye’nin bu kadar değerli bir ürünü atık olarak kullanmaması gerektiğı vurgulanmalıdır (Mark Strauss 2015, FAO 2020).

Türkiye’de de değerlendirilmesi ve kullanılması hem ekonomiye katkı sağlayacak hem de son yılların en önemli sorunu olan gıda atıklarının değerlendirilmesi açısından bir çözüm olarak görülebilmektedir. Karpuz çekirdeğinin gerektiğı değeri görmediğı üzerine yapılan araştırmaların çok az ve yetersiz olduğu görülmektedir. Karpuz çekirdeğinin içerisinde bulunan zengin protein ve yağ oranıyla karpuz tohumu unu, bitkisel karpuz yağı vb. ürünlerin üretimi yapılabilmektedir (Karaağaç ve ark 2018, Köten 2024).

Başlangıçta bir sektör haline getirip ülke piyasasında tanıtılan ve ithal edilen ay çekirdeğı, mısır vb. ürünlerin yerine ikame mal olarak kullanılabilir. Verimliliğı yükseltmek ve rekabeti artırmak için çiftçilere tarımsal destek verilip üretimi artırılarak ülke ekonomisine katkıda bulunulabilmektedir. Ülkenin ithalat oranında düşüğe olsa düşüş sağlanabilmektedir (Bozer 2012). Bu çalışmada karpuzun tarihçesi ve yıllara göre karpuz tüketimi incelenmiştir. Dünya’ da ve Türkiye’de Karpuzun atık olarak kabul görülen Karpuz çekirdeğı ve karpuz kabuğunun tüketiminin değerlendirilmesi, besleyici özelliğinin bu kadar fazla ve kullanım alanlarının bu kadar geniş bir ürünün kullanılması hem ekonomiye katkı sağlayabileceğı hem de son yılların en önemli sorunu olan gıda atıklarının değerlendirilmesi açısından bir çözüm üretilmeye çalışılmaktadır.

2. KARPUZ ÜRETİMİ

Karpuz sözcüğü Yunancadan Türkçeye geçmiştir. Kaşgarlı Mahmut'un kaleme aldığı Divanı Lügatit Türk ve Ali Şir Nevai'nin kaleme aldığı Muhakemetü'l Lugateyn (İki dilin karışımından) de karpuz sözcüğünün Türkçesi 'büken' olarak geçmektedir. Yapılan bilimsel araştırmalar da karpuz bitkisinin ilk bulgularının Güney Afrika bölgesinde 4000 yıl önce Mısır'da keşfedildiğini göstermektedir. The New York Times dergisinde kaleme alındığı gibi Mısır'ın eski başkenti olan Memphis'te Sakkara, ölülerin defnedildiği bir mezarlık olarak bilinmektedir. Khnumhotep'in mezarına karpuzun resmedildiği görülmektedir.



Resim 1: 4000 yıl önce Mısır mezarlarında bulunan karpuzla ilgili kalıntılar

Kaynak: <https://arkeofili.com/> Erişim: 20/11/2024

Resim 1'de Mısır'ın başkenti Memphis'teki Sakkara mezarlığında rastlanan karpuz resimleri görülmektedir. Tarihi aydınlatan bazı kanıt niteliği taşıyan resimlerde karpuzun oval bir şekilde olduğu kanıtlanmaktadır (Anonim 2021, Anonim 2015).

Sheffield Üniversitesi'nde Profesör Guillaume Chomicki, Afrika'daki bitkilerin tarihini araştırırken Sudan'a özgü yaklaşık altı inç genişliğinde küçük, yuvarlak Kordofan (15 santimetre genişliğinde, içi beyaz, dışıysa hafif

izgili ve yeşil) karpuzunun günümüz karpuzuyla çok daha yakın genetik özelliklere sahip olduğunu kaleme almaktadır (Strauss 2015, Anonim 2021).



Resim 2: Kordofan karpuzu

Kaynak: <https://www-smithsonianmag-com> Erişim: 20/11/2024

Bulunan bulgularda, Kordofan karpuzunun yabani karpuzun ehlileştirilmiş hali olduğu düşünülmektedir. Yapılan bilimsel araştırmalar da Resim 2’de görüldüğü gibi Kordofan karpuzunun günümüz karpuzuna benzerliğinden ve genetik yapısından dolayı atası olarak kabul edilmektedir. Bu durum, Doğu Afrika’da ortaya çıktığının bir kanıtıdır. Resim 3’de görüldüğü gibi Sudan ve Mısır iki komşu ülkedir. Kordofan, Mısır’dan çok uzakta olmadığı için söz konusu mezarda tespit edilen karpuz resmini de doğrulamaktadır.



Resim 3: Sudan ve Mısırın haritadaki konumu

Kaynak: <https://www.nytimes.com/2021/05/28/science/watermelons-genome-origins.html?smid=url-share>. Erişim: 20/11/2024

Mısır’da karpuz; ilk olarak yüksek su içerdiği için yetiştirildiği ve sadece bir besin olarak değil, aynı zamanda bir tür su depolama yöntemi olarak kurak mevsimlerde yenmek üzere saklandığı rivayet edilmektedir. Zamanla karpuz ıslah edilerek tatlı bir tada kavuştuğu söylenmektedir. Böylece karpuz sadece bir su kaynağı olmaktan çıkıp keyifle yenilen bir meyveye dönüşmüştür (Anonim 2021, Chomicki ve üren 2021)

Karpuz bitkisi 7. yüzyılda Hindistan’da yetiştirilmeye başlanmıştır. Hindistan’da yetiştirilmeye başlanan karpuz bitkisi 10. yüzyılda Çin’e ulaşmıştır. Moors (bozkırlar), karpuzu 13. yüzyılda İber Yarımadası’na (İspanya, Portekiz) getirilmiş ve tanıtılmıştır ve oradan da Güney Avrupa’ya yayılmıştır. 17. yüzyıla gelindiğinde karpuz Avrupa’da yaygın bir şekilde tüketilmeye başlanmıştır.

Karpuz (*Citrullus lanatus*) kabak veya kabakgiller (*Cucurbitaceae*) ailesine ait olan bir bitkidir. Karpuz, düşük kalorili, yüksek su içeriği ve besleyici özelliği olmasından dolayı dünyada önemli miktarlarda yetiştirilmektedir. Dünyanın, özellikle sıcak ve ılıman bölgelerinde yerde sürünerek yetişen tek yıllık bir sebzedir. Dünyada ve Türkiye’de domatesten sonra en fazla karpuz üretilmektedir (TMMOB 2015, Anonim 2021, FAO 2020, Danie ve Liu, 2007, Sabahelkhier ve ark 2011).

Karpuz, kabakgiller bitki ailesinin içerisinde yer almaktadır. Kabakgiller (*Cucurbitaceae*) familyasında 119 cins ve 825 tür bulunmaktadır. Bunlar arasında *Cucumis*, *Cucurbita*, *Citrullus* ve *Lagenaria* cinsleri önemli bir

ekonomik değere sahiptir. Karpuzun yer aldığı *Citrullus* cinsinde dört adet alt tür olmasına rağmen, ekonomik açıdan en çok *Citrullus lanatus* ve *Citrullus colocynthis*'ten söz edilmektedir. (Karaağaç ve ark.2018)

Türkiye'de üretimi yapılan bölgeler Güneydoğu, Ege, Trakya ve Orta Anadolu bölgesidir. Karpuzun yenilebilir kısmı, sulu ve sert kabuklu olgunlaşmış bir meyve olarak bilinmektedir. Alt türüne ait çekirdekli ve çekirdeksiz olan karpuz meyveleri, şekil, boyut ve kabuk özellikleri bakımından zengin bir çeşitlilik göstermektedir.

Karpuz bitkisinin, sağlıklı bir şekilde gelişebilmesi için toprağın hastalıksız ve su tutma kapasitesi yüksek ve iyi harmanlanmış olması gerekmektedir. Karpuz bitkisinin tohum seçimi önemlidir; çünkü seçilen tohumun iyi verim vermesi ve hastalıklara karşı dirençli olması gerekmektedir. (Aras. 2015, Anonim, 1990, Anonim, 1995, Balkaya. 2015, Çöteli. 2021)

Karpuz bitkisinin toprağı önemlidir; toprak sonbaharda yağışlar başlamadan önce toprağın altında bulunan mineraller karıştırılmalı ve sürüm esnasında gübre atılırsa hasatta verim artmaktadır. Karpuz bitkisinin tohumu 70 cm arayla 3-4 adet tohum ekilmelidir. Ardından can suyu verilmelidir. Oluşmaya başlayan karpuzlar henüz küçükken koparılmaktadır ki diğer karpuzlar daha fazla olgunlaşabilsin. Türkiye'de karpuz yetiştiriciliği genellikle susuz yapılmaktadır. Aşırı kurak geçen dönemlerde birkaç kere sulanabilmektedir.

