

ZİRAAT, ORMAN VE SU ÜRÜNLERİNDE GÜNCEL ARAŞTIRMALAR

EDİTÖR

PROF. DR. KORAY ÖZRENK

MART 2022

gece
kitaplığı

İmtiyaz Sahibi / Publisher • Yaşar Hız

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • Eda Altunel

Editörler / Editors • Prof. Dr. Koray Özrenk

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Gece Kitaplığı

Birinci Basım / First Edition • © Mart 2022

ISBN • 978-625-430-038-7

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Gece Kitaplığı'na aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin
almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Gece Kitaplığı.

Citation can not be shown without the source, reproduced in any way
without permission.

Gece Kitaplığı / Gece Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1.

Sokak Ümit Apt. No: 22/A Çankaya / Ankara / TR

Telefon / Phone: +90 312 384 80 40

web: www.gecekitapligi.com

e-mail: gecekitapligi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Güncel Araştırmalar

Mart 2022

Editör

Prof. Dr. KORAY ÖZRENK

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

TÜRKİYE’DE ÜZÜMSÜ MEYVELER ÜRETİMİ VE EKONOMİSİ

Burcu Erdal1	1
Hasan Vural 2	1

Bölüm 2

MERSİNDE SERALARDA ALTERNATİF BİR ÜRÜN: TAZE FASULYE YETİŞTİRİCİLİĞİ

Garip YARŞI	11
-------------------	----

Bölüm 3

TOPRAK CANLILARI, CANLILARI ETKİLEYEN ÇEVRESEL FAKTÖRLER VE TOPRAK CANLILARININ EKOLOJİK ROLLERİ

İlyas Bolat	21
-------------------	----

Bölüm 4

KİNOA’NIN (CHENOPODIUM QUINOA WİLLD.) BİLEŞİMİ, FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ VE GIDA TEKNOLOJİSİNDE KULLANIMI

Mehmet YÜKSEL	45
Arzu KAVAZ YÜKSEL	45

Bölüm 5

ODUN MİKROYAPISINDAKİ TRABEKÜLELERE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

Davut BAKIR	61
-------------------	----

Bölüm 6

RHİZOBİUM-BAKLAGİL SİMBİYOZUNDA ROL OYNAYAN BAZI SİNYAL MOLEKÜLLER

Çiğdem KÜÇÜK	89
--------------------	----

Bölüm 7

DEFNE’NİN KÜLTÜREL VE EKONOMİK ÖNEMİ: HATAY YÖRESİNDE DEFNE ÜRETİMİ VE TÜRKİYE’NİN DEFNE DIŞ TİCARETİ

Ahmet Duran ÇELİK	105
-------------------------	-----

Bölüm 8

SEKONDER METABOLİTLER VE NEMATİSİDAL ETKİLERİ

Mehmet Ali TEMİZ 121

Elif YAVUZASLANOĞLU 121

Bölüm 9

BİTKİ İSLAHINDA CRISPR-CAS9 GENOM DÜZENLEME TEKNİĞİNİN KULLANILMASI

Ömer Faruk COŞKUN..... 151

Bölüm 10

İSPİNOZLAR (FRİNGİLLA SP.)

Serap ALPAY ÖLMEZ 167

Bölüm 11

SU ÜRÜNLERİ İŞLEMEDE FENOLİK BİLEŞİKLERİN KULLANIMI

Nur DEDE..... 179

Mustafa SAPMAZ 179

Bölüm 12

BALIKLARDA DAVRANIŞ

Emrah ŞİMŞEK*, Aydın DEMİRCİ, 205

Erdal YILMAZ, Yavuz MAZLUM..... 205

Bölüm 13

COVID-19 SALGINININ SU ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNE ETKİSİ

Sinan Uzundumlu..... 225

BÖLÜM 14

BALIK UNU ÜRETİMİ

Gökhan ARSLAN, 243

Pınar OĞUZHAN YILDIZ, Mehtap BAYIR..... 243

Bölüm 15

AV AMAÇLI SÜLÜN YETİŞTİRİCİLİĞİ

Şeyma Sultan YİĞEN 259

Bölüm 16

BİYOLOJİK SELÜLOZ ÜRETİMİ, KULLANIM ALANLARI VE AĞAÇ İŞLERİ ENDÜSTRİSİNDEKİ YERİ

Gonca DÜZKALE SÖZBİR 281



BÖLÜM 1

TÜRKİYE’DE ÜZÜMSÜ MEYVELER ÜRETİMİ VE EKONOMİSİ¹

Burcu Erdal¹

Hasan Vural²

1 Dr. Burcu Erdal, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, 0000-0002-6839-913X

2 Prof. Dr. Hasan Vural, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü, 0000-0003-2323-4806

1.GİRİŞ

Türkiye’de üzüksü meyveler ülkemizde uzun yıllar ev bitkilerinin tanınmış bitkileri olarak üretilmiştir. Ayrıca diğer meyve ağaçlarının alt bitkileri veya ara bitkileri olarak da yetiştirilmiştir. Ancak, ABD ve Avrupa’da sanayi bitkisi olarak ekonomide yeri olan önemli tarımsal ürünlerdir. Dünya’da ve Türkiye’de üretimi ve tüketimi gittikçe artan **üzüksü** meyveler taze, püre haline getirilmiş, dondurulmuş veya kurutulmuş olarak gıda sanayinde çok yönlü olarak değerlendirilmektedir. Bu bitkiler tarih boyunca aynı zamanda süs bitkisi olarak da önemli olmuş ve farklı amaçlarla kullanılmışlardır. Günümüzde yenilebilir park ve bahçe bitkisi olarak peyzaj düzenlemelerinde sıkça kullanılan bu bitkiler, ayrıca saksı bitkisi olarak iç mekânlarda, balkonlarda ve teraslarda da kullanılmaktadırlar.

Üzüksü meyveler her yıl düzenli ürün vermeleri ve bakımlarının kolay olması nedeniyle pratik yetiştiricilikte tarımsal işletmelerin değerli ürünleridir. Bakımları kolay olup özellikle aile işletmelerinde kadın ve çocuk iş güçlerinin değerlendirilmesi açısından ideal ürünlerdir. Gıda maddesi olarak değerleri gün geçtikçe artmaktadır. Meyve suyu yapımında ve konservecilikte kullanılmaları, taze olarak satış imkânlarının da bulunması, büyük işletmelerde alt ve ara bitki olarak yer almaları, sanayi talebine yönelik büyük ölçüde yetiştirilebilmeleri bakımından çok önemli bir bitkiler grubunu oluşturmaktadırlar (Ağaoğlu, 1986).

Hasattan sonra depolanmaları zor ve kısa süreli olma zorunluluğuna karşın sanayide büyük talebi olması nedeniyle **üzüksü** meyvelerin pazarlamasında önemli sorunlar çıkmamaktadır. Birçok gıda sanayi çeşidine hammadde vermektedirler. Diğer yandan hasat, ambalaj ve nakliye zinciri düzenli olursa, taze tüketim içinde büyük pazarlarda hemen alıcı bulabilmektedirler. Taze tüketimlerini etkileyen ana faktör özellikle insan beslenmesinde oynadıkları çok büyük rollerdir.

Üzüksü meyveler dünya üzerinde çok geniş bir yayılma alanına sahiptirler. Diğer birçok meyve türlerinin yetişmediği sınırlarda dahi yetiştirilebilmektedirler. Genellikle soğuk mutedil iklim bölgelerinde çok daha iyi yetişmekte olan üzüksü meyveler, sıcak bölgelerde yaylalarda, dağ sırtlarına çekilmişlerdir. Ülkemizin her bölgesinde yabanilerine rastlamak mümkündür. Özellikle Marmara bölgesinde köylüler yabani böğürtlenleri uzun yıllardır toplamış ve pazara sürmüşlerdir (Ağaoğlu, 1986).

1.1. AHUDUDU ÜRETİM VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Ahudu ürünü insan sağlığında çok önemli rol oynamakta; organik asitler, mineraller ve vitaminler bakımından çok zengin bulunmaktadır (Gruber ve ark.,1962). Ahududu Türkiye’nin kuzeyinde, batıdan doğuya uzanan bir kuşak boyunca, genellikle 1000m ve daha fazla yüksekliklerde,

hava oransal nemi ve toprak nemi fazla olan yerlerde doğal olarak bulunur. Bu yörelerde bulunan halk tarafından çeşitli isimler altında (ağaç çileği, ayı üzümü, more, madımak, kavuklu çilek, kırmızı böğürtlen vb.) tanınırlar. Taze olarak veya reçel, şurup olarak değerlendirilirler.

Ahudu üretiminden önce yer seçimini etkileyen bazı faktörleri dikkate almak gereklidir. Bunlar:

1. Kolay Pazar bulabilme imkânı
2. Ulaşım kolaylığı
3. Yerli el emeği (işçi) temini
4. İşlenebileceği sanayi kuruluşlarının bulunması
5. Çevrede yaşayan halkın ahududuna ilgisi
- 6.

1.2. BÖĞÜRTLEN ÜRETİM VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Türkiye'nin her bölgesinde yabani çeşitlerine rastlamak mümkündür. İnsan sağlığında önemli roller oynamaktadırlar. Kök sistemi daha kuvvetli bir alana yayılabilmektedir. Bu nedenle ahududuna göre daha uygun olmayan alanlarda rahatlıkla yetişebilmektedir. Yer seçiminde rol oynayan ekonomik faktörler, ahududu için verilen bilgiler böğürtlen içinde geçerlidir. Yer ve yöney istekleri ahududuna benzer (Ağaoğlu, 1986).

Böğürtlenler uzun süre taze olarak saklanmazlar. Bu nedenler yer seçiminde nakliye durumları dikkate alınmalıdır. Kışları soğuk geçen bölgelerde erken ilkbaharda, kışları ılık geçen bölgelerde ise geç sonbahar ve kış aylarında yapılan dikim daha yüksek verim ve gelir elde edilmesine yol açmaktadır. İlkbaharda sulama ile sürgünlerin kuvvetli olması, dolayısıyla gelecek yılın ürününün artması sulama ile çoğaldığı için, pazar talebine olumlu etkisi söz konusudur.

- Hasat, ambalaj, saklama

Tam olgunluğa geldikleri zaman hasat edilmelidirler. Uzak yerlere gönderilecek böğürtlenler biraz erken safhada toplanmalıdır. Genellikle dikimlerinde 3-4 yıl sonra verime yatmaktadırlar. Ekonomik ömürleri 15-20 yıl kadardır. Hasat gecikirse

bozulmaktadırlar. İyi bakım tesislerde 6000-11000 kg/ha verim alınabilmektedir. Hasattan hemen sonra meyveler soğuk bir yere konulmalıdır. Şayet ürün 26°C bir yerde 24 saat kalacak olursa hızla bozulmaktadır. Sanayi için toplanan ürünler hemen işlenmeyeceklerse; 0°C'de ve %85-90 gibi nem bulunan soğuk depolarda saklanmalıdır. Böğürtlenler hassas yapıda olduklarından kısa mesafelerde pazarlanmaları önemlidir. Uzak

alanlara ancak soğuk zinciri içinde derin dondurucularla nakletmek mümkündür. Kuru buz uygulaması ile 6 gün saklanabilmektedir.

1.3. YABAN MERSİNİ (MAVİ YEMİŞ) ÜRETİM VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Ülkemizde yabancı formları bulunmaktadır. Günümüzde üretimi yapılan çok sayıda kültür çeşitleri bulunmaktadır. Tane iriliği açısından en önemli çeşitler; Herbert, Berkeley, Coville, Dixi ve Blueray'dir. En kaliteli çeşit sıralaması ise; Herbert, Ivanhoe, Dixi, Blueray, Stanley ve Coville olarak kabul edilmektedir. Yaban mersinlerinde bitkiler 3-4 yıldan itibaren ekonomik ölçüde ürün verebilmektedirler. Çok uzun ömürlü bitkilerdir. Ekonomik ömrü 25-40 yıl kabul edilmektedir. Çok geniş alanlarda makinalı hasat yapılmalıdır.

Taze olarak pazarlanacak meyveler plastik ya da sertleştirilmiş mukavva kutular içinde paketlenirler. Danelerin irilik ve ağırlıkları arttıkça kaliteleri yükseldiğinden, daha fazla değere satılabildiklerinden hasadın geciktirilmesi karın artışına neden olmaktadır. Daneler ortalama %86 su içermektedir. Hasattan hemen sonra meyveler serin bir yere ağırlık kaybı olmaması için gereklidir. Hasattan hemen sonra meyveler bir ön soğutmaya tabi tutulmalıdır. Taze tüketilecek yabancı mersinleri 0°C'de 2 hafta, +4.4°C'de 1 hafta ve +21°C'de 2 gün süreyle saklanmaktadır. Yaban mersinleri derin dondurulmak şeklinde de saklanabilmektedir. Dondurulmuş meyvelerde optimum saklama sıcaklığı -23°C olup, -18°C'de en iyi şekilde muhafaza edilebilmektedirler (Ağaoğlu, 1986).

2.ÜZÜMSÜ MEYVELER ÜRETİMİ

2.1. DÜNYA'DA ÜZÜMSÜ MEYVELER ÜRETİMİ

Dünya üzüksü meyveler üretim miktarı 1 009 912 ton olarak gerçekleşmiştir (2018). Vietnam, Çin, Polonya, İtalya, Meksika ve Bangladeş en büyük üretici ülkeler konumundadırlar.

2.2. TÜRKİYE VE BURSA İLİNDE YABAN MERSİNİ ÜRETİMİ

Ülkemizde Yaban Mersini üretimi çeşitli bölgelerde yapılmakta olup ağırlıklı olarak Bursa ilinde yapılmaktadır. Türkiye'de diğer üzüksü meyvelerde olduğu gibi yabancı mersini üretiminde öne çıkan ilimiz Bursa'dır. Yaban mersini üretimi son yıllarda önemli artışlar göstererek 139 ton seviyesine ekim alanındaki artışa paralel olarak yükselmiştir. Bu artış eğilimlerinin devam etmesi için üretim bazlı desteklemeler önem taşımaktadır.

Tarımsal istatistiklerde yabancı mersini ürününe ait veriler yok denecek kadar azdır. Sadece üretim miktarı verileri yayınlanmaktadır. Bursa ili verileri Tarım İl Müdürlüğünden alınmıştır. Son yıllarda ülke üretimi

artış göstermiştir. Bu gelişimin devam etmesi özellikle dış Pazar talebinin karşılanması açısından önem taşımakta iken, çok daha fazla artışlar için tarımsal planlama ve destekleme politikalarına ihtiyaç bulunmaktadır.

Türkiye’de yaban mersini üretimi yıllara göre dalgalanma göstermektedir (Tablo 1). 2018 yılında üretim miktarı 11481 ton olarak gerçekleşmiştir. Yıllara göre ortalama üretim miktarı 11476 ton/yıl olup, önümüzdeki yıllarda pazar talebini karşılayacak olan arz miktarı olarak bu değer alınması iyi bir projeksiyon olacaktır. Böylece yıllık dalgalanmaların etkisinden üretim miktarı değeri arındırılmış olacaktır. Son üç yılda az da olsa üretimde artış söz konusudur.

Tablo 1. Türkiye’de Yaban Mersini Üretimi ve Bursa’nın Payı

Ürün	Yıl	Üretim Miktarı/ Türkiye (Ton/Yıl)	Bursa üretimi (Ton)	Alan(da)
Yaban mersini	2012	12368	-	-
Yaban mersini	2013	11838	-	-
Yaban mersini	2014	10982	-	-
Yaban mersini	2015	10846	-	-
Yaban mersini	2016	11337	-	-
Yaban mersini	2017	11480	-	-
Yaban mersini	2018	11481	91	355
Yaban mersini	2019	-	139	479

Kaynak:TÜİK. Tarımsal istatistikler. tuik.gov.tr, Bursa Tarım İl Müdürlüğü

2.3. TÜRKİYE VE BURSA İLİNDE AHUDUDU ÜRETİMİ

Türkiye iklim ve toprak özellikleri ahududu yetiştiriciliği için uygun olduğundan önemli bir üretim potansiyeline sahiptir. Üretim ülke geneline yayılmış durumdadır. Özellikle Marmara Bölgesi yetiştiricilikte önemli bir düzeye ulaşmış olmasına rağmen ülkemizde hala “kapama ahududu bahçeleri” bulunmaktadır. Marmara Bölgesi ve özellikle Bursa İli toplu üretimde %98 üretimdeki payla ilk sırayı almakta ve ana merkezi durumundadır. Bursa ilindeki artışa paralel olarak ülke üretimi de artış göstermektedir. Başta Bursa ili olarak iç ve dış Pazar talebinin karşılanması için uygun bölgelerde üretimin artırılmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Üretimin artması için uygun çeşitlerle verimin de yükseltilmesi gerekmektedir. İhracat miktarının ürünü meyveler yıldan yıla oransal olarak fazla değişim göstermektedir. Bu oranın dünya ortalamasına kadar artırılması için pazarlamaya önem verilmelidir. İhracatın sürekli olması ve markalaşmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Üretimin yıllık artış oranı %6,35 seviyesindedir.