Tüketime sunulan karpuzların ağırlıkları genellikle 2 ile 18 kg arasında değişmektedir. Karpuzun yenilebilir olan meyve eti kısmı, tüm meyve ağırlığının yaklaşık %65'idir ve bunun da %88-95'i sudur. (Miller. 2002)



Resim 4: 17. Yüzyılda ressam Giovanni Stanchi'nin resmettiği sanat eseri

Kaynak: Christopher Jobson/www.thisiscolossal.com Erişim: 20/11/2024

Yapılan bilimsel araştırmalar 17. yüzyılda yetiştirilmekte olan karpuzların kesildiğinde içerisinde eşit altı adet üçgen parçasının ortaya çıktığını belirtmektedir. Resim 4'te görüldüğü gibi ressam Giovanni Stanchi'nin 17. yüzyılda resmettiği eseri o dönemdeki karpuzun cinsini doğrulamaktadır. Karpuzda yüksek oranda şeker bulunmakta ve bu şekerin önemli bir bölümünü fruktoz oluşturmaktadır. Taze olarak tüketilen kısımda %7-10 oranlarında suda çözünebilir kuru madde bulunmaktadır (Anonim 2021, Mark Strauss 2015).

Tablo 1: Karpuz'un Besin Değerı

100 gr Karpuz'un Besin Değerı	
Kalori	26 cal
Karbonhidrat	7.6
Demir	0.3 mg
Kalsiyum	7 mg
Lif	0.4 g
Potasyum	112 mg
C vitamini	8.1 mg
A vitamini	569 IU
Protein	0.5 g
Kolestrol	0

<https://www.nytimes.com/2021/05/28/science/watermelons-genome-origins.html?smid=url-share>.

Tablo 1’de görüldüğü gibi karpuz; karbonhidrat, lif, protein, A, B ve C vitaminleri ile çeşitli mineral maddeleri de içermektedir. Yağ ve kolesterol içermemektedir (Anonim 2021).

Karpuzun besin içerikleri aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır;

Antioksidandır: Karpuzun içerisinde bulundurduğu antioksidanlar, yaşlanma ve hastalık önlemede önemli bir koruyucu olarak kabul edilmektedir.

İdrar söktürücüdür: Vücudun zararlı toksinlerini dışarı atmaya yardımcıdır. İdrar söktürücü özelliği bulunmaktadır. Karaciğeri temizler ve böbrek fonksiyonlarını uyarmaktadır.

Nemlendirir: Vücudun terleme yoluyla kaybettiği sıvı ve minerallerin yerine gelmesine yardımcı olmaktadır. Yaz aylarında susuzluğu gidermek için kullanılan bir meyvedir.

Gözler: Karpuzun içerisinde bulunan likopen vitamini göz sağlığı için önemlidir.

Enerji verir: Karpuzun içerisinde bulunan B6 ve B1 vitaminleri, doğal güçlendiricilere sahiptir. Magnezyum gibi minerallerin zengin bir kaynağıdır.

Bağışıklık sistemini güçlendirmektedir.

Tansiyon ve kalbi korumaktadır: İçinde bulunan amino asit ve magnezyum, kan basıncını dengelemektedir. Tansiyonu düzenler ve kalp sorunlarına karşı korumaktadır. (Güneş ve ark 2015, Anonim 2021).

2.1. DÜNYADA KARPUZ ÜRETİMİ

Dünyada karpuz üretimi oldukça geniş bir alanda yetiştiriciliği yapılmaktadır. Dünya karpuz yetiştiriciliğinde Tablo 2 ve Grafik 1’de görüldüğü gibi 2012 yılında Çin yaklaşık 70 milyon ton, Türkiye 4 milyon ton, İran 3,8 milyon ton, Brezilya 2,0 milyon ton ve Mısır 1,9 milyon ton ile önemli üretim yapan ülkelerdir. Çin, dünya rekoltesinin %66’sını üretirken, ikinci sıradaki Türkiye’nin payı %3,8 düzeyinde üretimle ilk sırada yer almaktadır.

Tablo 2: Dünya genelinde karpuz üretim miktarları (2012)

Ülke /2012	Ton
Çin	70.000.000.000
Türkiye	4.000.000.000
İran	3.800.000.000
Brezilya	2.000.000.000
Mısır	1.900.000.000
Diğer Ülkeler	20.000.000.000

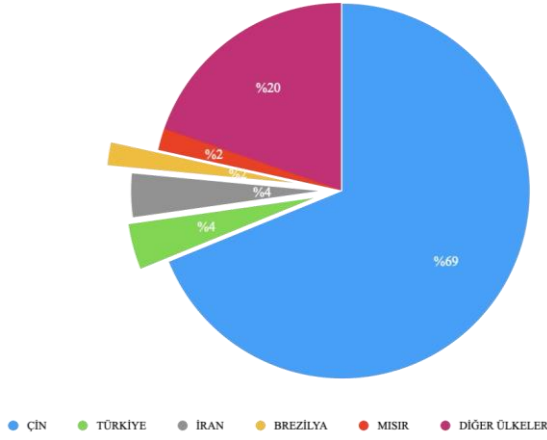
Kaynak: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasaları> Erişim: 20/11/2024

Tablo 3: Dünya genelinde karpuz üretim miktarları (2024)

Ülke/2024	Ton
Çin	60.100.000.00
Türkiye	3.500.000.000
Hindistan	2.800.000.000
Iran	2.700.000.000
Cezayir	2.300.000.000
Brezilya	2.200.000.000
Diğer Ülkeler	6.300.000.000

Kaynak: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasaları> Erişim: 20/11/2024

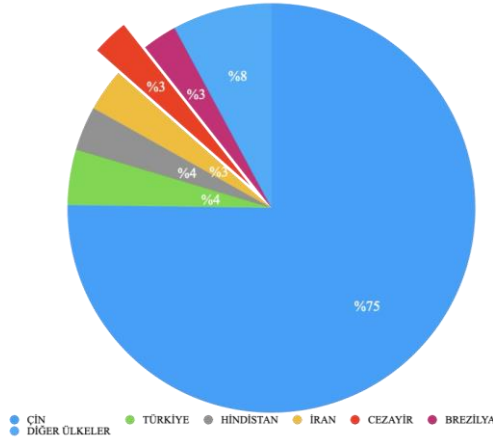
2012



Grafik 1: TÜİK verilerine göre 2012 yılında Dünya genelinde karpuz yetiştiriciliğinin % gösterimi

Kaynak: TÜİK 2012 Erişim: 20/11/2024

2024



Grafik 2: TÜİK verilerine göre 2024 yılında Dünya genelinde karpuz yetiştiriciliğinin % gösterimi

Kaynak: TÜİK 2024 Erişim: 20/11/2024

Dünya karpuz yetiştiriciliğinde Tablo 3 ve Grafik 2’de görüldüğü gibi, 2024 yılında Çin yaklaşık 60,1 milyon ton, Türkiye 3,5 milyon ton, Hindistan 2,8

milyon ton, İran 2,7 milyon ton, Cezayir 2,3 milyon ton ve Brezilya 2,2 milyon ton ile önemli üretici ülkelerdir (Çöteli 2021, Kaya 2022).

Dünya çapında 96 ülkede 1.200'den fazla karpuz çeşidi bulunmaktadır. Dünyada her yıl yaklaşık olarak 100 milyon ton (3 milyon hektar) karpuz üretimi yapılmaktadır. Grafik 3'te Dünyada karpuz üretiminde en önemli Çin, Türkiye ve Hindistan ülkelerinin yıllar içerisinde karpuz üretim miktar verileri görülmektedir (Kaya 2022).

Dünya genelinde son 6 yılda karpuz üretim miktarları yer almaktadır. FAO verilerine göre dünya genelinde en çok üretilen ikinci ürün karpuzdur. 2018 yılında karpuz üretiminde önde gelen ülkelerde, Çin 61,2 milyon ton üretimle birinci sırada, Türkiye 4 milyon ton üretimle ikinci sırada, Hindistan 2,5 milyon ton üretimle üçüncü sırada yer almaktadır.

2019 yılında karpuz dünyada en çok yetiştirilen yaş meyve sıralamasında muzdan sonra ikinci sırada yer almaktadır. 2019 yılında karpuz üretiminde önde gelen ülkelerde, Çin 60,4 milyon ton üretimle birinci sırada, Türkiye 3,8 milyon ton üretimle ikinci sırada, Hindistan 2,5 milyon ton üretimle üçüncü sırada yer almaktadır.

2020 yılında karpuz üretiminde önde gelen ülkelerde, Çin 59,3 milyon ton üretimle birinci sırada, Türkiye 3,4 milyon ton üretimle ikinci sırada, Hindistan 2,7 milyon ton üretimle üçüncü sırada yer almaktadır.

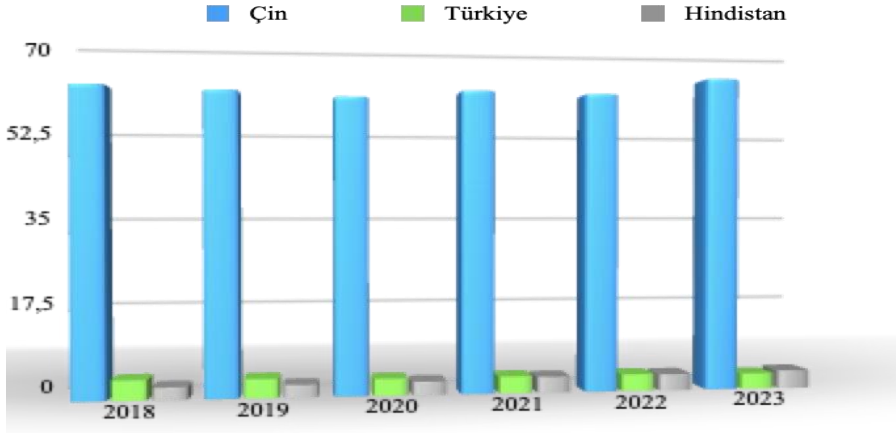
2021 yılında Dünya genelinde en çok üretilen ikinci ürün karpuzdur. 2021 yılında Dünya karpuz üretim miktarı toplam 101,6 milyon tondur. 2021 yılında karpuz üretiminde önde gelen ülkelerde, 60,8 milyon ton üretimle birinci sırada Çin, 3,4 milyon ton üretimle ikinci sırada Türkiye, 3,2 milyon ton üretimle üçüncü sırada Hindistan yer almaktadır.

2022 yılında Dünya karpuz üretiminde önde gelen ülkelerin başında Çin 60,6 milyon ton üretimle birinci sıradayken, 3,4 milyon ton üretimle ikinci sırada Türkiye, 3,2 milyon ton üretimle üçüncü sırada Hindistan, 2,02 milyon ton üretimle dördüncü sırada Cezayir ve 1,91 milyon ton üretimle beşinci sırada Brezilya yer almaktadır.

2023 yılında Dünya karpuz üretimi %1,83'lük bir artışla 104.932.071 milyon ton üretimle yeni bir Dünya rekoru kırılmıştır. 2023 yılında karpuz üretimi Dünya çapında 104.932.071 milyon tonu üretildi ve 2022 yılında karpuz üretimi Dünya çapında 103.043.171 milyon tona kıyasla +1.83'lük (1.888.900 milyon ton daha fazla) bir artış görülmektedir. Dünya karpuz üretiminde

yıllardır ilk sırada olan ülke Çin'dir. Çin, dünya karpuz üretiminin toplamının %60,82'sini üreterek 63.821.300 milyon ton ile dünyanın en büyük karpuz üretici ülkesidir. 2023 yılında Dünya karpuz üretiminde ikinci ülke 3.626.000 milyon ton üretimle Hindistan'dır. 2023 yılında Dünya karpuz üretiminde üçüncü ülke 3.147,92 milyon ton üretimle Türkiye'dir.

Karpuz üretiminde önemli ülkeler



Grafik 3: 2018-2023 yılları arasında Dünyada en fazla karpuz üretimi yapan ülkeler

Kaynak: TÜİK Erişim: 02/12/2024

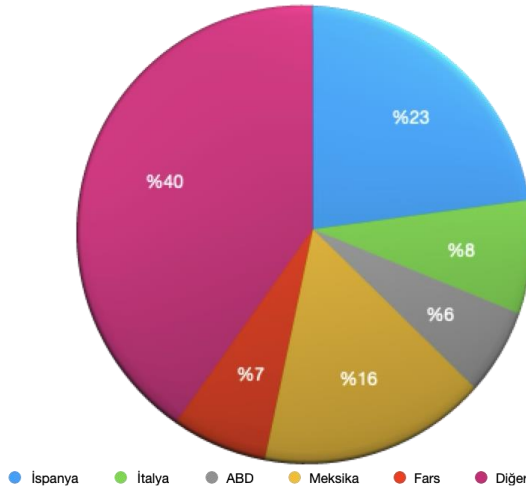
Tablo 4: Dünyada karpuz ekim (2015-2020 yılları arasında)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Alan (bin/hektar)	3,177	3,205	3,109	3,120	3,084	3,053
Verim (ton/hektar)	31,78	31,95	32,46	32,19	32,55	33,10
Üretim	100,976	102,392	100,955	100,459	100,415	101,068
İthalat	3.740	4,097	4,171	4,523	4,459	4,212
İhracat	4.601	4,458	4,794	4,898	4,734	4,486

Kaynak: TÜİK, TOB, FAO Erişim: 02/12/2024

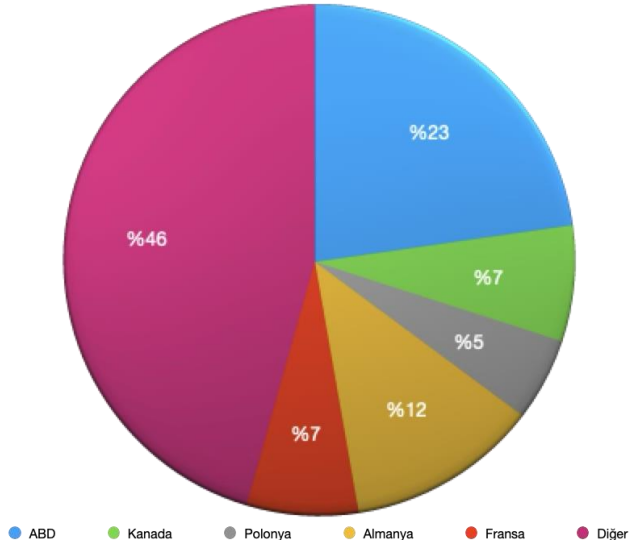
Tablo 4'te görüldüğü gibi FAO verilerine göre karpuz dünyada en çok yetiştirilen yaş meyve sıralamasında muzdan sonra ikinci sırada yer almaktadır (Çöteli 2021, Kaya 2022).

2019 yılında dünya karpuz üretiminin %60'ını 60 milyon ton üretim rakamıyla Çin karşılamaktadır. Karpuz üretiminde Çin'i 4 milyon ton üretimle Türkiye ikinci sırada takip etmektedir. Dünya ortalamasında karpuzdan alınan verim 33,6 ton/ha'dur. FAO verileri incelendiğinde Türkiye dünyada karpuz ekilen alanların %3'üne sahip olmasına karşın karpuz verimi (44,5 ton/ha) ile Çin'den fazla olmaktadır. 2020 karpuz ihracatı, 2019 yılına göre %9 oranında azalma meydana gelmektedir