Türkiye’de yıllara göre ahududu üretim alan ve miktarları Tablo 2’de sunulmuştur. Türkiye ahududu üretim alanının ve üretim miktarının %98’i Bursa ilindedir (2019). Özellikle son 3 yılda üretim alanı ve miktarı büyük artışlar göstermiştir. Verim miktarı ise belli seviyede gerçekleşmektedir (870 kg/da). Son iki yılın artış miktarının ortalaması olan 5925 ton, ülkenin yıllık üretim ve arz miktarı olarak önümüzdeki yıllar için temel veri olarak alınabilir. Arzdaki artışın nedeni verim seviyesi fazla değişmediği için, dikim alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Pazarın talebindeki artışın karşılanabilmesi için dikim alanının genişletilmesi gerekmektedir.

Tablo 2. Türkiye’de Ahududu üretimi ve Bursa’nın Payı

Ahududu	Yıl	Bursa	Türkiye	Bursa’nın payı (%)
Toplu Meyveliklerin Alanı(Dekar)	2012	4528	4675	96,9
	2013	4504	4674	96,7
	2014	4616	4883	94,5
	2015	4616	4885	94,5
	2016	4916	5188	94,8
	2017	5718	5916	96,7
	2018	6611	6769	97,7
	2019	6744	6875	98,1
Verim(Kg/Dekar)	2012	868	873	-
	2013	852	843	-
	2014	957	939	-
	2015	891	884	-
	2016	837	831	-
	2017	843	843	-
	2018	869	868	-
	2019	870	869	-
Üretim Miktarı(Ton)	2012	3929	4080	96,3
	2013	3839	3942	97,4
	2014	4417	4587	96,3
	2015	4112	4320	95,1

	2016	4113	4312	95,4
	2017	4819	4989	96,6
	2018	5748	5875	97,8
	2019	5869	5975	98,2

Kaynak:TÜİK. Tarımsal istatistikler. tuik.gov.tr

2.4. TÜRKİYE VE BURSA İLİNDE BÖĞÜRTLEN ÜRETİMİ

Ülkemizde böğürtlen üretimi dağınık olarak çeşitli bölgelerde bulunmaktadır. Ancak en önemli üretim alanı Bursa İlidir. Bu ürün için de “kapama böğürtlen” bahçeleri bulunmaktadır. Bursa ilinin ülke üretim miktarında aldığı 2019 yılı payı %78 olup, ana üretim merkezi durumundadır. Bursa ilinde üretim arttıkça ülke üretimi de artış göstermektedir. Böğürtlen üretim alanı yıldan yıla dalgalanmak göstermekte, bu durum üretim miktarını olumsuz etkilemektedir. Ancak son yıllarda verim miktarı artış göstermektedir. Verimin düştüğü yıllarda üretim miktarı da azalmaktadır. Pazarda süreklilik için üretimde dalgalanmaların önlenmesi şarttır. Bunun için yeterli destekleme politikaları geliştirilmelidir. Üzümsü meyveler ihracat miktarının böğürtlen üretiminde aldığı pay %5,3’tür. Bu oranın da artırılmasına önem verilmelidir. Üretimde yıllık ortalama artış oranı %2,01 seviyesinde gerçekleşmiştir.

Türkiye böğürtlen üretim istatistikleri Tablo 3’de sunulmuştur. Tarımsal üretim miktarları üretim alanının artmasına paralel olarak sürekli artış göstermektedir. Ülke toplam dikim alanı ve üretim alanının %78’i Bursa ilinde olduğundan, ana üretim alanı bu ilimizdir. Bursa ilindeki artışa paralel olarak ülke üretimi de artış göstermektedir. Verim değeri ortalama 900kg/da seviyelerindedir. Son yıllarda Bursa ilinde ahududu üretimine önem verilmesi ve pazar talebinin artması nedeni ile böğürtlen üretimi ülkemizde artış eğilimine girmiştir. Pazar ve gıda sanayinin karşılanması için daha fazla dikim alanında artışa gereksinim bulunmaktadır.

Tablo 3. Türkiye’de Böğürtlen Üretimi ve Bursa’nın Payı

Böğürtlen	Yıl	Bursa	Türkiye-TR	Bursa’nın Payı(%)
Toplu Meyveliklerin Alanı(Dekar)	2012	1873	2426	77,2
	2013	1966	2470	79,6
	2014	2014	2550	79,0
	2015	2054	2464	83,4
	2016	2618	3138	83,4

	2017	2538	3079	82,4
	2018	2332	2807	83,1
	2019	2339	2956	79,1
Verim(Kg/Dekar)	2012	990	974	
	2013	991	973	
	2014	964	942	
	2015	995	984	
	2016	817	786	
	2017	888	890	
	2018	909	905	
	2019	903	916	
Üretim miktarı - Ton	2012	1854	2363	78,9
	2013	1949	2403	81,1
	2014	1942	2402	80,8
	2015	2043	2425	84,2
	2016	2138	2468	86,6
	2017	2255	2739	82,3
	2018	2119	2540	83,4
	2019	2113	2708	78,0

Kaynak:TÜİK. Tarımsal istatistikler. tuik.gov.tr

3.ÜZÜMSÜ MEYVELER DIŞ TİCARETİ

Ekonomide pazardaki büyük ihracatçılar rekabetin diğer unsuru olarak ele alınmalıdır. Dünya üzüksü meyveler ihracatı 2019 yılında 17,5 milyar dolar seviyesine ulaşmıştır. Pazarın büyüklüğü 2015-2019 yılında %11’lik bir büyüme göstermiştir. Tayland 2,25 Milyar Dolar, İspanya 1,93 Milyar Dolar, Yeni Zelanda 1,53 Milyar Dolar, Hollanda 1,43 Milyar Dolar, Meksika 1,18 Milyar Dolar ve ABD ise 1,17 Milyar Dolarlık hacimleriyle en büyük ihracatçılardır ve onlarda 2015-2019 döneminde toplamda %91 oranında artış göstermişlerdir.

Türkiye İhracatta 127 Milyon Dolarla 24.sıradadır, ancak 2015-2019 döneminde %4’lük bir artış yapılmıştır.Tayland 545 Milyon Dolarlık artış ile en çok ihracat artışı yakalayan ülke konumundadır. Meksika, Peru, Hollanda ve Yeni Zelanda 100 Milyon Doların üstünde ihracat artışı yakalayan rakip ülkelerdir.

Üzümsü meyveler ithalatı özellikle sanayinin talebi nedeniyle her yıl artmaktadır. Bu nedenle son yıllarda dış ticaret dengesi sürekli negatif çıkmaktadır. Ülkemizde üretimin ve ihracatının artması sonucu ileriki yıllarda dengenin pozitif çıkması çalışmalarına önem vermek gerekmektedir.

Üzümsü meyveler ülkemiz ithalatı 2019 yılında olup, pazarın büyüklüğü 1.8 Milyon Dolar olarak gerçekleşmiştir. Bu değer 2018 yılına göre % 8,6'lık büyüme göstermiştir. İthalatta yıllık dalgalanmalar olduğu görülmektedir. 2019 yılı ithalat miktarı 1.8 Milyon kg'dır.

Son yıllarda artan üretim miktarı nedeniyle az da olsa ihracat miktarı artmıştır. Azalan dönemler pazarlamada sorunlar bulunduğunu işaret etmektedir. Pazar talebi özelliklerinin firmalarca çok iyi analiz edilip, önlemler alınmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

Tablo 5. Türkiye Üzümsü Meyveler Dış Ticareti

YILLAR	İHRACAT			İTHALAT			DENGE DEĞERİ (Eu)
	Değer (Euro)	Miktar (kg)	Fiyat (E/kg)	Değer (Euro)	Miktar (kg)	Fiyat (E/kg)	(İthalat-İhracat)
2013	248261	165379	1,5	244515	104317	2,34	3746
2014	126996	67661	1,88	564094	467474	1,21	-437098
2015	263185	128110	2,05	458844	422649	1,09	-196659
2016	215885	131432	1,64	353067	279501	1,26	-137182
2017	341370	240492	1,42	726360	725525	1,00	-384990
2018	434238	311832	1,39	1400343	1355998	1,03	-966105
2019	375695	317002	1,19	1615031	1846694	0,87	-1239336

Ülkemizde yapılan üzümsü meyveler ihracat değerleri tablo 5'de sunulmuştur. Üzümsü meyveler son iki yılda artarak 500 bin dolar seviyesine ulaşmıştır. İhracat miktarı ise 317 Bin Kg kadardır. İhracat fiyatları 1,3 Dolar mertebesinde. Üretim artışına paralel olarak ihraç edilen ürün miktarı da artmaktadır. En fazla ihracat yapılan ilk üç ülke sırasıyla; Irak, Rusya Federasyonu ve Romanya'dır. Bu ülkeleri Moldova, Polonya ve Sırbistan izlemektedir. İhracat ağırlıklı olarak Ortadoğu ve Avrupa Birliği ülkelerde yapılmaktadır. Türkiye Cumhuriyetlere de ihracat gerçekleştirmektedir (tablo 8).

KAYNAKLAR

- Ağaoğlu, S., 1986. Üzümsü meyveler. Ankara Üniversitesi , Ziraat Fakültesi. Yayın No:984, Ders kitabı no: 290. Ankara Üniversitesi Basımevi Ankara.
- Focke, W.O., 1910-1914, Species Rubrum. Monographide Generis Rubi Prodrum, 3 vols., illus., Stuttgart.
- Gruber, F., Knight, R.L ve Keep, E., 1962. Rubus L. Subgenera :Idaeobatus und Eubatus. Ed.; Kapperet, H., und Rudolf, W.,: Handbuch der Pflanzenzüchtung. Paul Parey in Berlin und Hamburg, Band VI., 477-509
- Okcu, Z., Kalkışım, Ö., Yavuz, Y. ve Kerse, S., 2016. **Üzümsü** meyvelerde kullanılan en son ambalajlama teknolojileri. ATATÜRK BAHÇE Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Bahçe Dergisi, Cilt: 45, Özel Sayı 2, S:101-110.
- Rozanova, M.A., 1939. Role of autopolyploidyin in the origin of Siberian raspberry.. C.R. (Doklady) Acad. Sci. URSS 24:58-60
- Keipert, K., 1981. Beerendost. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. ISBN 3-8001-5517-6.

www.trademap.org



BÖLÜM 2

MERSİNDE SERALARDA ALTERNATİF BİR ÜRÜN: TAZE FASULYE YETİŞTİRİCİLİĞİ

Garip YARŞI¹

¹ Silifke Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mersin Üniversitesi, Orcid: 0000-0002-1952-0300

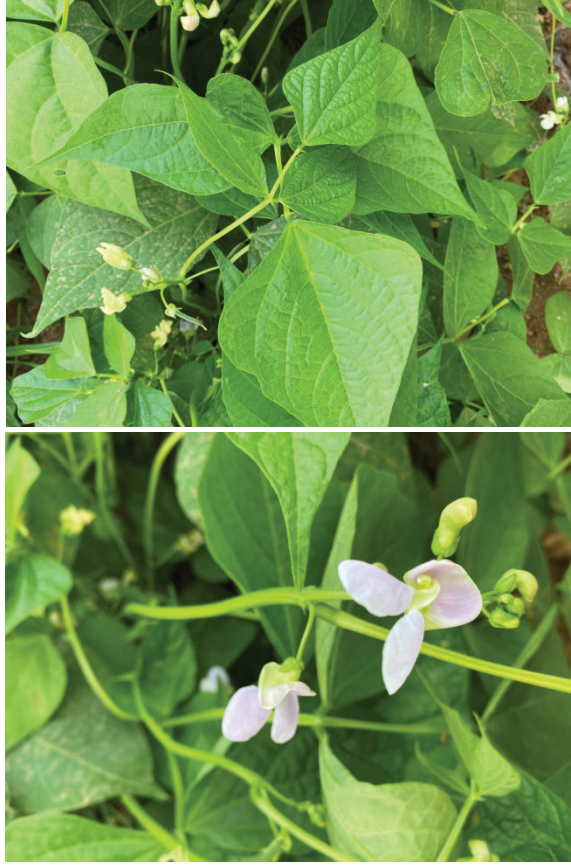
Giriş

Bir çok araştırmacı tarafından Fasulyenin anavatanının Güney Amerika olduğu bildirilmiştir. Fasulye Fabaceae familyasında yer almakta birlikte dünya üzerinde en çok bilinen formları *Phaseolus vulgaris var.comminus* (sırık fasulyeleri) ve *Phaseolus vulgaris var.nanus* (yer(bodur) fasulye) dur(MEGEP,2008). Türkiye’de taze fasulye yetiştiriciliği tüm bölgelerde yapılabilir. A, B1, B2 ve C vitamini yönünden zengindir. Fasulye baklalarında phaseolin ve phasol bulunmakta ve bunların kandaki şekerin düşürücü özelliği olduğu bildirilmektedir (Madakbaş, 2015).

Fasulye (*Phaseolus Vulgaris* L.) *Leguminosae* familyasında ve bol miktarda tüketimi yapılan bir kültür bitkisidir. Ayrıca besin değerinin yüksek olması önemini bir kat daha arttırmaktadır (Bozoğlu,1995). Şehriali (1988) fasulyenin ana vatanının Orta Amerika olduğunu ve uzun yıllar önce (250 yıl) Anadolu’ya geldiğini bildirmiştir.

Fasulye farklı bölgelerde farklı zamanlarda yetiştiriciliği yapılabilen bir sebzedir. Son dönemlerde örtü altında yetiştiriciliğinde de önemli bir artış görülmüştür. Abak ve ark. (2010) fasulyenin serin iklim sebzesi olduğunu, insan sağlığı için önemli olduğunu ve yıl boyunca üretimin yapıldığını ve kuru olarak tohumlarının taze olarak ise baklalarının tüketildiğini bildirmişlerdir. Önder ve ark. (2012) ise, Konya İlinde yaptıkları bir çalışmada, fasulye yetiştiriciliği yapılan işletmeleri incelemişlerdir. Bu işletmelerde fasulye yetiştiriciliği yapılırken hastalık ve zararlılar, sulama, gübreleme gibi uygulamaların yetersiz olduğunu bunun sonucu olarak verim ve kalitede beklenen başarının sağlanamadığını rapor etmişlerdir. Şehirli (1988) yılında yaptığı bir çalışmada ise, fasulyesin azot bağlayıcı özelliğinden bahsederek *Rhizobium phaseoli* bakterileri sayesinde toprağa azot kazandırdığını bildirmiştir.

Bitkisel özellikler: Bitki boyu sırık veya bodur olmasına bağlı olarak değişmektedir. Sırık çeşitler çeşide ve ekolojiye bağlı olarak bazen 3 metreye kadar uzayabilir. Bodur çeşitlerde ise gövdenin uç kısmı çiçek açarak büyümesini sınırlandırır. Fasulye dikotiledon (çift çenekli) bir bitkidir. İlk çıktığında bu yapraklar oluşur ve daha sonra gerçek yapraklar oluşmaya başlar. Gerçek yapraklar, çeşide bağlı olmakla birlikte değişik uzunlukta, üçlü bileşik yaprak şeklinde, uçları genellikle hafif sivri ve kalp şeklindedir. Çeşide bağlı olarak farklı renklerde çiçeklere sahiptir. Çiçekler, kırmızı, morumsu, beyaz veya sarı renk tonlarında olabilir. Fasulye mutlak kendine döllen bir sebzedir. Erkek organ dişi organı üzerine sarılmış boru çeklindedir ve dişi organ helozonik şekilde kıvrılmıştır. Ancak nadiren de olsa yabancı döllenme görülebilir. Özellikle yüksek sıcaklıklar ve bazı böcekler bu olayda etkindir(Akşin, 1988; Günay, 1992: MEGEP, 2008).