Grafik 3: FAO 2019 karpuz ihracatı verileri

Kaynak: FAO Erişim: 02/12/2024



Grafik 4: FAO 2019 karpuz ithalatı verileri

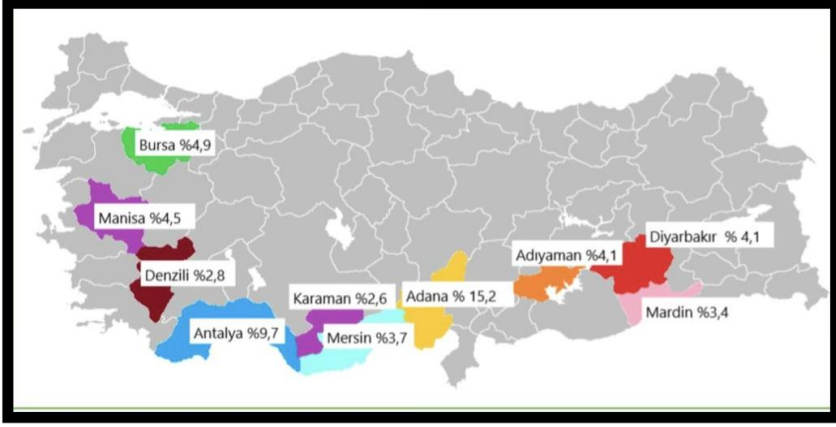
Kaynak: FAO Erişim: 02/12/2024

Grafik 4'te görülmekte olan Toplam ihracatın %16'sını Meksika, %22'sini İspanya gerçekleştirmektedir. 2020 yılında dünya karpuz ithalatı, 2019 yılına göre %11 oranında azalma görülmektedir. Dünya karpuz ithalatının %21'ini ABD, %14'ünü Almanya yapmaktadır. Dünyada karpuz ihracatına konu olan karpuz miktarı 4,5 milyon tondur (FAO 2020, Kaya 2022, Çöteli 2021, Aras 2015, FAO 2020).

Dünyada toplam karpuz ithalatı, 4,2 milyon tondur. 2020 yılında dünya karpuz ithalatı bir önceki yıla göre %11 azalmıştır. Grafik 5'te görülmekte olan dünya karpuz ithalatının %21'ini ABD, %14'ünü Almanya yapmaktadır. Dünyada ihracata konu olan karpuz miktarı 4,5 milyon tondur. Dünya karpuz ithalatında toplam miktar 4,2 milyon tondur (Kaya 2022, Çöteli 2021, FAO 2020, FAO 2013).

2.2. TÜRKİYEDE KARPUZ ÜRETİMİ

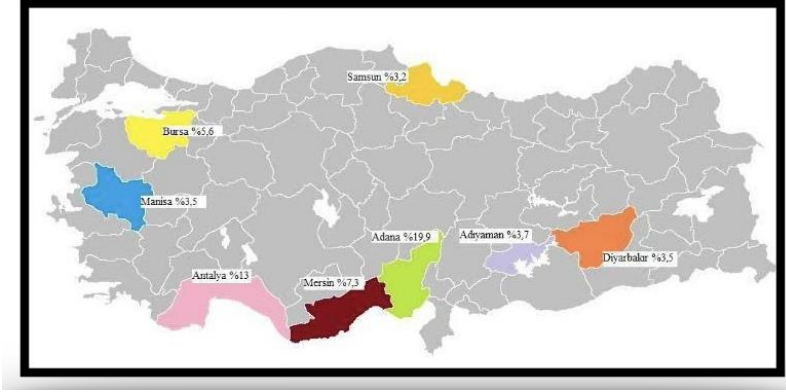
Türkiye'de 2020 yılında 740 bin dekarlık alanda karpuz üretimi yapılmaktadır. Resim 5'te görüldüğü gibi 2020 yılında Türkiye'de karpuz ekimi yapılan şehirler Adana (%7), Antalya (%2), ve Bursa (%2) karpuz üretimi açısından önemli iller arasında yer almaktadır (Kaya. 2022).



Resim 5: 2020 yılında Türkiye’de karpuz üretimi yapan şehirler

Kaynak: TÜİK Erişim: 02/12/2024

TÜİK verileri kontrol edildiğinde, yıllar içinde ekim yapılan alanların azalmasına karşı üretim miktarının arttığı görülmektedir. Akdeniz Bölgesi yoğunlukla olmakla beraber, Ege, Güneydoğu Anadolu ve Marmara, karpuz üretimi yapılan diğer bölgelerdir (TMMOB 2015, Çöteli 2021).



Resim 6: 2021 yılında Türkiye’de karpuz üretimi yapan şehirler

Kaynak: TÜİK Erişim: 02/12/2024

2021 yılında Türkiye’de 3,5 milyon ton karpuz üretimi yapılmıştır. Bulunduğu coğrafi konum ve iklim koşullarının elverişli olmasının etkisiyle de karpuz üretiminin en fazla yapıldığı il Adana’dır. Resim 6’da görüldüğü gibi 2021 yılında Türkiye Üretiminin %20’si Adana’da gerçekleşmektedir.

Üretimde %13 üretim oranıyla Antalya ikinci sırada yer almaktadır (Kaya 2022).

TÜİK Bitkisel Üretim İstatistiklerine göre; 2020 yılında Türkiye karpuz üretimi yaklaşık 740 bin ha alandan 3,9 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Karpuz üretiminin %23'ü örtü altı (alçak tünellerde) yetiştiricilikten elde edilmektedir (Kaya 2022).

TÜİK verilerine göre; 2019 yılında kişi başı karpuz tüketimi 40 kg olarak gerçekleşmiştir. Karpuzun ortalama verimi dekara 4,74 kg'dır. Türkiye'de karpuz, üretim bakımından kabakgiller familyasında %61'lik payla ilk sırada, tüm sebzeler içerisinde ise %11'lik payla ikinci sırada yer almaktadır.

Karpuz, domatesten sonra en fazla üretilen ikinci sebzedir. Üretimin %35'i Akdeniz Bölgesi'nde yapılmaktadır.

Türkiye'de önemli karpuz yetiştiricilik alanları:

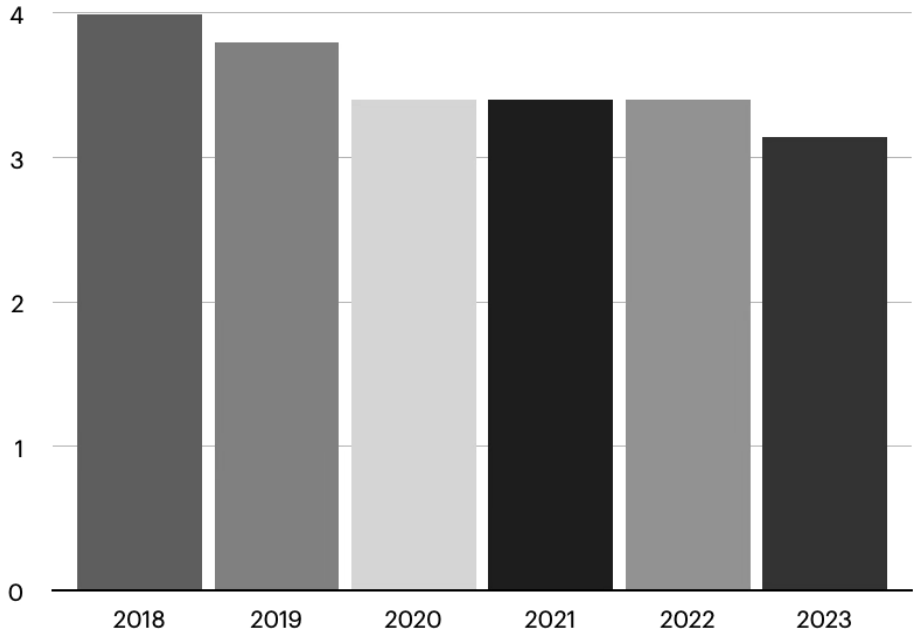
- Çukurova: Karataş, Seyhan, Ceyhan, Yüreğir, Tarsus, Kadirli
- Antalya: Serik, Manavgat, Elmalı, Korkuteli
- Trakya: Tekirdağ, Uzunköprü, Meriç, İpsala, Kırklareli
- Ege: Atça, Ödemiş, Tire, Torbalı, Kiraz, Ortaca
- Güney Marmara: Kemalpaşa, Karacabey, Balıkesir, Osmaniye
- Karadeniz: Bafra, Çarşamba, Erbaa, Niksar
- Güneydoğu Anadolu: Adıyaman, Şanlıurfa, Mardin, Batman, Diyarbakır.
- Doğu Anadolu: Malatya, Elazığ, Iğdır
- Orta Anadolu: Polatlı, Yerköy, Çerkeş (Balkaya. 2015)

Tablo 5: Türkiye'de karpuz üretim verileri (2016-2021 yılları arasında)

	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21
Üretim (ton)	3,929	4,011	4,031	3,870	3,492
Yurt içi kullanım (ton)	3,835	3,909	3,952	3,726	3,363

İnsan tüketimi (ton)	3,451	3,518	3,557	3,354	3,027
İhracat (ton)	24	57	46	76	90
İthalat (ton)	36	64	76	37	57
Kişi başı tüketim (kg/kişi)	43,2	3,5	43,4	40,3	36,2
Kendine yeterlilik (%)	99,7	99,8	99,3	101,0	101,0

Kaynak: TMMOB Erişim: 01/01/2025



2018-2023 yıllarında Türkiye Karpuz Üretim Miktarları

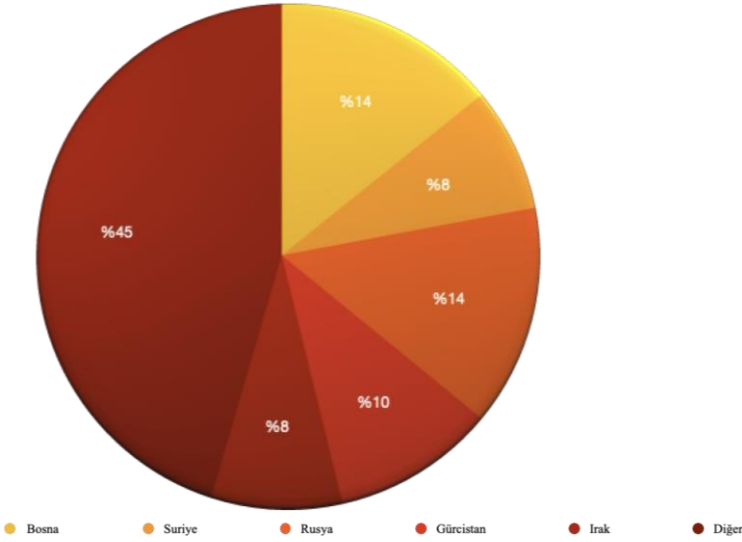
Grafik 6: 2018-2023 yılları arasında Türkiye’de karpuz üretim miktarları

Kaynak: TÜİK, FAO, TMMOB Erişim: 01/01/2025

Grafik 6’da 2018 ve 2023 yılları arasında Türkiye karpuz üretim verileri yer almaktadır. 2018 yılında Türkiye’de karpuz üretim miktarı 4 milyon tondur.

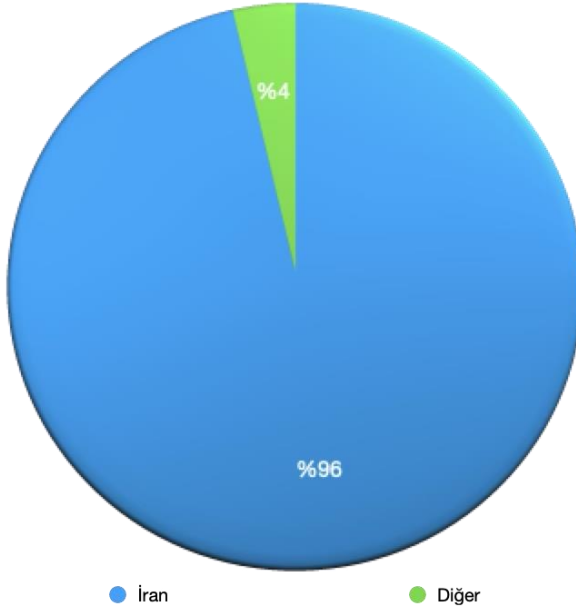
2019 yılında karpuz üretim miktarında 0,2 milyon ton azalma yaşandığı görülmekte; 3,8 milyon ton üretim yapılmıştır. 2020, 2021, 2022 yıllarında 3,4 milyon tonluk üretim yapıldığı görülmektedir. 2023 yılında Türkiye’de 3,14 tonluk üretim yapıldığı görülmektedir.

Karpuz tüketim süresinin kısa olmasından dolayı genellikle iç tüketime konu olan bir üründür. Türkiye’de karpuz dış ticareti, üretim miktarıyla kıyaslandığında dış ticaret miktarı düşüktür. İhraç edilen karpuzlar genellikle yakın ülkelere ve Avrupa ülkelerine yapılmaktadır. Grafik 7’de İhraç edilen karpuzlar genellikle yakın ülkelere ve Avrupa ülkelerine yapıldığı görülmektedir. Grafik 7’de görüldüğü gibi Türkiye’nin karpuz ihracatı yapan ülkeleri Suriye, Gürcistan ve Polonya olmuştur (Çöteli 2021, Kaya 2022, TMMOB 2015, Kaya 2022).



Grafik 7: TÜİK verilerine göre 2021 ve 2022 yıllarında Türkiye’nin ülkelere göre karpuz ihracatı

Kaynak: TÜİK Erişim: 01/01/2025



Grafik 8: TÜİK verilerine 2021-2022 yıllarında Türkiye'nin ülkelere göre karpuz ithalatı

Kaynak: TÜİK Erişim: 01/01/2025

İhracatta Adana ve çevresinde ocak-haziran ayları arasında yapılan turfanda karpuz üretimi önemlidir. Türkiye karpuz ithalatı, üretimin olmadığı mevsimlerde yapılmaktadır. Grafik 8'te görüldüğü gibi, 2021 yılında altı farklı ülkeden gerçekleştirilen 29 bin ton karpuz ithalatı gerçekleşirken, toplam ithalatın %96'sı İran'dan yapılmaktadır (Aras 2015, TMMOB 2015).

3. KARPUZ ÇEKİRDEĞİ ÖNEMİ

Karpuzun meyve eti, yenilebilir kısım olarak değerlendirilirken, tohumları ise genelde atık olarak kabul edilmektedir. Meyveler genetik yapılarına göre değişen adet, renk, büyüklük ve çok sayıda tohuma sahiptir. Embriyo, tohumu tamamen doldurur. Karpuz tohumları, besleyici özelliği oldukça fazla olan ancak yeterince tüketilmeyen ve tüketildiği bilinmeyen bir gıda yan ürünüdür (Güneş ve ark 2015, Yaman 2012).

Karpuz, dünyada neredeyse tamamen taze meyve olarak tüketilirken, aynı zamanda meyve suları, jöleler, reçeller, şuruplar, soslar, konserve ve salatalarda da kullanılmaktadır. Bazı ülkelerde kabuğu turşu, reçel yapımında

ve hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır (Gökseven 2013, Toprak ve ark 2013, Güneş ve ark 2015).

Karpuzlarda tohumlar, meyve içine dağılmış olarak bulunmaktadır. Tohum rengi; beyaz, krem, kahverengi, yeşil, kırmızı; tohumda kabuk üzeri, kenarları ya da hilumu (tohumun çatlatılan kısmı) lekeli olabilmektedir. İriliği ise domates çekirdeği kadar küçükten, çerezlik olarak tüketilenlerde iriye (1 cm'den daha uzun) kadar değişebilir. Bir gramında, iri tohumlularda 10-12 adet küçük tohumlularda ise 20-25 adet tohum bulunabilmektedir.

Hindistan'da karpuz tohumu unu ekmek yapımında kullanılmaktadır. Güney Rusya'da karpuz suyu kullanılarak bir tür bira üretilmektedir. Resim 7'de görüldüğü gibi Türkiye'nin doğu ve güney kesimlerinde karpuz tohumları çerezlik olarak tüketilmektedir. 2024 yılında karpuz çekirdeğinin kilogram fiyatı 120 TL'dir. Ancak karpuz tohumlarında çerezlik özelliğinin artırılmasını amaçlayan ıslah çalışmaları yetersizdir. (Köten 2024, Yaman 2012, Balkaya 2015)



Resim 7: Çerez olarak tüketilen karpuz tohumları

Kaynak: x https://mismis.com.tr/wp-content/uploads/2021/06/mismis-kuruyemis_0139_karpuz-cekirdegi.jpg Erişim: 01/01/2025



Resim 8: karpuz çekirdeği yağı

Kaynak: <https://aktarciniz.com/karpuz-cekirdegi-kavrulmus-100-gr> Erişim: 01/01/2025

Mevcut çerezlik karpuz genotiplerinin tespiti, önemli özelliklerinin belirlenmesi ve genetik çeşitliliğin belirlenmesi ıslah çalışmaları açısından önemlidir. Tarım ürünlerini çekirdeğinden kabuğuna kadar değerlendirmek mümkündür. Karpuz, taze olarak tüketilebilir, kahvaltıda meze veya aperatif olarak kullanılabilir. Karpuz çekirdekleri de insan beslenmesinde önemli bir role sahiptir. Ayrıca karpuz kabuğu ve çekirdekleri gıda, kozmetik ve ilaç sanayisinde değerlendirilmektedir (Yaman 2012, Karaağaça 2018).