Resim 1. Taze fasulye bitkisi ve çiçeği (Silifke-2021)

Taze Fasulye Yetiştiriciliği

Fasulye sıfırın altınca 2-3 derecede zarar görürken en uygun yetiştirme sıcaklığı 15-21 °C'dir. Tohumlar ise en uygun 18-30 °C sıcaklıkta çimlenirler(MEGEP, 2008). Toprak pH'nın 5,5-6,7 olduğu yerlerde en iyi ürün alınmaktadır. Fasulye yetiştiriciliği için toprak öncelikle işlenir, organik madde içeriğini arttırmak için yanmış çiftlik gübresi verilir. Toprak analizine bakarak eksik olan besin elementleri toprağa ilave edilir ve toprak tohum ekimine hazır hale getirilir. Tohumlar çizi (sıra) veya ocak usulü ekilir. Toprak neminin tohumların çimlenmesini ve çıkışını tamamlayana kadar sürekli kontrol edilmesi iyi bir tohum çıkışı ve üretim için önemli olacaktır. Sıra usulü ekimlerde eğer kullanılan çeşit sırk ise, sıra üzeri 20-30 cm sıra arası ise 50-60 cm olacak şekilde ayarlanır. Bodur çeşitlerde ise bu mesafeler sıra üzeri 15-20 cm sıra arası ise 40-50 cm olarak ayarlanır. Eğer ekim sistemi ocak usulü yapılacaksa genellikle tavalar hazırlanır veya düze ekim yapılabilir. Her ocağa 3-5 tohum kullanılır. Genellikle 7 gün sonra tohumlar toprak yüzeyine çıkarlar(MEGEP, 2008; Özdemir, 2002;

Vural ve ark., 2000; Anonim, 2021a). Ancak Silifke’de seralarda yapılan yetiştiricilikte çiftçiler her ocağa 6-10 adet arasında tohum kullanmaktadır.



Resim 2. Seralarda Taze fasulye Yetiştiriciliği Tohumların Çıkışı (Silifke-Atayurt 2021)

Sulama ve Gübreleme

Genellikle sulama konusunda çok dikkatli olunmalıdır. Küçük meyve-

ler görülünceye kadar fazla sudan kaçınmak gerekir ancak meyve oluşmaya başladıktan sonra iklim şartları da gözetilerek genellikle 4-5 gün ara ile sulanmalıdır (Anonim, 2021b).

Gübreleme yapılmadan önce mutlaka toprak analizi yapılmalıdır. Bu şekilde gübreleme programı hazırlamak her zaman avantajlı olacaktır. Fasulye bitkisi köklerinde bulunan nudoziteler Rhizobium bakterileri vasıtasıyla havanın serbest azotunu tutarak hem kendileri hem de kendinden sonra yetiştiriciliği yapılacak bitkiler için avantaj sağlamaktadır. Bunun dışında fosforlu ve potasyumlu gübreler de hem tohum ekiminden önce hem de tohum ekiminden sonra analiz ve bitki gözlem sonuçlarına göre verilmelidir. Genellikle dekara 2-3 ton yanmış çiftlik gübresi vermek uygun olacaktır. Ayrıca Dekara 2-5 kg saf azot (N), 4-6 kg fosfor (P_2O_5) ve 3-5 kg potasyum (K_2O) verilmelidir (Anonim, 2021b). Başka bir çalışmada ise, bir dekar alana ortalama saf madde cinsinden 12-14 kg N (Sülfat formunda), 10 kg P_2O_5 ve 10-12 kg K_2O verilmesi tavsiye edilmektedir (Anonim, 2021c).

Hasat ve Verim

Fasulye hasadında bitkiye zarar verilmemelidir. Baklaların yukarıya doğru çekilerek hasat edilmesi bitkinin zarar görmesini önler. Fasulyeler hasat edildikten sonra pazara sunulana kadar uygun şartlarda muhafaza edilmelidir. Nem içeriği %80'in üzerinde ve +4-5 °C'de 8-10 gün kadar muhafaza edilebilir (Bayraktar, 1976; Anonim, 2021c). Taze Fasulye verimi yetiştirilen çeşide, yetiştirildiği döneme, iklime ve bakım şartlarına göre değişiklik göstermektedir. Mersin'de yapılan bir çalışmada Yer Ayşe fasulyesinden sonbahar döneminde dekara 2279 kg ürün alınırken ilkbahar yetiştiriciliğinde 1295 kg alınmıştır (Çelikel ve Tunar, 1996). Samsunda yapılan bir çalışmada ise, Kar ve ark. (2005) bodur çeşitlerden en yüksek 2104 kg/da verim elde etdiklerini bildirmişlerdir. Bazı çalışmalarda fasulye yetiştiriciliğinde verimin değişkenlikler gösterdiğini ve verimin artırılması için kültürel uygulamaların yapılmasının yanında ekolojilere uygun çeşitlerinin seçiminin de önemli olduğunu vurgulamışlardır (Pekşen, 2005; Anlarsal ve ark., 2000; Bayraktar, 1976). Konyada yapılan bir çalışmada ise, 1551.2 kg/da en yüksek verimin Sarıkız çeşidinden ve en düşük verimin ise 605.9 kg/da ile Bourgondia çeşidinden elde edildiği bildirilmiştir (Seymen ve ark. 2010).



Resim 3. Serada taze fasulye bitkisi ve hasada gelmiş meyvelerin görünüşü (Silifke-2021)

Mersin Özelinde Taze Fasulye Yetiştiriciliği

Çizelge 1. Son 5 yıllık Mersin ve Türkiye'nin taze fasulye üretiminin (ton) karşılaştırılması (TÜİK, 2021).

Çizelge 1 incelendiğinde Mersin'in son 5 yıllık taze fasulye üretiminde Türkiye üretiminde bir düşüş olmasına rağmen 2020 yılı hariç bir artış olduğu gözlenmektedir. Son yıllarda özellikle örtüaltı üretiminde taze fasulye yetiştiriciliğinin tercih edilebilir olması ve özellikle kış döneminde pazarda yüksek fiyat bulması bu artışa neden olabilir. Ancak 2020 yılında üretimdeki düşüş tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de görülen covid-19'un olumsuz etkisine bağlanabilir.

Çizelge 2 de Mersin'in taze fasulye üreten ilk 4 ilçenin verileri görülmektedir. Burada Erdemli, Tarsus, Mezitli ve Silifke ilçelerinde taze fasulye üretiminin yoğunlaştığı görülmektedir. Mersinin üretiminin yaklaşık %96.4 lük kısmını bu 4 ilçe karşılamaktadır. Erdemli ilçesi ise Mersin'in taze fasulye üretiminin yaklaşık %52.5 ni karşılamaktadır. Erdemli bu açıdan önemli ilçesi durumundadır. Özellikle Tarsus ve Silifke'de seralarda güz döneminde taze fasulye yetiştiriciliği yeni yeni gündeme gelmekte ve üreticiye ekonomik anlamda yüksek kazanç sağlamaktadır. Ancak ilçe bazında bakıldığında da 2020 yılında üretimde bir düşüşün olduğu görülmektedir. Bu durum Covid-19 salgınının yarattığı bir negatif etki ile açıklanabilir.

Çizelge 2. Mersinde taze fasulye üreten ilk 4 ilçenin üretim miktarları (ton) (TÜİK, 2021)

Çizelge 3. Mersin Örtüaltı Taze Fasulye Üretimi (ton) (TUIK,2021)

Mersinde örtüaltı yetiştiriciliği daha çok yüksek tünel ve plastik seralarda yapılmaktadır. Çizelge 3 incelendiğinde Örtüaltı taze fasulye üretiminin daha çok Tarsus ilçesinde yapıldığı görülmektedir. Silifkede de yetiştiricilik yapılmakla birlikte 2020 yılında önemli bir düşüşün olduğu görülmektedir.



Resim 4. Serada ve açıkta taze fasulye yetiştiriciliği (Silifke ve Erdemli 2021)

Sonuç olarak;

Taze fasulye üretimi Türkiye’de açıkta ve örtüaltında sırık ve oturak(-bodur) çeşitlerle yapılmaktadır. Özellikle açıkta sırık çeşitlerle destekler vererek yetiştiricilik yapılmaktadır. Mersin’de örtüaltı yetiştiriciliğinde üretilen taze fasulye Türkiye üretiminin yaklaşık %12,5’ini karşılamaktadır. Tarsus ise Mersin’in örtüaltında taze fasulye üretiminin yaklaşık %97.8’sini karşılayarak önemli bir üretici ilçe durumundadır. Seralarda güz döneminde yetiştiricilik yapılarak üretimde çeşitlilik yaratılabilir. Böyle bir durumda hem toprağın dinlenmesi hem de toprağa biyolojik azot bağlanması sağlanabilir. Bu durum toprağın fiziksel ve kimyasal yapısında pozitif yönde bir iyileşme sağlayabilir. Bu bağlamda, fasulye hasadından sonra yetiştirilecek ürüne daha verimli bir ortam yaratılmış olur. Özellikle organik tarım yapılan alanlarda fasulye, ekim nöbetinde tercih edilebilir bir ürün olarak öne çıkarılabilir. Yoğun bir üretimin yapıldığı seralarda zaman zaman yetiştiriciliği teşvik edilerek monokültür bir tarımdan uzaklaşılabilir ve toprak yorgunluğunun azaltılmasına yardımcı oluna

Kaynaklar

1. Abak, K., Düzyaman, E., Şeniz, V., Gülen, H., Pekşen, A., Kaymak, H. 2010. Sebze üretimini geliştirme yöntem ve hedefleri, *VII.ZiraatKongresi*, Ankara, 11-15.
2. Akçin, A., 1988. Yemeklik Tane Baklagiller. S.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 8, 377, Konya.
3. Anonim, 2021a. Fasulye Yetiştiriciliği, <https://samsun.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Yayinlar/Lifletlerimiz/s-15.pdf>, Erişim Tarihi; 22.11.2021)
4. Anonim, 2021b <https://www.gencziraat.com/Bahce-Bitkileri/Taze-Fasulye-Yetistirciligi-10.html> (Erişim tarihi, 26.11.2021)
5. Anonim, 2021c <https://pratiktarim.com/oturak-taze-fasulye-yetistirciligi/> (Erişim tarihi, 26.11.2021)
6. Anlarsal, A.E., Yücel, C., Özveren, D., 2000. Çukurova Koşullarında Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Çeşitlerinde Tane Verimi ve Verimle İlgili Özellikler İle Bu Özellikler Arası İlişkilerin Belirlenmesi. *Turk J Agric For*.24(2000)19-29 TUBİTAK.
7. Ayanoğlu, F., Engin, M. 1995. Bazı Fasulye Çeşitlerinde Farklı Ekim Zamanlarının Verim ve Verimle İlgili Karakterlere Etkisi Üzerinde Araştırmalar. Türkiye II Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi 3-6 Ekim syf 241-245 Adana.
8. Balkaya, A., Odabas, M.S. 2002. Determination of the Seed Characteristic Some Significant Snap Bean Varieties Grown in Samsun, Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 5(4):382-387.
9. Bayraktar, K., 1976. Sebze Yetiştiriciliği. Cilt. 3 Sebze Tohum Üretimi. Ege Ziraat Fakültesi Yayınları No. 244.356, İzmir, Türkiye
10. Bozoğlu, H., 1995. Kuru Fasulyede Bazı Tarımsal Özelliklerin Genotip X Çevre İnteraksiyonu ve Kalıtım Derecelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, *Doktoratezi, 19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
11. Çelikel, G., Tunar, M. 1996. Sonbahar ve İlkbahar Yetiştiriciliğine Uygun Yer ve Sıvık Taze Fasulye Çeşitlerinin Belirlenmesi. *Gap I. Sebze Tarım Sempozyumu* 7-10 Mayıs syf 43-46 Şanlıurfa.
12. Günay, A., 1992. Özel Sebze Yetiştiriciliği. Cilt IV, A.Ü Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara, 103 s.
13. Gündüz, B., Sermenli, T., Karadavut, U., Mavi, K., Erdoğan, C. 2000. Amik Ovasında Farklı Zamanlarda Yetiştirilen Bazı Fasulye Çeşitlerinin Bakla Özelliklerinin Belirlenmesi. III Sebze Tarım Sempozyumu 11-13 Eylül s 335-340 Isparta.
14. Kar, H., Balkaya, A., Apaydın, A. 2005. Samsun Ekolojik Koşullarında İlk Turfanda Taze Fasulye Yetiştiriciliğinde Bazı Çeşitlerin Performansları-

- nın Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. GOÜ.Ziraat Fakültesi Dergisi,22(1),1-7.
15. Madakbaş, S.Y., Kar, H., Küçükumuzlu, B.2004.ÇarşambaOvası'nda Bazı Bodur Taze Fasulye Çeşitlerinin Verimliliklerinin Belirlenmesi. GOÜ.Ziraat Fakültesi Dergisi,21(2),Tokat.
 16. Madakbaş, S.Y., 2015. Taze fasulye tarımı.pdf,<http://www.arastirma.tarim.gov.tr>, (erişim tarihi:27.12.2021).
 17. MEGEP, 2008. Fasulye Yetiştiriciliği. MEGEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi), Ankara.
 18. Önder, M., Ateş, M.K., Kahraman, A., Ceyhan, E., 2012. Konya İlinde Fasulye Tarımında Karşılaşılan Problemler ve Çözüm Önerileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 5 (1): 143-148.
 19. Özdemir, S., 2002. Yemeklik Baklagiller. Hasat Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul.
 20. Pekşen, E., 2005.Samsun Koşullarında Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Tane Verimi ve Verimle İlgili Özellikler Bakımından Karşılaştırılması. OMÜ.Zir.Fak.Dergisi.20(3):88-95.
 21. Pekşen, E., Gülümser, A., 2005.Bazı Fasulye(*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinde Verim Ve Verim Unsurları Arasındaki İlişkiler Ve Path Analizi. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi,20(3):82-87.
 22. Seymen M., Türkmen, Ö., Paksoy, M., 2010. Bazı Bodur Taze Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Çeşitlerinin Konya Koşullarında Verim ve Bazı Kalite Unsurlarının Belirlenmesi.Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 24 (3): 37-40
 23. Şehirali, S.,1988.Yemeklik dane baklagilleri, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları:1089, Ders Kitabı No:314, 337-387 s
 24. TUİK, 2021 <https://tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi 24.12.2021)
 25. Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ., 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). 440 p. Bornova-İzmir, Türkiye.



BÖLÜM 3

TOPRAK CANLILARI, CANLILARI ETKİLEYEN ÇEVRESEL FAKTÖRLER VE TOPRAK CANLILARININ EKOLOJİK ROLLERİ

İlyas BOLAT¹

¹ İlyas BOLAT (Doç. Dr.), Bartın Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Toprak İlmî ve Ekolojisi ABD, Bartın, ORCID ID: 0000-0002-5354-2968

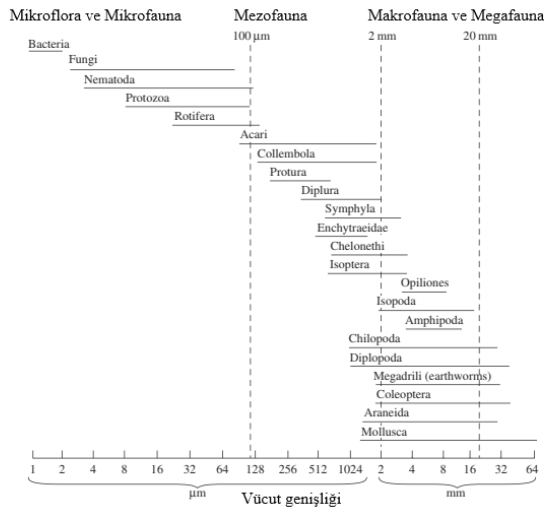
1. TOPRAK CANLILARI

Toprak, farklı oluşum aşamalarında anorganik ve organik bileşiklerden meydana gelen ve gevşek bir şekilde düzenlenmiş malzeme katmanlarından oluşan yeryüzünün dış örtüsüdür. Ayrıca toprak, canlılarının yaşadığı, çoğaldığı ve öldüğü doğal bir ortamdır (Giri vd., 2005). Öte yandan toprak, insanların bir dizi “**ekosistem ürünü**” (biyokütle üretimi ile) ihtiyacını karşılayan ve aynı zamanda ekosistemin sürdürülebilirliğine katkı sunan birçok “**düzenleyici hizmeti**” (örneğin organik maddenin ayrışması, toprak strüktürünün muhafazası ve sürdürülmesi, besin maddelerinin döngüsü vb.) sağlayan çok bileşenli ve çok fonksiyonlu bir sistemdir. Ancak toprakta gerçekleşen tüm bu fonksiyonlar, toprakta yaşayan çeşitli organizmalar/canlılar tarafından yerine getirilmektedir. Yani toprak sisteminde gerçekleşen bu fonksiyonlar biyolojik süreçlerin birer işlevsel çıktılarıdır (Kibblewhite vd., 2008; Briones, 2014).

“*Edaphon*” adı verilen toprak canlıları “*toprak faunası*” ve “*toprak mikroflorası*” olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Toprak faunası/hayvanları (1) *Makrofauna* (vücut genişliği > 2 mm; örneğin, solucanlar, termitler ve kırkayaklar); (2) *Mezofauna* (ortalama olarak vücut genişliği 0,1–2 mm arasında olan toprak organizmalarıdır; Diploura, Kolembole ve Enchytraeid örnek olarak verilebilir); (3) *Mikrofauna* (Nematod, Protozoa, Rotifera gibi basit yapılu çok küçük solucanlar) olarak üç alt gruba ayrılmaktadır (Şekil 1). İlgili şekilde (Şekil 1) toprak canlılarının büyüklüklerine göre sınıflandırıldığı ve toprak faunası ile toprak florasına ait bazı örnek canlıların verildiği görülmektedir. Bu canlı gruplarından toprak besin ağının en çok sayıda ve çeşitlilikte üyesine sahip olan *toprak mikroflorası* (vücut genişliği 0,1 mm) ise ilk başlarda (1) Bakteriler, (2) Aktinomisetler, (3) Mantarlar ve (4) Alg’ler olmak üzere dört alt gruba ayrılmıştır. Aktinomisetler hem bakteri hem de mantar gibi olan toprak mikroorganizmalarıdır. Yani bu canlılar, bakteri ve mantar grubu ile ortak bazı özelliklere sahiptir. O yüzden genellikle aktinomisetlerin, bakteriler ve mantarlar arasındaki kayıp evrimsel halka (zincir) olduklarına inanılmaktadır. Bütün bunlara rağmen aktinomisetler, bakterilerle mantarlardan çok daha fazla ortak özelliklere sahiptir. Bu yüzden daha sonra yapılan çalışmalarda aktinomisetlerin bakteriler grubuna dahil edildiği ve toprak mikroflorasının genellikle beş ana taksonomik kategoriye ayrıldığı görülmektedir. Bunlar; (1) Algler, (2) Bakteriler, (3) Mantarlar, (4) Protistler ve (5) Virüs’lerdir. Bu grupların her biri organizmaları tanımlayan farklı özelliklere sahiptir. Ayrıca bu grupların her birinin yaşadığı toprakta farklı işlevleri/fonksiyonları vardır. Dolayısıyla her iki ana gruba giren ve çeşitli yetiştirme ortamlarındaki topraklarda yaşayan canlılar miktar, tür ve faaliyet (aktivite) bakımından büyük farklılık göstermektedir. Çünkü bu canlıların aktiviteleri/faaliyetleri, toprak parçacıkları ve diğer daha küçük veya bü-

yük canlılar ile olan etkileşimleri, büyük ölçüde toprak içerisinde mikro habitatlar arasındaki çok dar mesafelerde bile farklılık gösterebilen küçük yaşam alanı (mikro habitat) koşullarına bağlıdır. Toprak canlıları için bu küçük yaşam alanları (mikro habitat), değişen boyutlar ve bileşimleri olan toprak agregalarının iç ve dış yüzeylerini ifade etmektedir. Bu nedenle mikro habitatlar, toprak parçacıkları, toprak organik maddesi ve organizmaların dağılımı açısından oldukça heterojen dağılım gösteren yerler olarak kabul edilir. Bu açıdan organik maddeler ve bunlardaki mineral besin maddeleri bakımından zengin olan orman toprakları yoğun bir canlılar topluluğunu barındırmaktadır (Çepel, 1996; Prescott vd., 1996; Hurst, 2002; Giri vd., 2005; Johns, 2017). Örneğin bazı durumlarda biyolojik olarak aktif durumdaki bir hektar toprak, ortalama 1011 kg solucan, 1090 kg mantar, 682 kg bakteri, 60,5 kg protozoa, 404,5 kg eklembacaklılar, algler ve diğer küçük memelileri içerebilir (Brown ve Doube, 2004; Crespo, 2013).

Yukarıda ifade edilen rakamlardan ve aşağıda verilen tablonun (Tablo 1) incelenmesinden anlaşılabileceği üzere verimli üst toprakta milyonlarca bakteri ve mantar bulunmasına rağmen, mikrobiyal taksonların sadece yaklaşık %0,1'i kültüre edilebilmiş ve metabolik rolleri anlaşılmıştır. Ancak bu değerler, günümüzde toprak mikrobiyal çeşitliliğini ve işlevini incelemek için moleküler tekniklerin artan kullanımının bir sonucu olarak değişmeye başlamıştır (Tiedje vd., 2001; Lynch vd., 2004; Barrios, 2007). Bu yüzden günümüzde yapılan bir çalışmada (Dobrovol'skaya vd., 2015) gezegenimizdeki biyokütlenin %60–90'ına kadarının esas olarak topraklarda yaşayan mikroorganizmalardan oluştuğu bildirilmektedir.



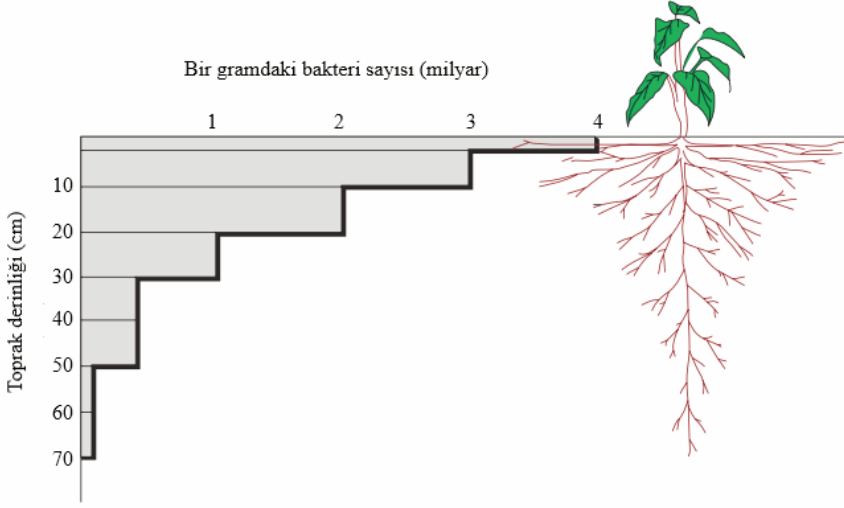
Şekil 1. Toprak canlılarının vücut büyüklüklerine göre sınıflandırılması (Bardgett, 2005'ten değiştirilerek).

Tablo 1. *Vücut büyüklüğüne göre düzenlenmiş bazı bitki türü ve toprak organizma sayılarına ilişkin değerler (Wall vd., 2001; Barrios, 2007'den değiştirilerek).*

Boyut	Canlı Grubu	Bilinen Tür (adet)	Tahmin Edilen Toplam Tür (adet)	Bilinen (%)
	Damarlı bitkiler (Tracheophytes)	270.000	300.000	90
	Makrofauna			
	Solucan	3.600	Tahmin edilemedi	Tahmin edilemedi
1–50 mm	Kırkayak	10.000	60.000	16.7
	Karınca	8.800	15.000	58.7
500 µm–4 mm	Termit	1.600	3.000	53.3
	Mezofauna			
300 µm–2 mm	Çatal kuyrukçiller	800	1.600	50
150 µm–2 mm	Kollembola	6.500	24.000	27.1
80 µm–2 mm	Akar	20.000-30.000	900.000	2.2–3.3
	Mikrofauna			
15–100 µm	Protozoa	1.500	200.000	7.5
5–120 µm	Nematod	5.000	400.000	1.3
	Mikroflora			
3–100 µm	Mantar	18.000-35.000	1.500.000	%1–2
1–2 µm	Bakteri	13.000	1.000.000	%1

Bunun yanında çoğu toprak organizmasının miktarı ve biyokütlesi, toprağın ilk 10 cm'sinde en yüksektir. Fakat organik madde içeriği ile diğer bir besin kaynağı olan beslenebileceği canlının (avın) mevcudiyetine paralel olarak toprak derinliğiyle birlikte azalır (Şekil 2). Çünkü çoğu mikroorganizma, gelişmek için havaya, suya ve besine ihtiyaç duyar. İfade edilen bu maddeler en çok toprağın 40–50 cm'lik üst kısmında, özellikle A-horizonunda bulunur. Organizmalar en fazla oksijeni, besin için en iyi organik maddeyi, iyi gelişim göstermiş bir toprak strüktürünü ve depolanmış suyu burada bulmaktadır. Bu nedenle, çoğu toprak organizması da çoğu bitki kökü gibi toprak yüzeyinin yakınında yaşar (Plaster, 2013). Dolayısıyla, topraktaki toplam mikrobiyal biyokütlenin yaklaşık %65'i toprak profilinin ilk 25 cm'lik kısmında bulunur. Bu derinliğin altında ise mikrobiyal yoğunluk, genel olarak 1–3 kat arasında değişen oranlarda azalış gösterir. Üstelik genel olarak düşük olmakla birlikte, toprak profilinin alt derinliklerindeki toprak organizmalarının sayısı ve faaliyetleri, tekstür, toprak reaksiyon (pH), sıcaklık, su mevcudiyeti ve organik madde içeriğindeki değişimlere (gradyanlara) bağlı olarak mekansal olarak farklılık gösterir (Frey, 2015). Bu yüzden toprak canlıları, karmaşık ve heterojen toprak matrisinde mikrondan metreye kadar değişen alanlarda yüksek çeşitlilikleri ve geniş dağılımları nedeniyle çok özenli ve dikkatli bir şekilde araştırılmaktadır. Ayrıca bu durum, toprak canlılarının tüm bileşenleri hakkında aynı anda bilgi sağlayan tek bir yöntemin tanımlanmasını da zorlaştırmaktadır (Barrios, 2007). Belki de bu yüzden Paul ve Clark (1996)'a göre toprak, “**kara**

kutu” olarak tanımlanan çok çeşitli mikroorganizmaları içeren bir ortamdır. Bununla birlikte her iki gruba giren toprak canlıları yani toprak faunası ve toprak mikroflorası, organik maddenin ayrıştırılması, biyolojik besin maddesi dolaşımı, bitki metabolizması ve gelişimi, toprak oluşumu gibi önemli biyolojik, fizyolojik ve pedolojik süreçler üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bu yüzden toprak organizmalarının, bitkilerle birlikte toprak oluşumundan sorumlu beş etkileşimli (diğerleri anakaya, iklim, topografya ve zaman) faktörden biri olduğu bildirilmektedir (Çepel, 1996; Voroney ve Heck, 2015).



Şekil 2. Verimli balçık toprağında bakteri popülasyonunun toprak derinliğine ile değişimi (Plaster, 2013'ten değiştirilerek).

2. TOPRAK CANLILARINI ETKİLEYEN ÇEVRESEL FAKTÖRLER

Toprak biyoçeşitliliği bakteri, alg, mantar ve protistler gibi mikro flora ve mikro faunadan solucanlar, böcekler, küçük omurgalılar ve bitkiler gibi makro ve mega faunaya kadar çok farklı sayıda ve çeşitlilikte organizma türlerini içerir. Bu biyolojik çeşitlilik, çok çeşitli ekosistem süreçlerini, işlevlerini ve hizmetlerini desteklediği için insanlar için hayati öneme sahiptir. (Wall vd., 2015; Orgiazzi vd., 2016). Ancak çevresel faktörlerin, toprak canlılarının/organizmalarının türü, sayısı ve aktivitesi üzerinde çok büyük (muazzam) bir etkisi vardır. Toprak organizmalarını etkileyen en önemli çevresel faktörleri, toprak reaksiyonu (pH), sıcaklığı, toprağın havalanması, besin maddesi durumu ve topraktaki alınabilir/kullanılabilir su şeklinde sıralamak mümkündür. İfade edilen faktörler toprak organizmalarını, özellikle de kalıcı toprak sakinleri olan toprak mikroorganizmalarını doğrudan etkileyenlerdir (Çepel, 1996; Coyne ve Thompson, 2006; Bolat vd., 2015abc; Bolat ve Şensoy, 2019). Benzer şekilde Giri vd., (2005)'de

mikroorganizmaların, topraktaki herhangi bir organik maddeyi (doğal substratı) en ince ayrıntısına kadar tam manasıyla sindirebildiklerini/ayrıştırabildiklerini, ancak mikroorganizmaların aktivitelerini/faaliyetlerini ciddi şekilde sınırlayabilecek belirli sıcaklık ve nem koşullarının olduğunu ifade etmektedir. Aşağıda toprak canlılarını etkileyen önemli çevresel faktörler hakkında bilgiler verilecektir.

2.1. Toprak Reaksiyonu (pH)

Bitki beslenmesi ile ilgili olarak toprağın belki de en önemli özelliği, onun hidrojen iyon aktivitesi veya pH'dır ("reaksiyon" terimi, özellikle eski literatürde kullanılmaktadır). Toprak reaksiyonu ya da pH, çoğu toprak-bitki ilişkisi ile yakından ilişkilidir. Bitkilerin besin alımı ve kök büyümesi üzerinde pH'nın önemli etkisi bulunmaktadır. Ayrıca toprak pH'ı, besin maddesi çözünürlüğünü ve metal toksisitesini düzenleyerek bitki büyümesini etkiler. Genel olarak, pH değeri 6,5 civarında olan toprağın, en yüksek besin maddesi kullanılabilirliğini ve en düşük metal toksisitesini ihtiva ettiği bilinmektedir. Dahası toprak pH'ı birçok mikroorganizmanın varlığını veya aktivitesini de kontrol etmektedir (Wong, 2003; Bolat, 2007; Bolat, 2011; Vogt vd., 2015). Toprak reaksiyonu, toprak çözeltisindeki anorganik ve organik maddelerin çözünürlüğü ve iyonizasyonu gibi mikrobiyal aktiviteyi etkileyen bir dizi faktörü etkileyerek toprak enzim aktivitesini etkiler (Voroney ve Heck, 2015). Çoğu toprakta bitki büyümesi, pH 6,0 ile 8,0 arasında optimaldir. Toprak organizmaları da bu nötr (hafif asitli ve hafif bazik) pH aralığında sayı ve çeşitlilik bakımından en fazla miktarda bulunmaktadır. Fakat bu optimal pH aralığının dışına çıkılmaya başlandığında, toprak organizmalarının sayısı ve çeşitliliği azalmaya başlar. Yani toprak reaksiyonu toprak canlılarını önemli bir şekilde etkilemeye başlamaktadır. Hatta toprak reaksiyonunun değişmesi toprakta yaşayan canlı toplumlarının değişimine sebep olacak kadar etkili olabilmektedir. Örneğin topraktaki canlı toplumlarından bakteriler genellikle hafif asit ve hafif alkali topraklarda bol miktarlarda bulunurken, diğer bir canlı toplumu olan mantarlar toprak reaksiyonunun asitleşmesi (pH <4) ile ortamda artmaya başlar. Çünkü mantarlar genellikle asidik pH şartlarını tolere edebilmektedir. Onun için mantar gelişiminin sıcaklık aralığı 20–35 °C olarak ifade edilirken; mantar gelişimi için optimum sıcaklığın ve toprak reaksiyonunun (pH) sırasıyla 30 °C ve 5,8 olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle asidik ortamlarda bakterilerden daha fazla mantar bulunur. Ayrıca mantarların birçoğu farklı toprak reaksiyonlarında (farklı pH'larda) aynı substratlar üzerinde hareket edebilen bir dizi enzime sahiptir. Beslenmeleri sırasında ince toprağı da yiyen solucanlarda toprak reaksiyonundan etkilenen başka bir canlı grubudur. Solucanların miktarının ve dışkılarının toprak yüzeyinde çokça bulunuşu toprak reaksiyonunun hafif asit-hafif alkali sınırlar (pH 6–8) arasında olduğunun bir göstergesidir. Diğer bir

örnek *Rhizobia* bakterisidir. *Rhizobia*, özellikle pH'ın 7 civarında olduğu topraklarda, konukçu veya konukçu olmayan bitkilerin köklerinin yakınında bol miktarda bulunan bir bakteridir (Kantarcı, 2000; Davet, 2004; Giri vd., 2005; Coyne ve Thompson, 2006; Bolat vd., 2021).