Türkiye’de karpuz çekirdeği tüketimi yaygın olmasa da Çin, Ortadoğu, Arap ve Asya bölgelerinde tuzlama ve kavurma sonrası atıştırılabilir olarak insan tüketimi için kullanılmaktadır. Özellikle Afrika’da karpuz çekirdekleri, içerdikleri besleyici yağ nedeniyle çok değerlidir (Anonim 2021).

Geleneksel olarak, çekirdekler kabuğundan çıkarılır ve daha sonra güneş altında kurumaya bırakılmaktadır. Kurutulduktan sonra çekirdekler yağları ekstrakte (bitki özünü elde etmek için uygulanan işlem) etmek için preslenmektedir. Yüksek yağ oranına sahip olması, karpuz çekirdeği yağının bitkisel yağ olarak değerlendirmeye yönelik çalışmaları artırmıştır. Karpuz çekirdeği yağı, insan sağlığı için yararlıdır. İçerisinde bulunan Omega 6 ve Omega 9 esansiyel yağ asitleri cilde faydalıdır. Bu yağlar cilde kolayca nüfuz eder, çok iyi emilim seviyesine sahiptir ve sebum (yağ) birikimini bozmaktadır (Erbağcı 2022, Güneş ve ark 2015, Anonim 2021).

Tablo 6: 100 gr Karpuz Çekirdeğinin Besin Değeri

100 gr Karpuz Çekirdeğinin Besin Değeri

Kalori	557
Kolestrol	0
Sodyum	99 mg
Karbonhidrat	15 g
Protein	28 g
Toplam yağ	47 g

<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/666115>

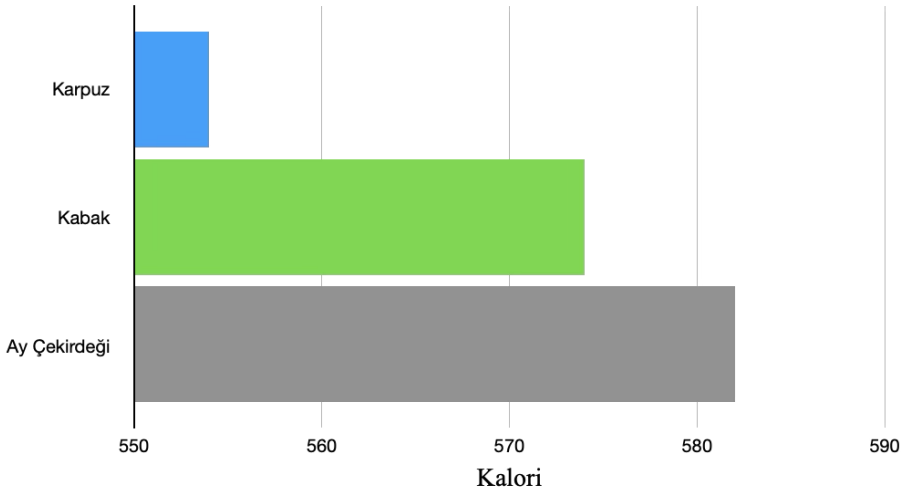
Tablo 6’da karpuz çekirdeğinin besin değeri görülmektedir. Karpuz çekirdeği, protein ve yağ açısından oldukça zengin olup %25,2-37,0 protein ve %37,8–45,4 yağ içermektedir. Ancak son yıllarda yapılan araştırmalarda görüldüğü gibi karpuz çekirdeğinin besleyici yönünün fazla olduğu tespit edilmiş ve gıda alanında tüketimi önerilmektedir (Anonim 2021, Güneş ve ark 2015).

Karpuz tohumunun içinde bulunan "cucurbocitrin" adı verilen maddenin kan basıncını düşürmeye yardımcı olduğu, çekirdeklerin içinde yer alan bu maddenin böbrek fonksiyonlarının düzenlenmesini sağladığı ve idrar söktürücü etkiye sahip doğal bir antioksidan bileşen olduğu belirtilmektedir. Asya’da dört Cucurbit (kavun, hıyar, karpuz, kabak) türünün çekirdeği, yaygın bir şekilde “Sardai” olarak bilinen serinletici sağlık içeceği olarak kullanılmaktadır (Kaya 2022, Sarı ve ark 2008, Anonim 2021, Dr. Chomicki ve ark 2020).

Karpuz çekirdeğinin önde gelen ilk özelliği yüksek ve besleyici yağ içeriğidir. Karpuz çekirdeği yağının gıdalarda kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla fiziksel, kimyasal ve besinsel özellikleri çeşitli araştırmaların konusu olmuş, saflık ve kalite kriterleri araştırılmıştır. Karpuz çekirdeği yağının içerisinde, A, B ve E vitaminleri bulunmaktadır. Ayrıca magnezyum, demir, bakır, fosfor, potasyum ve mangan gibi mineraller açısından da zengindir. Ayrıca bu yağ, linoleik asit, oleik asit, palmitik asit ve stearik asit gibi yüksek miktarda doymamış yağ asitleri içermektedir (Yaman 2012, Terlemez ve ark 2020, Köçeroğlu 2018).

Türkiye çerez üretiminde ve tüketiminde dünyada önemli bir konuma sahiptir. Dünyada en çok kuruyemiş tüketilen ülkeler Çin, İran ve Türkiye’dir. Türkiye’de kuruyemiş tüketimi en fazla Marmara bölgesindedir (Gökseven 2013).

Karpuz çekirdeği Çin’de tüketilen en yaygın çerezlerden biridir. Afrika’da karpuz çekirdeği sos ve ekmek yapımında kullanılmakta ve önemli oranda protein ihtiyacını karşılar. Karpuz çekirdeği insan beslenmesinde önemli bir role sahiptir. Türkiye’de karpuz çekirdeği tüketimi yaygın olmasa da bazı ülkelerde karpuz çekirdeği yaygın olarak tüketilir ve önemli bir besin ögesi olarak kabul edilmektedir (Sarı ve ark 2008, Güneş ve ark 2015, Toprak ve ark 2023, Terlemez ve ark 2020).



Grafik 8:100 gr Çekirdek Yağ oranı

Kaynak: Gökseven A. 2013. Çerezlik potansiyeli olan karpuz gen kaynaklarının verimliliği ile meyve ve tohum kalitesi. Erişim: 01/01/2025

Grafik 8’de çekirdeklerin yağ oranı görülmektedir. 100 gram karpuz çekirdeğinden 557 kalori, 100 gram kabak çekirdeğinden 574 kalori ve 100 gram ay çekirdeğinden 582 kalori var iken; karpuz çekirdeği diğer çekirdeklerden daha düşük kalorilidir.

Karpuz çekirdeklerinin genellikle haşlanıp, kavrulmasıyla elde edilen kavrulmuş çekirdekler çerez olarak tüketilmektedir. Kavrulma işlemi sırasında tohumların kimyasal içeriklerinde bazı değişiklikler meydana gelmektedir (Güneş ve ark 2015, Erbağcı 2022, Gökseven 2013).

Nijerya’da karpuz çekirdeğinin protein ve yağ miktarını belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, kavrulmuş ve kavrulmamış çekirdeklerde protein miktarı bakımından önemli bir farkın olmadığı, bütün türlerde yağ içeriğinin kavurma ile birlikte %3-7 arasında arttığı belirtilmektedir.

Tohumluk karpuz sebzeleri, tohumların daha iyi olgunlaşması için en az birkaç hafta daha geç hasat edilmektedir. Tohumluk karpuz hasadında sebzenin meydana geldiği sürgünün solgunlaşması ve sebzenin renginin yeşilden beyaz veya sarıya dönüşmesi hasat kriterleridir (Anonim 2021).

Karpuz çekirdeğini çıkarabilmek için büyük tarım arazilerinde, traktör kuyruk mili ile hareket eden veya kendinden hareketli özel makineler geliştirilmektedir. Toplanan karpuz sebzelerinden tohumlar; su ile ayırma, fermentasyonla ayırma ve asit ile ayırma olmak üzere 3 usulle çıkarılabilmektedir (Güneş ve ark 2015, Gökseven 2013).