2.2. Toprak Sıcaklığı

Toprakta meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler sıcaklıktan çok farklı şekillerde etkilendiğinden göz önünde bulundurulması gereken önemli çevresel faktörlerden birisidir. Örneğin gazların moleküler difüzyon hızları artan sıcaklıkla her zaman artarken, toprak çözeltisindeki çözünürlüğü artmamaktadır; bunun aksine azalış göstermektedir. Örneğin oksijenin (O_2) difüzyon hızı sıcaklık 10 °C'den 30 °C'ye çıktığında 0,189 cm^2/sn 'den 0,217 cm^2/sn 'ye çıkmaktadır. Diğer taraftan O_2 'nin toprak çözeltisindeki çözünürlüğü sıcaklık 10 °C'den 30 °C'ye çıktığında 0,0380 cm^3/cm^3 'ten 0,0261 cm^3/cm^3 'e düşmektedir. Sıcaklık, kimyasal reaksiyonların hızının temel belirleyicisidir. Toprak canlılarının faaliyetleri üzerinde de etkisi vardır. Örneğin 30 °C'deki mikrobiyal aktivite, 20 °C 'dekenden iki kat daha yüksektir. Sıcaklık, hücre zarlarının ve hücre içeriğinin akışkanlığında rol oynar. Bununla birlikte yüksek sıcaklıklarda proteinlerin doğal yapısı bozulur. Esasında toprak sıcaklığı, emilen güneş radyasyonunun yoğunluğuna bağlıdır. Ayrıca sıcaklık, nem derecesine ve bitki örtüsünün yapısına bağlı olarak az ya da çok hızlı bir şekilde yükselir. Toprak yüzeyine yakın yaz aylarında önemli olabilen günlük sıcaklık değişimlerinin büyüklüğü (farkı), toprak derinliği ile hızla azalır. Yukarıdaki bilgilerin ışığı altında toprak sıcaklığı toprak canlılarının gelişimini ve faaliyetlerini etkilemektedir. Elbette ki, bu etki canlı türüne göre de değişiklik göstermektedir. Her ne kadar farklı araştırmacılara göre değerler az da olsa değişiklik gösterse de toprakta biyolojik aktivitenin sınırları genel olarak 0 °C ile 50 °C arasındaki sıcaklıklarda değişmektedir. Bu aralıkta sıcaklık 10 °C'nin (<10 °C) (kriyofiller veya psikrofiller) altında, 10 °C ve 40 °C (mezofiller) arasında ve 40 °C'den büyük (>40 °C) (termofiller) olduğunda da en iyi şekilde büyüyen ve gelişen canlılar vardır. Öte yandan toprak organizmalarının çoğu mezofil olarak kabul edilir. Bununla birlikte her bir organizmanın gelişiminin artık mümkün olmadığı, bir minimum ve bir maksimum sıcaklık derecesi bulunmaktadır. Ancak bu sınırlar arasında canlının büyümesinin maksimum olduğu optimal bir sıcaklık bulunmaktadır. O yüzden türlerin, ana sıcaklık ve diğer iklim özellikleri arasındaki denge tarafından belirlenen belirli bir coğrafi dağılımı bulunmaktadır. Üstelik bu coğrafi dağılım içerisinde bile mikrobiyal popülasyonlar arasında kurulan ve onların dengesini belirleyen antagonistik, rekabetçi veya mutualizm (farklı türlerden iki canlının karşılıklı olarak yardımlaşması) ilişkiler bile sıcaklığa yakından bağlıdır. Şöyle ki; belirli bir sıcaklıkta, sınırlı miktarda bulunan belirli bir substrat için iki tür arasındaki rekabetin sonucu, türlerin o sıcak-

lıktaki nispi büyüme ve gelişme oranlarına bağlıdır (Davet, 2004; Coyne ve Thompson, 2006; Öztürk ve Bolat, 2014; Bolat vd., 2015c; Voroney ve Heck, 2015; Bolat ve Öztürk, 2017).

Toprak sıcaklığı mevsimlik değişimler göstermektedir. Dolayısıyla bu değişimlere göre toprağın havası ve nemi de değişir. Toprak canlılarının önemli bir bölümü 25 °C–35 °C sıcaklığa ihtiyaç duyar. Öte yandan bazıları ise 50 °C–65 °C sıcaklıkta daha aktiftir (termofil canlılar gibi). Özellikle 80 °C ve üstündeki yüksek sıcaklıklar toprak canlılarının çoğu için öldürücüdür. Dolayısıyla etki derecesi ve şekli toprak canlılarının türüne göre değişse de toprak sıcaklığı, tüm canlı toplumlarını etkilemektedir. Örneğin çoğu mantar türü, 10 °C ile 40 °C arasındaki sıcaklıklarda geliştiği için mezofilik olarak kabul edilir. Bununla birlikte birkaç tür, 40 °C ile 45 °C’lik bir optimum sıcaklıkta gelişir; ancak 60 °C’den daha yüksek sıcaklıklara dayanamaz. Çok kısıtlı diğer bir grup ise düşük sıcaklıklarda (-5 °C ile +10°C arasında) büyür. Örneğin *Typhula* ve *Gerlachia nivalis* gibi bazı tahlil parazitleri kar altında gelişebilir. Öte yandan mantarların ve nematodların çoğu, yaklaşık 60°C’de (65°C’de) sıcaklıkta ölür. Buna karşılık bazı virüsler, daha yüksek sıcaklıklara dayanabilir. Başka bir örnekte protozoalar için verilebilir; orta dereceli sıcaklıklar (10 °C–30 °C) protozoaların gelişimi için idealdir. Bununla birlikte birkaç toprak protozoa türü her yerde bulunur ve oldukça farklı iklim koşulları altında yayılış gösterir. Sıcaklık toleransına göre bakteriler mezofil (15 °C–45 °C), psikrofil (10 °C ‘nin altında) ve termofil (45 °C–65 °C) olarak gruplandırılır. Başka bir toprak canlısı olan kuyruklu sıçrayangiller (*Collembola* sınıfı türleri) optimum yayılış için genellikle orta dereceli sıcaklıkları (10 °C–30 °C arası) tercih eder. Bu nedenle bu canlı grubunun optimum yayılış gösterdiği ılıman bölgelerde ilkbahar ve sonbaharda toprakta maksimum aktivite görülür. Öte yandan *Collembola*’nın bazı türleri soğuğa iyi uyum sağlar ve kutup bölgelerinde buzulların yüzeyinde bile yaşayabilir. Sonuç olarak belirli bir tür için optimum sıcaklık, türün gelişme aşamasına ve şartlarına bağlı olarak değişebilir. Ancak toprak canlılarının faaliyetlerini optimum bir şekilde devam ettirebilmeleri için toprağın yeterli sıcaklıkta olması gerekmektedir. Toprak sıcaklığı yükseldikçe toprak canlılarının aktivitesi optimum sıcaklığa ulaşana kadar artar (Çepel, 1996; Kantarcı, 2000; Davet, 2004; Giri vd., 2005; Bolat vd., 2015c; Bolat ve Şensoy, 2019; Bolat vd., 2020).

2.3. Kullanılabilir/Alınabilir Su (Toprak Suyu)

Toprak suyu hem organizmalar için gerekli olan mevcut nemi hem de toprağın havalanmasını, çözünebilir maddelerin yapısını ve miktarını, ozmotik basıncı ve toprak çözeltisinin reaksiyonunu (pH’ını) etkilemektedir. Su, metabolik süreçlerin gelişimi için vazgeçilmez bir kimyasal maddedir. Aynı zamanda birden fazla mekanik veya fiziksel etkiye sahiptir. Toprakta su bol olduğu zaman çözünür elementlerin alınabilirliğini (kullanılabilir-

lirliğini) artırır ve substrat veya av arayışında olan gezici mikroorganizmaların hareketini kolaylaştırır; kıt olduğunda ise, toprağın üstü olan dış atmosferle daha iyi gaz alışverişi sağlanır ve böylece oksijenin daha hızlı yenilenmesi gerçekleşir. Ayrıca suyun termal durumu da yüksek sıcaklık değişimleri üzerinde çok önemli bir tamponlama etkisi gösterir. Yani bir nevi toprak içerisinde gerçekleşecek yüksek sıcaklık değişimlerine set olmaktadır (Davet, 2004; Voroney ve Heck, 2015). Bu yüzden toprak canlıları için hava kadar önemli olan bir diğer çevresel faktör, topraktaki su miktarı veya toprak nemidir. Toprak sıcaklığında olduğu gibi, toprağın su ya da nem içeriği de mevsimlik değişimler göstermektedir. Öte yandan toprak canlılarının cinsi ve türlerine göre su ve nem istekleri de değişiklik gösterebilmektedir. Buna rağmen genel bir sınır değer olarak eğer toprak, su tutma kapasitesinin %50–80'i arasında bir neme sahipse, mikroorganizmalar için maksimum yoğunluk koşulları oluşmuş sayılır. İfade edilen bu sınır değerlerindeki değişimler aerobik ve anaerobik canlılar için farklı etkiler meydana getirir (Çepel, 1996; Kantarcı, 2000; Bolat vd., 2015a). Genel olarak, kuyruklu sıçrayangiller (*Collembola* sınıfı türleri) nemli habitatları tercih eder. Bu canlılar, sıcaklığın yüksek olduğu ve kuru olan habitatlara tolerans göstermez. O yüzden kuyruklu sıçrayangiller, yaz aylarında yaşanan kuraklıktan korunmak için toprağın daha alt katmanlarında barınır. Fakat kuyruklu sıçrayangiller, herhangi bir yağmurdan sonra mikroorganizma açısından zenginleşen toprağın üst katmanına beslenmek için geri döner (Davet, 2004). Toprak nemi, sıcaklığı ve toprağın havalanması, nematodların toprakta hayatta kalmasını yani yaşayabilmesini ve hareketini önemli derecede etkilemektedir. Örneğin nematodlar, toprağın gözenekleri ince bir su tabakasıyla kaplandığında, toprağın su dolu olduğu duruma göre toprakta daha hızlı hareket eder. O yüzden nematodlar en çok toprağın 15–30 cm üst kısmında bulunur (Lee ve Lee, 2002). Topraktaki suyun fazlalığı ya da eksikliği toprak canlıları için olumsuz koşullar doğurur. Örneğin toprağın su içeriği çok fazla veya toprak su ile tamamen doymuş ise, akarlar ve yay kuyruk böcekleri gibi toprak canlıları toprağın gözeneklerinden dışarı çıkarak ortamı terk eder. Aksine toprağın su içeriği az yani toprak kuru ise, topraktaki su filmlerinin birbirileri ile bağlantısı kesilir ve toprak canlıları birbirilerinden izole olarak tek başlarına kalır (Coyne ve Thompson, 2006).

2.4. Oksijen ve Toprak Havalanması

Hemen hemen tüm toprak organizmaları (bazı bakteriler hariç) insanoğlunun yaşamak için ihtiyaç duyduğu maddelere ihtiyaç duymaktadır. Bu maddeler, besin (yiyecek), su ve oksijendir. Dolayısıyla canlılar yaşam ve gelişmeleri için topraktaki hava boşluklarında oksijene erişimi olan nemli bir habitata (yaşam alanı) gerek duymaktadır. Hatta yeterli havalandırma için genellikle minimum %10 havayla (oksijenle) doldurulmuş

gözenek boşluğunun gerekli olduğu kabul edilir. Oksijen (O_2) dış kaynaklı bir gazdır. Dolayısıyla oksidatif süreçler sırasında toprakta tüketilen oksijenin yenilenmesi, ancak dış atmosferden sürekli oksijenin difüzyonu ile sağlanır. Fakat oksijenin difüzyonu, toprağın gözenekliliği ve nemliliğine bağlıdır. Diğer bir ifade ile gerçekleşecek difüzyon toprağın sıkışıklığı ve içerdiği su miktarından önemli derecede etkilenmektedir. Bilindiği üzere toprak tanecikleri ve parçacıklarının arasındaki boşluklar hava ve su ile doludur. Bu havanın içindeki oksijen toprak canlıları tarafından devamlı tüketilir ve yerine karbondioksit üretilir. Dolayısıyla toprak içerisinde gerçekleşen solunum faaliyeti sonucunda toprak havasında CO_2 miktarı artış gösterir. Bu nedenle toprağın devamlı havalanması, diğer bir ifade ile toprak havasının atmosferdeki oksijence (O_2) daha zengin hava ile yer değiştirmesi gerekir. Çünkü oksijen, mikrobiyal aktivitelerin/faaliyetlerin ortaya çıkmasında (tezahüründe) temel bir rol oynar (Kantarcı, 2000; Davet, 2004; Bolat vd., 2015b; Johns, 2017). Öte yandan difüzyonun haricinde topraktaki oksijen miktarını etkileyen ve artışına sebep olan canlılarda vardır. Bunlardan biri alglerdir. Toprağın havalanmasına katkı sağlayan algler, nem ve güneş ışığının bulunduğu toprakların çoğunda bulunur. Alglerin topraktaki sayıları genellikle bir gram toprakta 100–10.000 arasında değişmektedir. Bu canlılar fotosentez yapabilir; bu sayede atmosferden karbondioksit ve güneş ışığından enerji elde ettikleri için kendi besinlerini sentezler. Alglerin yapmış oldukları fotosentez ile özellikle havalanması düşük olan topraklarda oksijen (O_2) miktarında artış gerçekleşir. Toprakta sıklıkla görülen alglerden bazıları *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Oedogonium*, *Chlorochytrium* ve *Protosiphon* cinslerine aittir (Giri vd., 2005; Johns, 2017).

2.5. Organik Maddenin Nicelik ve Niteliği ile Besin Maddesi Durumu

Toprakların çok sayıda temel fonksiyonları vardır; bunlardan bazıları çevre (koruma fonksiyonu) ve diğerleri insan veya hayvan beslenmesi (üretim fonksiyonu) için olandır. Toprağın fonksiyonlarının çoğu toprak organik maddesinin miktarı ve kalitesinden önemli ölçüde etkilenir. Çünkü toprak organik maddesi, toprak organizmalarını ve organizmalarının çeşitliliğini, bitki beslenmesini, toprağın su tutma kapasitesini, agregat stabilitesini ve erozyon kontrolünü etkileyebilmektedir. Bilindiği üzere ölü organik artıklar/kalıntılar, toprak organik maddesinin büyük bölümünü oluşturur. Bunlar esas olarak ölü hayvanlardan ve bitkiye ait üç kaynaktan meydana gelir: (1) yüzey bitki kalıntıları veya ölü örtü (toprak işleme veya biyotik işlemlerle toprağa dahil edilebilir), (2) ölü kökler ve dökülen hücreler ve (3) canlı köklerden rizosfere sızan eksüdatlar. Topraklardaki organik karbon (C_{org}) dinamiklerindeki değişiklikler, mikrobiyal faaliyetlerdeki değişikliklerle yakından ilişkilidir ve hatta bunlar tarafından yönlendirilir. Başka bir

anlatımla bitki örtüsü tipine ve yönetim uygulamalarına göre değişmekle birlikte toprağın üstüne düşen bitki artıklarının (organik madde) kalitesi, mikrobiyal toplulukların bileşimi ve faaliyeti (işleyişi) üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin, tahıl bitkilerinin yaprakları ve sapları büyük miktarlarda selüloz, hemiselüloz ve lignin içerir ve yüksek C:N oranlarına sahiptir. Oysa rizosferde, köklerden gelen organik maddeler, çözünür karbonhidratlar, amino asitler, organik asitler ve benzerleri gibi ayrışmaya karşı dirençli olmayan organik bileşiklerden oluşmaktadır. O yüzden rizosfer tabakasında mikroorganizma biyokütlesi ve faaliyeti fazla olmaktadır (Brown ve Doube, 2004; Kandeler vd., 2005; Bolat, 2019). Toprak organizmalarının/canlılarının bileşimi esas olarak abiyotik mikro iklimin etkileri ve metabolik olarak mevcut substratların (bitki artıkları, sızıntı suları ve eksüdalar) toprağa karışması nedeniyle değişebilir. Dolayısıyla toprak canlıları topluluğu, bunlara bağlı olarak azalabilir veya artabilir (Smith vd., 2015). Bütün bunlara ilaveten karbonlu materyalin (organik madde) toprağa verilmesi organizmaların sayısını etkiler. Örneğin testere (hızar) talaşı, yeşil gübre, ölü örtü gibi organik maddelerin toprağa karıştırılması, popülasyon sayısını artırır. Ayrıca bu organik maddelerin canlılar tarafından mineralizasyonu sonucunda açığa çıkan anorganik besin maddelerinin (C, N, P, Ca, Mg vb.) zenginliği hem mikrobiyal aktiviteyi hem de bitki gelişimini artırır (Çepel, 1996). Öte yandan toprak canlıları, dışkılarında ve ölü dokularında bulunan azotlu bileşikler toprağa bırakarak/katarak da toprak çözeltilisindeki besin maddesi miktarını artırabilir (Gonzalez, 2002).

3. TOPRAK CANLILARININ EKOLOJİK ROLLERİ

Toprak verimliliği, birbiriyle etkileşen ve aynı zamanda birbirine muhtaç olan üç bileşene bağlıdır: (1) fiziksel verimlilik, (2) kimyasal verimlilik ve (3) biyolojik verimlilik. Fiziksel verimlilik, toprağın iç yapısı (strüktür), tekstürü (kum, toz ve kil oranları), su tutma ve depolama kapasitesi ve kök penetrasyonu dahil olmak üzere toprağın fiziksel özelliklerini ifade eder. Kimyasal verimlilik, besin maddesi miktarını ve bitki için zararlı veya toksik olabilecek asitlik, alkalilik ve tuzluluk gibi kimyasal koşulların varlığını ifade eder. Biyolojik verimlilik, toprakta yaşayan ve diğer bileşenlerle etkileşime giren organizmaları ifade eder. Bu yüzden biyolojik verimlilik, toprakta yaşayan canlıların koşullarına bağlı olarak büyük ölçüde değişkenlik gösterdiğinden oldukça karmaşık ve dinamik bir özelliğe sahiptir. Bu organizmalar toprak, organik madde veya diğer toprak organizmaları üzerinde yaşar ve toprakta birçok önemli fonksiyonu gerçekleştirir. Bu konuda bir örnek vermek gerekirse organizmaların bazıları karbon ve diğer besin maddesi döngülerinin gerçekleşmesinde çok önemli görevler üstlenmiştir. Daha da önemlisi, bu organizmalar tek başına var olmaz; birbirleri ile etkileşime girer ve bu etkileşimler, organizmanın bireysel aktivitelerinden çok veya daha fazla toprak verimliliğini etkiler. O yüzden herhangi

bir toprak ne kadar çok sayıda ve çeşitlilikte toprak canlısı ihtiva ediyorsa o kadar verimlidir kanısı hakimdir. Öte yandan çok az toprak organizması zararlıdır (Johns, 2017). Toprak canlıları, toprak içerisinde organik ve mineral parçacıkları karıştırarak, suyun infiltrasyonunu ve toprağın havalanma düzenini değiştirerek ortamını değiştirmektedir. Toprak canlıları tarafından gerçekleştirilen toprağın alt üst edilmesi yani karıştırılması, iç yapısının (strüktürünün) değiştirilmesi toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini doğrudan değiştirebilmektedir (Gonzalez, 2002).

Daha önce de ifade edildiği gibi toprak canlıları, karmaşık besin ağları halinde organize olmuş büyük, çok sayıda ve çeşitli türlerden oluşan bir gruptur. Diğer bir ifade ile toprak organizmaları son derece çeşitlidir. Bu canlılar doğal ve yönetilen ekosistemlerin sürdürülebilir işlevi için gerekli olan çok çeşitli ekosistem hizmetlerine katkıda bulunur (Tablo 2). Tablo 2’de özetlendiği gibi, toprak canlı gruplarından her birinin toprak içerisinde gerçekleşen faaliyetlerde çok önemli görevleri ve etkileri vardır. Örneğin toprak canlı grupları arasında mikrofauna, mikroflora ile etkileşime geçen tek canlı topluluğu olduğundan çok önemli bir görev üstlenmiştir. Benzer şekilde mezofauna ve makrofauna, hem dışkı kaynaklı küçük toprakları (kırıntı) oluşturur ve böylece toprak içerisinde suyun hareketini ve depolanmasını etkiledikleri gibi hem de bitkilerin kök büyümesini ve çoğalmasını etkileyen çeşitli boyutlarda biyo gözenekler meydana getirir. Toprak canlılarının topraktaki görev ve işlevlerinden belki daha da önemlisi, bu canlı gruplarının uzun vadede toprak organik maddesinin toprak içerisinde dengede tutulmasında (stabilizasyonunda) oynamış oldukları rolün çok belirgin olmasıdır. Bu bağlamda toprak organizma topluluğunun arazi verimliliği üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileri olabilir. Doğrudan etkiler, belirli organizmaların ürün verimini hemen etkilediği durumlardır. Dolaylı etkiler, karbon ve besin döngülerine katılan toprak organizmaları tarafından sağlananları, toprak strüktürünün modifikasyonunu ve sonuç olarak verimliliği etkileyen ekosistem hizmetlerini oluşturan besin ağı etkileşimlerini içerir (Barrios, 2007; Coleman vd., 2017). Aşağıda toprak organizmalarının ekosistemde gerçekleşen bazı faaliyetlerde oynamış oldukları ekolojik rollere ilişkin açıklamalarda bulunulmuştur.

Tablo 2. Ekosistemlerde toprak içerisinde gerçekleşen faaliyetler üzerinde toprak canlılarının rolleri ve etkileri (Coleman vd., 2017’den değiştirilerek).

Toprak Canlıları	Besin Döngüsü	Toprak Strüktürü
Mikroflora	Organik maddeyi katabolize eder (yıkıma uğrattır).	Agregatları birbirine bağlayan organik bileşikler üretir.
	Besin maddelerini mineralize ve immobilize eder.	Hif parçacıklarını agregatlara dolaştırır/karıştırır.
Mikrofauna	Bakteri ve mantar popülasyonlarını düzenler.	Mikroflora ile etkileşimler kurarak agregat yapısını etkileyebilir.

	Besin maddesi döngüsünü düzenler ve değiştirir.	
Mezofauna	Bakteri ve mantar popülasyonlarını düzenler.	Dışkı kaynaklı küçük topaklar (kırıntı) üretir/imal eder.
	Besin maddesi döngüsünü düzenler ve değiştirir.	Biyo gözenek oluşumuna neden olur.
	Bitki artıklarını/kalıntılarını parçalar.	Toprak organik maddesinin korunmasına katkıda bulunur.
Makrofauna	Bitki artıklarını/kalıntılarını parçalar.	Organik ve mineral parçacıkları karıştırır.
	Mikrobiyal aktiviteyi/faaliyeti uyarır/canlandırır.	Organik madde ve mikroorganizmaları toprak içerisinde yeniden dağıtır.
		Biyo gözenek oluşumuna neden olur.
		Toprak organik maddesinin korunmasına katkıda bulunur.
		Dışkı kaynaklı küçük topaklar (kırıntı) üretir/imal eder.

3.1. Toprak Strüktürünü İyileştirme

Toprak canlıları, özellikle de mikroorganizmalar, besin döngüsü ve organik madde üretimi yoluyla toprak oluşumuna katkıda bulunur. Bununla birlikte toprak mikroorganizmaları sağlıklı toprak yapısının (strüktürünün) gelişimine de fazlasıyla katkı sağlar. Nitekim toprak mikroorganizmaları, toprak agregatlarının çimentolanmasına yardımcı olan birçok yapışkan maddeleri (örneğin polisakkaritler ve müsilaj) üretir. Bu mikrobiyal ürünler, toprağın agregatlaşması için çok büyük öneme sahiptir. Çünkü bu yapışkan maddeler ile bir araya gelmiş olan agregatların suya maruz kaldıklarında parçalanma veya dağılma olasılıkları en az seviyededir. Toprak strüktürünün gelişmesi üzerinde mantarların yapmış olduğu olumlu etki bu konuda güzel bir örnek olarak verilebilir. İpliksi yapıda olan mantar hifleri toprak içerisinde dallara ayrılarak kelimenin tam manasıyla toprak parçacıklarını ve kümelerini bir saç filesi gibi çevrelediğinden toprak strüktürünü (yapısını) stabilize eder. Böylelikle özellikle toprağın ince kısmı (kum, toz ve kil) dağılıp parçalanmaktan kurtulmuş olmaktadır. Üstelik mantar hifleri bunları bir arada tutarak toprağın kırıntılanmasına da böylece katkı sağlar. Bu konuda başka bir örnek daha vermek gerekirse toprak canlılarından olan solucanların organik maddelerle birlikte ince toprak kısmını yemeleri ve bu ikisini iyice karıştırıp dışkı olarak çıkarmaları sayesinde oluşan karışımın, toprağın kırıntılanması ve fiziksel özelliklerinin gelişimi üzerinde yapmış olduğu olumlu etkidir. Başka bir anlatımla solucanlar, ölü bitki materyalini ve toprak parçacıklarını yer ve dışkıları ile organik maddeyi ve bitki besinlerini toprak profilinde yeniden dağıtır. Solucanlar, toprakta galeriler (birbirine bağlı küçük boşluklar) oluşturarak su sızmasını

ve havanın dolaşımını kolaylaştırır. Bütün bunların sonucu olarak toprakta yaşayan canlılar sayesinde hem düzeltilmiş ve iyileştirilmiş toprak strüktürü meydana gelir hem de toprakta bitkilerin köklerini rahat bir şekilde geliştirebilecekleri bir ortam hazırlanmış olur. Başka bir anlatımla canlılar, toprağı bitkiler için daha yaşanabilir bir hale getirmektedir (Kantarıcı, 2000; Aislabie ve Deslippe, 2013; Crespo, 2013). Kayaçların ayrışmasına ve toprak strüktürünün oluşmasına yardımcı olan diğer bir canlı da algidir. Algler, toprak parçacıklarını birbirine bağlamada bir çimento maddesi gibi hareket eder. Böylelikle toprak strüktürünün bozulmasının önüne geçilmiş olur. Bu özelliğı sayesinde algler, toprak erozyonunu azaltmak ve önlemek gibi çok önemli bir görevi yerine getirmiş olur (Johns, 2017).

3.2. Toprakta Delik (Tünel) Açma ve Toprağı Karıştırma

Toprağın üstünde ve içinde yaşayan canlılar, toprakta yuva yapma, toprak içerisinde yer değiştirme (tünel açma) ve toprağı karıştırma gibi yaptıkları birtakım faaliyetler ile toprağın özelliklerinde değişime neden olabilir. İşte toprak canlılarının toprak içerisinde yapmış oldukları yuvalar ve açtıkları tüneller, toprağın alt derinliklerine kadar yağış sularının hızla sızmasını, havanın ulaşmasını ve organik maddenin kütle (yığın) halinde oralarda birikmesini sağlar. Hatta toprak canlılarının biriktirdikleri besin maddeleri, canlıların dışkıları ile ölüleri dahi bu boşluklu kanal sisteminden geçerek toprağın alt derinliklerinde birikebilmektedir. Öte yandan bitki köklerinin çürümesi ile meydana gelen boşluklar da ayrı bir tünel sistemi oluşturur. Bu yuva-tünel sistemi özellikle orman alanlarında toprağın fiziksel özelliklerinin olumlu yönde gelişmesini sağlar. Hatta toprağın içinde yuva yapan daha büyük hayvanlar da (örneğin, köstebekler, çayır köpekleri, tarla sincabı, fareler, sivri fareler, tavşanlar, porsuklar, dağ sıçanları, armadillolar, sincaplar) toprağı havalandırarak toprağın içerisindeki oksijen miktarını artırır ve toprak strüktürünü değiştirerek toprağın verimliliğini yükseltmektedir. Diğer taraftan bu yuva-tünel sisteminin bozulması, derin toprak horizonlarına su, hava ve organik maddenin ulaşımını engelleyebileceğı gibi ıslaklığın artmasına ve uzun süre devamına ve dolayısıyla verimin düşmesine neden olabilir. Ayrıca yukarıda ifade edilen hayvanlar aynı zamanda bitki örtüsünü yiyip yok ettiklerinden, bu da onları tarımsal açıdan daha zararlı hale getirmektedir (Kantarıcı, 2000; Gardiner ve Miller, 2008). Yine de toprak, böcekler ve solucanlardan mikroskobik mantar ve bakterilere kadar çok sayıda canlıyı içinde barındırır. Her ne kadar insanoğlu bu canlıların çoğunu görmese de söz konusu bu canlılar toprak içerisinde yapmış oldukları faaliyetler ile toprağı işleyen ve ürün elde eden herkes için çalışır. Çünkü mikroskobik bakterilerden büyük solucanlara ve salyangozlara kadar tüm bu organizmalar, toprağın genel ekosisteminde bir uyum ve ahenk içerisinde birlikte çalışır. Bu nedenle toprak organizmaları ekosistem ve ekosistemin sürdürülebilirliğı için büyük önem taşımaktadır (Crespo, 2013).

3.3. Ayrışma/Çürüme ve Mineralizasyon

Organik kalıntıların/artıkların ayrışması, bu maddelerin aşamalı olarak parçalanması ve nihayetinde mineralizasyon olarak tanımlanacak olan bir olayla anorganik bileşenlerine ayrılmasıdır. Başka bir anlatımla mineralizasyon ile organik bileşikler (şeker, organik asit, amino asit, metan gibi) anorganik (H_2O , CO_2 , NH_4^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} gibi) bileşiklere dönüşür. Ayrışma olayı esas olarak bu süreçten enerji ve besin elde eden toprak mikroorganizmalarının aracılığıyla gerçekleşir. Meydana gelen süreçler neticesinde, karbon ve diğer besinlerin biyolojik dolaşıma geri salınması (dahil edilmesi) gerçekleşir. Bu bağlamda mineralizasyon, bitkilerin kullanabilmesi için anorganik besinlerin alınabilirliğini ve dolayısıyla bitkinin gelişimini etkilediğinden ekosistemde çok büyük öneme sahiptir (Gregorich ve Janzen 2000; Guggenberger, 2005; Gardiner ve Miller, 2008). Üstelik orman topraklarında, özellikle ölü örtünün ayrıştırılması üzerinde toprak canlılarının oynadıkları roller tahmin edilenden çok daha önemlidir. Çünkü orman ekosistemlerinde toprak yüzüne her yıl 3–4 ton ha^{-1} yaprak düşmektedir. Bunların, toprak canlıları tarafından mineralizasyon yoluyla ayrıştırılmadığı düşünülecek olursa bu yapraklardan oluşan ölü örtü tabakası, yüksele yüksele tüm ağaçları örterek öldürebilir (Çepel, 1996).

Toprağın üstünde ve içinde meydana gelen ayrışma ve mineralizasyon olayları kendi içerisinde bir sistemle gerçekleşir. Şöyle ki; toprak makrofaunası, ölü organik maddeleri (yaprak, dal, kozalak gibi bitki artıklarını) daha küçük parçalara ayırır. Bu aşamadan sonra organik besin formlarının bitki büyümesi için gerekli anorganik besinlere dönüşümü olan mineralizasyon, toprak bakterileri ve mantarları tarafından başlatılarak organik maddenin ayrışması daha da hızlanır. Bundan sonra mineralizasyon, bakteri ve mantarlarla beslenen protozoa ve nematod gibi organizmaların faaliyetleri ile devam ederken, birinci ve daha yüksek dereceli etoburlar bunları sırayla yer (besin ağı) (Barrios, 2007). Bu besin ağında nematodlar bakteri veya mantarları yediklerinde, bakteri ve mantarlar nematodların ihtiyacı olandan çok daha fazla azotu bünyelerinde barındırdıkları için gerçekleşen mineralizasyon ile amonyum (NH_4^+) açığa çıkar. Dolayısıyla amonyum (NH_4^+) tekrar toprağa salınmış olur. Buna bağlı olarak nematodların topraktaki besin ağının çeşitli basamaklarında çok sayıda fonksiyonunun olduğu bildirilmektedir. Örneğin nematodların bazıları bitkiler ve alglerle (birinci basamak), diğerleri bakteri ve mantarlarla (ikinci basamak) ve diğer bazı nematodlar ise diğer nematodlarla beslenir (üçüncü ve daha yüksek basamaklar) (Johns, 2017). En genel şekliye mikroalgler ve birincil ayrıştırıcılar (bakteri, aktinomisetler ve mantarlar) topraktaki besin ağının temelini oluşturmaktadır. Bununla birlikte birincil ayrıştırıcılar, protozoa ve solucanlar dahil olmak üzere çok çeşitli ikincil tüketiciler (yırtıcı hayvanlar) için besin sağlar. Sonuçta toprak canlıları, organik maddeyi mikro-

biyal canlıların ayrıştırabilmesi için daha erişilebilir çok daha küçük parçalara ayırarak ve bu parçaları karıştırarak doğrudan, diğer makro ve mikro canlılar ile beslenmeleri suretiyle ihtiyaçlarını aşan besin maddelerini dışkıları ile toprak ortamına atarak ve böylece diğer makro ve mikro canlıların büyümelerini ve faaliyetlerini etkileyerek dolaylı olarak ayrışma sürecine ve besin mineralizasyonuna katkıda bulunur. Dolayısıyla toprak canlılarının popülasyon büyüklüğü ve bileşimi azalırsa, toprak sağlığı kötüleşir ya da bozulur. Bu durumun sonucu olarak da bitkilerin besin maddesi alımı olumsuz yönde etkilenebilir (Brown ve Doube, 2004; Bardgett, 2005; Vogt vd., 2015).