4. ALTERNATİF KULLANIM ALANLARI

i: Dizel motorlarda alternatif yakıt olarak karpuz çekirdeği biyodizelinin değerlendirilmesi

Bu araştırmada Mardin ilinden çerez olarak yetiştirilen karpuz bitkisini biyoyakıt kaynağı olarak kullanılmaktadır. Karpuz tohumları yağ içeriği olarak zengindir. Kullanılan karpuz çekirdeği tohumu kuru arazide hiçbir gübre kullanılmadan yetiştirildiği için %30 oranında yağ içeriği bulunmaktadır. Karpuz çekirdeği tohumu biyodizel üretiminde yapılan en yüksek harcamadır. Karpuz çekirdeği yakıt olarak kullanıldığında biyodizelinin ve dizel biyodizel karışımının bir dizel motorda performans karakteristiklerini ve emisyonlarını belirlemek amacıyla yapılmaktadır. Motor karakteristikleri üzerinde önemli etkilere sahip olan yoğunluk, viskozite, sezan sayısı gibi fiziksel özellikler de değerlendirilmiştir (Abdulvahitoğlu ve Tüccar 2017).

ii: Anticancer Potential of Watermelon Seed Extracts Against Lung and Breast Cancer Cell Lines (Karpuz Çekirdeği Ekstraktlarının Akciğer ve Meme Kanseri Hücre Hatlarına Karşı Antikanser Potansiyeli)

Araştırmanın amacı karpuz tohumu ekstraktlarının akciğer ve meme kanseri hücre hatlarına karşı antikanser potansiyelini değerlendirmektir. Karpuz tohum ve tohum kabuğu meme ve akciğer kanserine karşı seçici etkinlik gösterdi ve bu da doza bağımlı ve seçici bir antikanser etkisi olduğunu gösterdi.

Genel olarak, bu bulgular karpuz tohumu ekstraktlarının farklı kanser türlerine karşı seçici etkinliğe sahip umut verici antikanser ajanları olarak potansiyelini göstermektedir (Yeşilyurt ve ark 2024).

iii: Kavurma İşleminin Karpuz Çekirdeği Yağının Oksidasyonu Üzerine Etkisi

Araştırmada Güneydoğu Anadolu bölgesinden Mardin, Batman ve Diyarbakır illerinden edinilen karpuz çekirdekleri üzerinde çalışılmaktadır. 3 farklı ilden temin edilen karpuz çekirdeği içlerinin kuru madde, kül, protein, toplam yağ, yağ asidi bileşimi, peroksit, konjuge dien, konjuge trien, tokoferol, toplam fenolik madde içeriği ve DPPH radikal sönmüleme aktiviteleri saptanmıştır. Ayrıca Diyarbakır ve Batman illerinden temin edilen karpuz çekirdekleri 3 farklı sıcaklıkta (140, 160 ve 180°C) kavrulmuş ve yapılan kavurma işlemi karpuz çekirdeklerinin yağ asidi, peroksit sayısı, konjuge dien, konjuge trien ve hekzanal içerikleri üzerine etkisi belirlenmektedir. Karpuz çekirdeklerinin kimyasal analizlerine ait sonuçlar incelendiğinde çekirdek içlerinin en büyük bileşeninin %51,64-52,75 ile yağ olduğu, en fazla bulunan ikinci bileşenin ise %32,75-34,87 ile protein olduğu görülmektedir. Karpuz çekirdeklerinin elzem yağ asidi olan linoleik asidi yüksek düzeyde içerdiği tespit edilmektedir. Kavurma işleminin linoleik asit veya çoklu doymamış yağ asitleri içeriğini etkilemediği belirlenmektedir (Köçeroğlu 2018).

iiii: Tek silindirli bir dizel motorda atık biyodizel kullanımının motor performansı ve emisyonlarına etkisi

Bu araştırmada karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterlerinin bir dizel motorda yakıt olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Testler değişik motor devirlerinde ve değişik karışım oranlarında gerçekleştirilmektedir. Karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterlerinin ısı değeri düşük olmasından dolayı moment ve efektif güçte azalma, özgül yakıt tüketiminde artma gözlemlenmiştir (Aydın ve ark 2017).

iiiii: Piyasada Tüketime Sunulan Karpuz Çekirdeğinin Yağ Asidi Örüntüsü, Mineral ve Makro Besin Öğeleri İçeriğinin Saptanması

Bu araştırma, tüketim amacıyla piyasaya sunulan karpuz çekirdeklerinin makro besin öğeleri, yağ asit örüntüsü ve bazı 9 minerallerinin saptanması amacıyla yapılmıştır. Numuneler Siirt, Şanlıurfa ve Nevşehir illerindeki

Üreticilerden temin edilmektedir. Deneyssel olan bu çalışmada tüm analizler AOAC metotlarına göre yapılmıştır.

Karpuz ekirdeğinin yağ içeriği diğer pek çok yağlı tohuma göre daha yüksektir. Bu nedenle günlük enerji ihtiyaının karşılanmasında ekonomik bir besin kaynağı olarak kullanılabilir. Bunun yanı sıra enerjisi kısıtlı diyetlerde de bu özelliği nedeniyle tüketimine dikkat edilmelidir. Karpuz ekirdeği yüksek yağ içeriği dolayısıyla yemeklik yağ üretiminde kullanılabilir (Erbağcı 2022).

5. SONUÇ

Bu araştırmanın sonucunda Türkiye’de Güney ve Doğu Anadolu Bölgesinde erez olarak tüketilen karpuz çekirdeğinin ülke piyasasında sadece tüketim amacının çerez olmaktan çıkıp temel gıda (un, yağ vb.) rnleri olarak kullanılmalıdır.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım rgt (FAO) ve Birleşmiş Milletler evre Programı (UNEP) verilerine göre, Dünyada üretilen gıdanın %14’nn kaybedildiği ve %17’sinin israf edildiği tahmin edilmekte ve ekonomik değerinin 990 milyar dolara karşılık geldiğini bildirmektedir. Her yıl yaklaşık 1,3 milyar ton gıda israf edilmektedir. Bu miktar, dünya genelinde üretilen tüm gıdanın yaklaşık %30 ila %33’ne tekabül etmektedir (FAO 2019, UNEP 2021)

Türkiye’de yıllık gıda israfının yaklaşık 18 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu miktar, dünya genelindeki toplam gıda israfının yaklaşık %1,4’ne denk gelmektedir. Karpuz, %30-40 oranında kabuk içerir. Yani bir karpuzun ortalama 3-4 kilogramı kabuktan ve 200–500 adet arasında çekirdekten oluşmaktadır. Dünya genelinde her yıl yaklaşık 100 milyon ton karpuz retildeği düşünülürse, sadece karpuz kabuğu ve karpuz çekirdeğinden kaynaklanan israfın 30-40 milyon ton civarında olabileceği tahmin edilebilir. Bu durumda binlerce ton protein, kalsiyum, potasyum, lif ve sağlıklı yağ içeren gıdanın çöpe gitmesine neden olmaktadır. Bunların önüne geçebilmek için;

Tüketicileri karpuz çekirdeğinin faydaları ve kullanım alanları konusunda bilinçlendirilmesi. Gıda alanında karpuz çekirdeği ürün çeşitliliği arttırılması. Karpuz ekirdeği alanında araştırmaların arttırılması. Gıda atığını azaltacak, çevresel ve ekonomik faydalar sağlamak araştırmaların yapılması.

Karpuzun atık olarak kabul görülen karpuz kabuğu ve karpuz çekirdeğinin aslında faydalı pek çok özelliğe sahip olduğu ve içerisinde bulundurduğu besin öğeleri açısından oldukça faydalı olduğu bilinmektedir. Son derece değerli olan bu ürünlerin birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de değerlendirilmesi ve kullanılması hem ekonomiye katkı sağlayacak hem de son yılların en önemli sorunu olan gıda atıklarının değerlendirilmesi açısından bir çözüm olacaktır. Karpuz çekirdeğinin bir atık olarak görülmeyip tamamlayıcı ve ikame mal olarak görülmelidir. Besleyici özelliğinin bu kadar fazla ve kullanım alanlarının bu kadar geniş bir ürünün sektör halinde Türkiye pazarında var olmalıdır. Türkiye piyasasında yeteri kadar değer görmeyen karpuz çekirdeğinin daha çok duyulması ve çiftçilere tarımsal destek verilip tarım sektöründe genişletici politikalar uygulanmalıdır.