3.4. Popülasyon Kontrolü

Toprak, canlı topluluklarının bileşimini düzenleyen ve böylece otoburların ve patojenlerin çoğalmasını önleyen faydalı türlere yaşam alanı sağlar. Ancak toprağın sağlamış olduğu bu faydası, toprağın özellikleri ile tür içi ve türler arası etkileşimleri yönlendiren biyolojik süreçlere (ortak yaşam-simbiyoz, rekabet, konukçu-av ilişkileri) bağlıdır. Aslında toprakta yaşayan faydalı türler, besin mevcudiyetini/alınabilirliğini artırarak ve istilacı patojenlerin gelişimini engelleyerek bitki büyümesine ve gelişmesine dolaylı olarak da olsa yardımcı olan canlılardır. Bu faydalı türlerin çoğunlukla bakteri, arke ve mantarlar gibi canlılardan oluştuğu vurgulanmaktadır (Aislabie ve Deslippe, 2013). Bunlardan başka nematodlar (mikroskopic bir solucan) da çoğu toprakta bol miktarda bulunur ve sadece birkaç türü bitkiler için zararlıdır. Bu türlerin çoğu bitki artıklarını (organik materyal), bakteri, mantar, alg, protozoa ve diğer nematodları yiyerek canlıların aşırı çoğalmasını önlemiş olur. Ayrıca diğer yırtıcı hayvanlar gibi, nematodlar da iyi bir ayrıştırıcı olduklarından besin maddelerinin geri dönüşüm oranını etkiler. Toprak canlılarından olan protozoaların bazıları, toprak parçacıkları arasındaki suda yüzerek özgürce yaşayan, diğerleri ise toprak solucanların mide-bağırsak yolunda yaşayan canlılardır. Bu canlı türlerinin çoğu diğer mikroorganizmaları (örneğin bakteriler) yiyerek popülasyon kontrolüne yardımcı olur (Cai ve John, 2002; Crespo, 2013). Ayrıca çoğu protozoalar beslenmelerini toprak bakterilerini yiyerek veya sindirerek gerçekleştirir. Bu nedenle protozoalar, toprakta mikrobiyal/bakteriyel dengenin korunmasında önemli bir rol oynar. Dahası bazı protozoalar son zamanlarda bitkilerde zararlı hastalıklara neden olan organizmalara karşı biyolojik mücadelede kullanılmaktadır (Johns, 2017).

3.5. Besin Maddesi Kaynağı

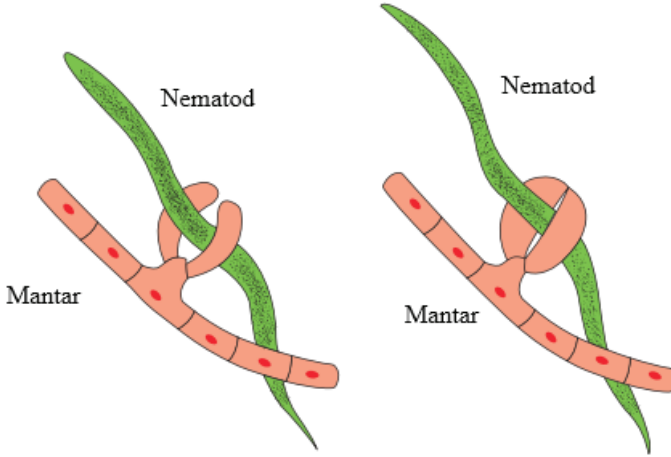
Toprak hem organik maddelerin ayrışmasının hem de besin maddelerinin ana kaya ve toprak agregatlarında mobilizasyonunun gerçekleştiği yerdir. Aynı zamanda toprak, besin elementlerinin oksidasyonu ve indirgenmesi, simbiyotik N-fiksasyonu ve fotoototrofik aktivite gibi olayların

da meydana geldiği yerdir. Bu bağlamda bakteri, arke ve mantar gibi toprak mikroorganizmaları faaliyetleri ile minerallerin ayrışmasında rol oynar ve böylece toprakta besin döngüsüne yön verir (Aislabie ve Deslippe, 2013). Örneğin mantarlar, toprakta hem farklı boyutlarda ve miktarda bulunurken hem de farklı fonksiyonları yerine getirmektedir. Bu canlılar bazı toprak organizmaları için zararlı olabilecekleri gibi, çoğu durumlarda faydalıdır. Çünkü diğer organizmaların yapamayacağı besinleri parçalama gibi bir yetenekleri vardır. Mantarlar daha sonra bu besin maddelerini toprağa bırakır ve diğer organizmalar bu besin maddelerini kullanmaya başlar. Mantarların bazı türleri koloniler oluştururken, diğerleri tek hücreli mayalardır. Mesela mikorizalar, bitki kökü üzerinde veya içinde yaşayan ve kök tüylerini toprak içinde uzatmak için hareket eden mantarlardır. Böylelikle mantarlar, özellikle besin maddesi eksikliği olan topraklarda bitkinin su ve besin alımını arttırır. Buna karşılık mantarlar konukçu olarak yaşadıkları köklerden besinleri ve karbonhidratları emerek kendilerine fayda sağlar (simbiyotik ilişki). Diğer bir mikroorganizma grubu olan bakterilerin en büyük faydalarından biri, bitkilerin besin maddelerini (C, N, P, Ca vb.) almasına yardımcı olmaktır. Bunu yapmanın ilk yolu, organik maddeden ve toprak mineralinden besin maddelerinin salınmasıdır. Yani bu canlılar mineralleri ayrıştırarak ve organik maddeleri mineralizasyona uğratarak besin maddelerinin ekosistemdeki döngüsünde görev alır. Topraktaki miktarı bakteriler kadar olmamakla birlikte toprakta önemli işlevleri olan bir diğer mikroorganizma aktinomisetlerdir. Aktinomisetler, bakteriler gibi besin maddelerinin salınması ile sonuçlanan organik materyali humusa dönüştürmeye ve hastalıkları köklerden yok eden antibiyotiklerin üretilmesine yardımcı olur. Protozoalar beslenmek için bakterileri tüketirken, salgılarıyla yoluyla azot (N) ve diğer besin maddelerinin serbest kalmasına (salınmasına) katkıda bulunur. Böylece protozoalar, toprağa besin maddesi kaynağı sağlamış olur. Algler öldüklerinde toprağa organik madde olarak katılır ve bu sayede topraktaki organik karbon miktarını arttırmaktadır. Ayrıca bu canlılar özellikle ekilmemiş topraklarda, yılanma ve drenaj yoluyla nitrat (NO_3^-) kaybını kontrol etmeye yardımcı olur. Toprakta yaşayan solucanlar organik maddelerle birlikte ince toprak kısmını da yiyerek toprağın organik maddelerinin kolayca ayrışıp bitki besin maddelerinin serbest kalmasını sağlar (Kantarcı, 2000; Lavelle ve Spain 2001; Crespo, 2013; Johns, 2017).

3.6. Parazitlik

Parazitizm kelimesi, genellikle küçük olan bir organizmanın başka bir organizmaya, hatta bazen organizmanın içine girerek ona bağlanması anlamını ifade eder. Bu durumda konukçu, duruma göre parazite gerekli olan veya olmayan tüm kaynaklarını veya sadece bir kısmını sağlar. Diğer bir anlatımla parazit, herhangi bir canlıya bağımlı olarak yaşayabilen ve

konukçu olarak yaşadığı canlıya zarar veren canlıdır. Çoğu canlı varlık (bakteriler, arkeler, mantarlar, bitkiler ve hayvanlar) virüsler tarafından parazitlenebilir. Bu yüzden virüslerin, toprağın önde gelen parazit canlı gurubu olduğu vurgulanmaktadır. Nitekim bu canlı grubunun faaliyetleri sayesinde diğer toprak canlı popülasyonlarının korunmasına yardımcı olduğu bildirilmektedir. Topraktaki bazı bakterilerin de aynı zamanda parazit olanları vardır. Bunlara ilaveten toprakta nematodları (mikroskopik bir solucan) tuzağa düşürmek, kapana kısırmak ve herhangi bir şekilde enfekte etmek için kendilerine özgü kabiliyetlerini artıran ve geliştiren nematod yakalayan çeşitli mantarlar da vardır (Şekil 3). Şekil 3 incelendiğinde görülebileceği gibi bazı mantarlar nematodları ya bir nematodun gövdesini sarabilen halkalar büyütür ya da yapışkan bir maddeyle kaplanmış yumrular büyütür. Nematod tuzağa düştükten sonra, nematod tüketilene (sindirilene kadar) kadar mantarın hifleri nematodun vücudunda büyür (Davet, 2004; Gardiner ve Miller, 2008; Plaster, 2013).



Şekil 3. Nematodu yakalayan bir mantar hifi. Nematod halkaya girdiğinde halka daralarak mantar nematodu hapseder. Nematod daha sonra mantar tarafından sindirilir (Plaster, 2013'ten değiştirilerek).

Ayrıca patateslere, bazı önemli peyzaj bitkilerine ve diğer birçok bitki türüne saldıran (özellikle de yaşlı ağaçların köklerini istila ederler) **solgunluk mantarları** (*Armillaria*, *Verticillium*, *Phymatotrichum* ve *Endoconidiophora*) gibi birçok mantar türü de bitki parazitidir. *Rhizoctonia*, *Pyritium* ve *Phytophthora* gibi “**damping-off**” ve “**kök çürüklüğü**” mantarları olarak adlandırılan bir grup toprak mantarları, tohumlara ve fidelere saldırarak kökün çürümesine neden olduklarından seralarda ve saksılarda fidan yetiştiren üreticiler için özellikle sorun oluşturmaktadır (Plaster, 2013; Binkley ve Fisher, 2019). Çünkü bu gruba giren mantarlar-patojen ya da parazit olan mantarlar- bitkilerin kökleri veya diğer organlarında yayılarak

çoğalmaya başlamalarıyla (kolonize olduklarında) birlikte konukçuya zarar verir ve bitkisel üretimin azalmasına veya mantarlar birkaç gün içinde fideleri tahrip edebildiklerinden bitkinin ölüme neden olur (Johns, 2017).

TEŞEKKÜR

Öncelikle, şu zamana kadar maddi ve manevi yardımlarını, özverilerini, desteklerini ve teşviklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen ve her zaman yanımda olan en küçüğünden en büyüğüne tüm aile üyelerime sonsuz şükranlarımı sunarım. Bununla birlikte, akademik manada yetişirken elinde bir fener ile yolumu aydınlatan, önümü açan ve yorulduğumda her anlamda beni cesaretlendiren, destekleyen hocama/hocalarıma çok teşekkür ediyorum. Ayrıca bu kitap bölümünün yazılmasına beni teşvik eden çok değerli meslektaşlarıma da teşekkürlerimi sunuyorum. Bu ve bundan önce yazılan kitap bölümlerinde hataların ve eksiklerin olması çok doğaldır. O yüzden bunların düzeltilmesi için yapılacak olan eleştiri ve öneriler şükranla karşılanacaktır. Öte yandan çalışmayı okuyup değerlendiren okuyucuların, ilgilenenlerin ve araştırmacıların, umduklarından daha ilginç ve faydalı bulduklarında bu beni fazlasıyla mutlu edecektir. Bu yüzden çalışmanın araştırmacılara, uygulayıcılara, tüm ilgilenenlere ve bilim dünyasına yararlı, faydalı ve ışık tutması tek dileğimdir.

KAYNAKLAR

- Aislabie, J. & Deslippe, J. R. (2013). Soil microbes and their contribution to soil services. In: *Ecosystem services in New Zealand: conditions and trends*, Dymond, J. R. (Ed.). Manaaki Whenua Press, Lincoln, New Zealand., 143–161.
- Bardgett, R. (2005). *The Biology of Soil: A Community and Ecosystem Approach*, Oxford University Press, New York, 255 pp.
- Barrios, E. (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*, 64: 269–285.
- Binkley, D. & Fisher, R. F. (2019). *Ecology and Management of Forest Soils*, John Wiley & Sons, Inc., 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, USA, 440 pp.
- Bolat, İ. & Öztürk, M. (2017). Effects of altitudinal gradients on leaf area index, soil microbial biomass C and microbial activity in a temperate mixed forest ecosystem of Northwestern Turkey. *iForest*, 10: 334–340.
- Bolat, İ. & Şensoy, H. (2019). Microbial Biomass Soil Content and Activity Under Black Alder and Sessile Oak in the Western Black Sea Region of Turkey. *International Journal of Environmental Research*, 13: 781–791.
- Bolat, İ. (2007). Farklı Arazi Kullanım Biçimlerinin Toprağın Mikrobiyal Biyokütle Karbon (C_{mic}) ve Azot (N_{mic}) İçeriğine Etkisi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmamış), Bartın, 104 s.
- Bolat, İ. (2011). Kayın, göknar ve göknar-kayın meşcerelerinde üst toprak ve ölü örtüdeki mikrobiyal biyokütle karbon (C_{mic}), azot (N_{mic}), fosfor (P_{mic}) ve mikrobiyal solunumun mevsimsel değişimi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi (Yayınlanmamış), Bartın, 423 s.
- Bolat, İ. (2019). Microbial biomass, basal respiration, and microbial indices of soil in diverse croplands in a region of northwestern Turkey (Bartın). *Environmental Monitoring and Assessment*, 191: 695.
- Bolat, İ., Kara, Ö. & Tunay, M. (2015a). Effects of Seasonal Changes on Microbial Biomass and Respiration of Forest Floor and Topsoil under Bornmulerian Fir Stand. *Eurasian Journal of Forest Science*, 3 (1), 1–13.
- Bolat, İ., Kara, Ö. & Tunay, M. (2020). Göknar-Kayın Karışık Meşceresi Altındaki Ölü Örtü Örneklerinde Mikrobiyal Biyokütle C (C_{mic}), N (N_{mic}) ve P (P_{mic})’un Mevsimsel Değişimi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22 (3): 993–1003.
- Bolat, İ., Kara, Ö. & Tunay, M. (2021). Seasonal changes of microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in soil under an oriental beech stand. *Forestist*, November 25, 2021. DOI: 10.5152/forestist.2021. 21041

- Bolat, İ., Melemez, K. & Özer, D. (2015b). The influence of skidding operations on forest soil properties and soil compaction in Bartın, Turkey. *European Journal of Forest Engineering*, 1 (1): 1–8.
- Bolat, İ., Şensoy, H. & Özer, D. (2015c). Short-term changes in microbial biomass and activity in soils under black locust trees (*Robinia pseudoacacia* L.) in the northwest of Turkey. *Journal of Soils and Sediments*, 15: 2189–2198.
- Briones, M. J. I. (2014). Soil fauna and soil functions: A jigsaw puzzle. *Frontiers in Environmental Science*, 2, 7. <https://doi.org/10.3389/fe.nvs.2014.00007>
- Brown, G. G. & Doube, B. M. (2004). Functional interactions between earthworms, microorganisms, organic matter, and plants. In: *Earthworm Ecology*, Edwards, C. A. (Ed.), 2nd Edition, Boca Raton, FL, USA: CRC Press LLC, pp 213–239.
- Cai, H. & John, P. F. (2002). Fate of protozoa transiting the digestive tract of the earthworm *Lumbricus terrestris* L. *Pedobiologia*, 46: 161–175.
- Çepel, N. (1996). *Toprak İlmi*. İstanbul Üniversitesi Yayın No 3945, Orman Fakültesi Yayın No: 438, İstanbul, 288 sayfa.
- Coleman, D. C., Callaham, M. A. & Crossley, D. A. (2017). *Fundamentals of Soil Ecology*, 3rd Edition, Academic Press, 125 London Wall, London EC2Y 5AS, United Kingdom, 370 pp.
- Coyne, M. S. & Thompson, J. A. (2006). *Fundamental Soil Science*. Thomson Delmar Learning, Clifton Park, NY, 403 pp.
- Crespo, G. (2013). Functions of the soil organisms in the grassland ecosystem. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 47(4): 329–334.
- Davet, P. (2004). *Microbial Ecology of the Soil and Plant Growth*. Science Publishers, Inc., Enfield, 392 pp.
- Dobrovol'skaya, T. G., Zvyagintsev, D. G., Chernov, I. Yu., Golovchenko, A. V., Zenova, G. M., Lysak, L. V., Manucharova, N. A., Marfenina, O. E., Polyanskaya, L. M., Stepanov, A. L. & Umarov, M. M. (2015). The role of microorganisms in the ecological functions of soils, *Eurasian Soil Science*, 48: 959–967.
- Frey, S. D. (2015). The Spatial Distribution of Soil Biota. In E. A. Paul (Ed.), *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry*, 4th Edition, London: Academic Press, pp 223–244.
- Gardiner, D. T. & Miller, R. W. (2008). *Soils in Our Environment*. 11th Edition, Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, 600 pp.
- Giri, B., Giang, P. H., Kumari, R., Prasad, R. & Varma, A. (2005). Microbial diversity in soils. In: *Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions*, Buscot, F. & Varma, A. (Eds). Springer-Verlag, Heidelberg, pp 19–49.