Karpuz ve karpuz çekirdeğinin vitamin ve mineral değerlerinin fazla olduğu zaten bildiğimiz bilgilerdi. Karpuz çekirdeğinin tamamlayıcı bir ürün olduğunu ve sağlık açısından da umut verici bulgulara rastlandığı da gözlenmektedir.

KAYNAKÇA

Abdulahitoğlu A., Tüccar G. (2017). Dizel motorlarda alternatif yakıt olarak karpuz çekirdeği biyodizelinin değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,32,1

Anadolu Ajansı. (2017). Çekirdeğinden 6 kat gelir elde edilen karpuzların hasadı yapıldı. Anadolu Ajansı. <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/cekirdeginden-6-kat-gelir-elde-edilen-karpuzlarin-hasadi-yapildi/1018585>

Anonim. (2019) Sevilen besin karpuz çekirdekleri ile şifa dağıtıyor! Mucize besin karpuz çekirdeğinin faydaları şaşırtıyor. Sabah. <https://images.app.goo.gl/Kq5wTyaJQeF9U1Wm6>.

Aktarcınız. (2021). Karpuz çekirdeği faydaları nelerdir? <https://www.aktarciniz.com/blog/icerik/karpuz-cekirdegi-faydalari-nelerdir>

Carlson, A. (2021). Scientists trace the watermelon’s genome back to Africa. The New York Times. <https://www.nytimes.com/2021/05/28/science/watermelons-genome-origins.html?smid=url-share>

Chomicki D., Üren Ç. (2021). Bilim insanları karpuzun nereden geldiğini keşfetti. <https://www.indyrturk.com/node/368141/bilim/bilim-insanlari-karpuzun-nereden-geldigini-kesfetti>.

Çötelî F. T. Strateji Geliştirme Başkanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE). (2021). Ana sayfa. <https://arastirma.tarimormnan.gov.tr/tepgce>

Dane F., Liu J. 2006. Diversity and origin of cultivated and citron type watermelon (*Citrullus lanatus*). Received: 17 November 2005 / Accepted: 16 August 2006 / Published online: 11 November 2006 Ó Springer Science+Business Media B.V. 2006

Demir, E. (2022). Çerezlik potansiyeli olan karpuz gen kaynaklarının verimliliği ile meyve ve tohum kalitesi [Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/258043>

Erbağcı M. A. 2022. Piyasada Tüketime Sunulan Karpuz Çekirdeğinin Yağ Asidi Örüntüsü, Mineral ve Makro Besin Öğeleri İçeriğinin Saptanması. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013).FAOSTAT statistical database. <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). [Mevzuat başlığı varsa buraya yazılır]. FAOLEX. <https://www.fao.org/faolex/results/details/fr/c/LEX-FAOC198974/>

Gökseven A. 2013. Çerezlik potansiyeli olan karpuz gen kaynaklarının verimliliği ile meyve ve tohum kalitesi. Çukurova üniversitesi Fen bilimleri enstitüsü yüksek lisans tezi

Güneş, P., & Aşkın, B. (2015). Karpuz çekirdeği yağının kimyasal özellikleri ve besin içeriği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 3(1), 87–95. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/omuanajas/article/381414>
İstanbul Ticaret Borsası (İTB). (2023). 2023 yaş meyve sebze raporu [PDF]. https://itb.org.tr/img/userfiles/files/2023_Yas_Meyve_Sebze_Raporu.pdf?v=1711411200022

Karaağaç, A., & Kafkas, N. E. (2018). Karpuzda (*Citrullus lanatus*) meyve kalitesi ve aroma özellikleri üzerine anaçların etkisi. dergi park 92, 104

Karadaş, K., Kadirhanoğulları, İ. H., & Konu Kadirhanoğulları, M. (2023). Karpuz (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) üretimini etkileyen faktörlerin veri madenciliği ile tahmini. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13(2), 1323–1334. <https://doi.org/10.21597/jist.1177194>

Kaya, G. (2022). Tarım ürünleri piyasaları. Ankara

Köten, M. (2024). Karpuz çekirdeği unu ikameli besleyici bisküvi üretimi. GIDA / The Journal of Food, 49(2), 284–298. <https://doi.org/10.15237/gida.GD23113>

Mark Strauss Voiland, A. (2015). The wild history of watermelons. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/history/article/150821-watermelon-fruit-history-agriculture>

Mehmet Ali E. 2023Akdeniz Yaş Meyve Sebze İhracatçıları Birliği/ Tarım Sektörleri Şubesi.

<https://www.akib.org.tr/files/downloads/2023/04/d19277556dea46d19277556dea46d19277556dea46d1927755.pdf>

Mismis. Karpuz çekirdeği. <https://mismis.com.tr/product/karpuz-cekirdegi/>

Miller G. 2002. Home and garden information center (Excerpted from Home Vegetable Gardening).

Rankig R. 2024. Watermelon Production by Country (2022) <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=1015902056764779&id=100050349825969&set=a.774498850905102>

Sababelkhier M. K., Ishag K. E. A., Sabir Ali, A. K. 2011. Fatty acid Profile, Ash Composition and Oil Characteristics of Seeds of Watermelon Grown in Sudan.

Sarı N., Tan A., Yanmaz R., Yetişir H., Balkaya A., Solmaz I., Aykaş L. 2008. General status of cucurbit genetic resources in Turkey
Strateji Geliştirme Başkanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE). (2012). Ana sayfa. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>

Strateji Geliştirme Başkanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE). (2023). Tarım ürünleri piyasaları 2022. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/27/Tarim-Urunleri-Piyasalari>.

Tarım Bakanlığı. (1990). Karpuz yetiştiriciliği.

Tazemiz. Karpuz çekirdeği yağı. <https://www.tazemiz.com/urun/karpuz-cekirdegi-yagi/>

T.C. Adana İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. Karpuz [PDF]. https://adana.tarimorman.gov.tr/Belgeler/SUBELER/bitkisel_uretim_ve_bitki_sagligi_sube_mudurlugu/sebze_yetistirciligi_ve_mucadelesi/Karpuz.pdf

T.C. İstanbul İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. (t.y.). Karpuz [Broşür]. <https://istanbul.tarimorman.gov.tr/Belgeler/KutuMenu/Brosurler/Meyvecilik/karpuz.pdf>

T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. (1995). Ziraî mücadele teknik talimatları (Cilt II). Ankara

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü. (2015). Karpuz yetiştiriciliği [PDF]. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/alata/Belgeler/Diger-belgeler/KarpuzYetistirciligiVaras.pdf>

Terlemes F., Çerçi İ. H. 2020. Pazarlama dışı olan karpuzlardan (*citrullus lanatus*) hayvan beslemede kullanılabilecek yan ürünlerin elde edilmesi, depolanması bazı besin madde ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi. . Dergi park. 6, 4, 835. <https://dergipark.org.tr/en/pub/turkjans/issue/49514/633613>

TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası. (2015). Yaş meyve ve sebze sektör raporu.

Yıldırım, S., & Baydar, H. (2023). Karpuz çekirdeği biyodizelinin dizel motor performansı ve emisyon özellikleri üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 60(1), 123–134. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2936525>

Uzayla. (2021). Karpuzun Afrikadan günümüze tarihi serüveni. <https://uzayla.com/karpuzun-afrikadan-gunumuze-tarihi-seruveni/>

Vikipedi katkıcıları. (2015). Karpuz. Vikipedi. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Karpuz>

Yaman K. (2012). Bitkisel Atıkların Değerlendirilmesi ve Ekonomik Önemi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 20(1), 78–86. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kastorman/issue/17233/180035>

Yeşilyurt F., Özbek H., Hacımüftüoğlu M. E., Coşkun A. N., Dumlu A., Coşkun O. 2024. Karpuz Çekirdeği Ekstraktlarının Akciğer ve Meme Kanseri Hücre Hatlarına Karşı Antikanser Potansiyeli.

Wikipedia contributors. (2024, May 29). Watermelon. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Watermelon#:~:text=In%202022,%20a%20study%20was,not%20the%20sweet%20modern%20variety.>

World Population Review. (2024). Watermelon production by country 2024. <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/watermelon-production-by-country>