- Gonzalez, G. (2002). Soil Organisms and Litter Decomposition. In: Ambasht R., S. & Ambasht, N., K. (Editors). *Modern Trends in Applied Terrestrial Ecology*, Springer-Science+Business Media New York, LLC, 372 pp.
- Gregorich, G. & Janzen, H. H. (2000). Decomposition. In: *Handbook of Soil Science*, Sumner, M. E. (Ed.). CRC Press, Boca Raton, pp 107–119.
- Guggenberger, G. (2005). Humification and Mineralization in Soils. In: *Microorganisms in soils: Roles in Genesis and Functions*, Buscot, F. & Varma, A. (Eds). Springer-Verlag, Heidelberg, pp 85–106.
- Hurst, C. J. (2002). An introduction to viral taxonomy and the proposal of Akamara, a potential domain for the genomic acellular agents. In: *Viral Ecology*, Hurst, C. J. (Ed.). Academic Press, San Diego, pp 41–62.
- Johns, C. (2017). Living Soils: The Role of Microorganisms in Soil Health. *Future Directions International*, 1–7.
- Kandeler, E., Stemmer, M. & Gerzabek, M. H. (2005). Role of microorganisms in carbon cycling in soil. In: *Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions*, Buscot, F. & Varma, A. (Eds.). Springer, Berlin, Germany, pp 139–157.
- Kantarıcı, M. D. (2000). *Toprak İlimi*, İstanbul Üniversitesi Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul, 420 sayfa.
- Kibblewhite, M. G., Ritz, K. & Swift, M. J. (2008). Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363: 685–701.
- Lavelle, P. & Spain A. V. (2001). *Soil Ecology*. 1st Edition, Kluwer Scientific Publications, Amsterdam, London: Chapman and Hall, 654 pp.
- Lee, S., Y. & Lee, M. W. (2002). Ecology of Soil-Borne Pathogens in Crop Fields. In: *Modern Trends in Applied Terrestrial Ecology*, Ambasht, R. S. & Ambasht, N. K. (Eds.). Springer-Science+Business Media New York, LLC, 372 pp.
- Lynch, J. M., Benedetti, A., Insam, H., Nuti, M. P., Smalla, K., Torsvik, V. & Nannipieri, P. (2004). Microbial diversity in soil: ecological theories, the contribution of molecular techniques and the impact of transgenic plants and transgenic microorganisms. *Biology and Fertility of Soils*, 40 (6): 363–385.
- Orgiazzi, A., Bardgett, R. D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M. J. I., Chotte, J. L, de Deyn, G. B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., et al. (2016). *Global Soil Biodiversity Atlas*. Luxembourg: Union Européenne. 176 pp.
- Öztürk, M. & Bolat, İ. (2014). Transforming *Pinus pinaster* forest to recreation site: preliminary effects on LAI, some forest floor, and soil properties. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186: 2563–2572.

- Paul, E. A. & Clark, F. E. (1996). *Soil Microbiology and Biochemistry*, 2nd Edition, New York: Academic Press. 340 pp.
- Plaster, E. J. (2013). *Soil Science and Management*, 6th Edition, Delmar, Cengage Learning, 5 Maxwell Drive, Clifton Park, NY 12065-2919, USA, 524 pp.
- Prescott, L. M., Harley, J. P. & Klein, D. A. (1996). The diversity of the microbial world. In: *Microbiology*, Prescott, L. M., Harley, J. P. & Klein, D. A. (Eds.). WCB Publishers, Dubuque, Iowa, USA.
- Smith, J. L., Collins, H. P., Crump, A. R. & Bailey, V. L. (2015). Management of Soil Biota and Their Processes. In E. A. Paul (Ed.), *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry*, 4th Edition, London: Academic Press. pp. 539–566.
- Tiedje, J. M., Cho, J. C., Murray, A., Teves, D., Xia, B. & Zhou, J. (2001). Soil teeming with life: new frontiers to soil science. In: *Sustainable Management of Soil Organic Matter*, Rees, R. M., Ball, B. C., Campbell, C. D. & Watson, C. A. (Eds.). CAB International, Wallingford, pp 393–412.
- Vogt, D. J., Tilley, J. P. & Edmonds, R. L. (2015). *Soil and Plant Analysis for Forest Ecosystem Characterization*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, Berlin, München, Boston, 242 pp.
- Voroney, R. P. & Heck, R. J. (2015). The Soil Habitat. In: *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry*, Paul E. A. (Ed.), 4th Edition, London: Academic Press. pp 15–39.
- Wall, D. H., Adams, G. & Parsons, A. N. (2001). Soil Biodiversity. In: *Global Biodiversity in a Changing Environment: Scenarios for the 21st Century*, Chapin, III, F. S., Sala, O. E. & Huber-Sannwald, E. (Eds.). Springer-Verlag, New York, pp 47–82.
- Wall, D. H., Nielsen, N. U. & Six, J. (2015). Soil biodiversity and human health. *Nature*, 528: 69–76.
- Wong, M. H. (2003). Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere*, 50: 775–80.



BÖLÜM 4

KİNOA’NIN (*CHENOPODIUM QUINOA* WILLD.) BİLEŞİMİ, FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ VE GIDA TEKNOLOJİSİNDE KULLANIMI

Mehmet YÜKSEL¹

Arzu KAVAZ YÜKSEL²

1 Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye, ORCID no: 0000-0001-6566-1385, Dr. Öğr. Üyesi

2 Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Erzurum, Türkiye, ORCID no: 0000-0001-8292-9259, Doç. Dr.

1. Giriş

İnsanların eski çağlardan bu yana tükettikleri temel gıda hammadde-lerinin başında tahıllar gelmektedir (Gül ve Dizlek, 2008). Genel olarak tahılların dağılımı, coğrafi şartlara, sosyo-ekonomik yapıya, ihtiyaçlara göre farklılık göstermektedir. Yaygın olarak kullanılan tahılların (Buğday, Mısır, Pirinç) yanı sıra, And dağlarının etrafındaki bölgelerde eskilerden beri tarımı yapılan tahıllardan birisi de Kinoa'dır (Brady ve ark., 2007). İnsanlar, günlük enerji ihtiyaçlarının %30-70'ini tahıl ve tahıl-bazlı gıdalardan karşıladığı düşünüldüğünde; tahıllara dayalı fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi ve yeni tahılların tarımının önemi ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda Kinoa'nın çoklu iklimsel adaptasyon özellikleri yeni bir tahıl bitkisinin yaygınlaşmasını sağlamak ve içerdikleri bileşenler bu tahılı fonksiyonel özelliklere sahip kılmaktadır.

Kinoa tahılı karbonhidrat (%76), protein (%12,9), lipit (%6,5), zengin diyet lifi içerir ve lisin-metionin aminoasitlerini dengeli bir şekilde bulundurur. Ayrıca içerdiği mineral madde (%3) açısından da zengin olup K, Ca, Mg, P ve Fe bileşenleriyle diğer yaygın tahıllardan daha üstündür. Son 20 yılda National Research Council (NRC) ve National Aeronautics and Space Administration (NASA)'nın araştırmalarıyla Kinoa yeni bir gıda maddesi olarak önem kazanmıştır (Hirose ve ark., 2010).

Kinoa, genel olarak besinsel değerinin yanında, sağlığı olumlu yönde etkileyici antioksidan, diyet lifi, doymamış yağ asitleri, vitamin, mineral, fitosterol, fenolik bileşenler içeriğiyle de birçok araştırmaya konu olmuştur. Bu derlemede genel olarak Kinoa'nın bileşimi, fonksiyonel özellikleri hakkında bilgi verilmiş, beslenme açısından önemi vurgulanmış ve gıda endüstrisinde kullanımı, kullanım potansiyellerine değinilmiştir.

2. Genel Bilgiler

Kinoa kelimesi; Quechua dilindeki kinwa veya Qin-Wah sözcüklerinin İspanyolca söylenişinden gelmektedir. Kinoa'nın tarımının And dağlarının çevresinde bulunan Peru, Ekvador, Kolombiya, Bolivya yörelerinde 3000-4000 yıl önce başladığı tahmin edilmektedir. Kazayağıgiller (Chenopodiaceae) familyasının bir üyesi olan Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), fizyolojik olarak C3 bitkileri grubunda, çift çenekli, tek yıllık ve allotetraploid ($2n=4x=36$) bir bitkidir (Geren ve ark., 2015).

Kökenini Güney Amerika'dan alan kinoanın, Bolivya ve Peru And'larında 5000 yıldan beri kültürü yapılmakta olup, 1980'lerin başlarında Avrupa kıtasına getirilmiştir. Ayrıca; arkeolojik kazılarda elde edilen bulgulara göre 5200 ila 7000 yıl öncesine kadar tüketiminin olduğu düşünülmektedir. Bugün, tarımı yoğun bir şekilde İnka imparatorluğunun sınırlarında bulunan Arjantin, Kolombiya, Bolivya, Peru, Ekvador, Şili bölgelerinde

yapılmaktadır (Kolata, 2009). Kinoa deniz seviyesinden 3800 m yüksekliğe kadar, tuzlu topraklarda, kuru ve soğuk şartlarda yetiştirme özelliğine sahiptir. Bitkinin boyları 1-2 m olup, tek yıllık, geniş yapraklı, kapalı tohumludur. Sıcaklığı -4°C'den 35°C'ye kadar geniş bir iklimatik çevrede yetiştirebilmektedir (Bhargava ve ark., 2006; Tapia ve Fries, 2007; Bazile ve ark., 2013). Kinoa tohumları kümesel şekilde tomurcuk görünümünde olup renkleri pembe renkten, kırmızı, oranj, siyah, beyaz, mor renge kadar değişebilmektedir (Jancurová ve ark., 2009).

Bolivya ve Peru dünya kinoa üretiminin %88'lik oranıyla en büyük ihracatçı ülkelerdir. ABD %6'lık oranla bu ülkeleri takip etmektedir (Vilche ve ark., 2010). Kinoa'nın üretimi son yıllarda özellikle Bolivya da artış göstermiştir. Bolivya, Peru, Ekvador ülkelerinin 1973 yılında 19,000 ton olan üretimleri, 2012 yılında 82,510 tona yükselmiştir. 2007 yılında Peru 44,210 ton, Bolivya 37,500 ve Ekvador 800 ton üretim gerçekleştirmiştir (FAO, 2014).

Kinoa kuraklığa, soğuk şartlara karşı dayanıklı olup zayıf topraklarda da yetiştirebilmektedir. Kötü koşullar altında yüksek rakımlarda ortama adapte olabildiği için tarımsal bir öneme sahiptir. Avrupa'da İspanya, Danimarka, Finlandiya ülkeleri kinoa'nın akdeniz iklimine adaptasyonu üzerine çeşitli çalışmalar yürütmüştür (Vilche ve ark., 2010).

Son zamanlarda Kuzey Amerika'da, Asya ve Afrika kıtalarında Kinoa üretimi yapılmaya başlanmış ve tarımı üzerinde çalışmalar sürdürülmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde 1993 yılından bu yana tarımsal çeşitlilik için çok amaçlı Kinoa üretimi çalışmaları devam etmektedir. Avrupa ve Amerika'da yürütülen ekim çalışmaları başarılı olmuş ve bu çalışmaların sonucunda Kinoa tohumları insan beslenmesi için alternatif bir tahıl ve hayvan yemi olarak kabul görmüştür (Jacobsen, 2003; Bhargava ve ark., 2006).

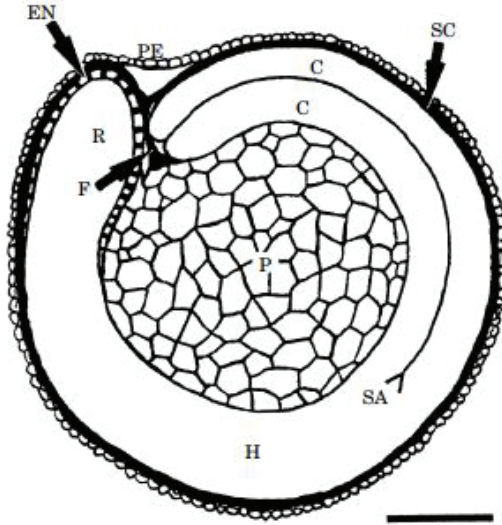
Çok az bilinmesine rağmen, üstün besleyici özelliklerinin yanında farklı, alternatif, fonksiyonel bir gıda olmasından dolayı bu tahula olan ilgi artmaktadır. Kinoa'ya olan ilgiyi arttırmak ve bu tahıla verilen önemi belirtmek amacıyla Birleşmiş Milletler (United Nations) 2013 yılını Kinoa yılı olarak ilan etmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Birleşmiş Milletler 2013 Kinoa yılı logosu

2.1. Botanik Özellikleri

Kinoa tohumu çift çenekli olmasına rağmen, sıklıkla tahıl olarak kullanılan mısır, pirinç, buğday gibi tohumlara benzetilmektedir. Sistematik ve morfolojik sınıflandırmada bu tahıllardan farklı olarak Amaranthaceae ailesinin bir üyesidir. Bu farklılık özellikle kinoa'nın çekirdek anatomisine dayanmaktadır. Kinoa'nın meyveleri dış bir perikarp tabakasıyla kaplanan tek bir çekirdekten meydana gelmiştir. Bu çekirdek, merkezi bir perispermde lokalize olmuş karbonhidratları ve etrafında zengin bir yağ tabakası, proteince zengin embriyo, endosperm ve çekirdek kabuğundan meydana gelir. Perisperm, embriyo ve endosperm besinsel değerlerin bulunduğu kısım (Prego ve ark., 1998). Nişasta perispermde depolanırken, lipid ve proteinler endosperm ve embriyoda depolanmaktadır (Bhargava ve ark., 2006). Şekil 2'de kinoa çekirdeğinin orta kesiti görülmektedir.



Şekil 2. Kinoa çekirdeğinin orta kesit görünümü (Abugoch ve ark., 2008). (PE) perikarp, (SC) tohum kabuğu, (H) hipokotil radikal eksen, (C) kotiledon (Tohumdan çıkan ilk yaprak), (EN) endosperm, (F) kordon, (R) radikula (kökçük), (SA) shoot apendix (ek sürgün), (P) perisperm.

3. Fizikokimyasal Özellikleri ve Besinsel Değerleri

Kinoa temelde yüksek kaliteli protein içeriğiyle bir tam gıdadır (McKeown ve ark., 2013). İstisnai yağ ve protein dengesiyle görünüşte yağlı bir tohum gibidir. Bu özelliğinden dolayı pseudocereal (tahıl benzeri-sahte tahıl) olarak anılmaktadır (Repo-Carrasco-Valencia ve Serna, 2011).

Kinoa; aminoasit, karbonhidrat, lipit ve mikronütriyen özellikleriyle eşsiz bir tahıldır. Çoğunlukla kinoa'nın makro ve mikro besleyici değerleri göz önüne alınmasının yanı sıra, birçok çalışmada sekonder metabolitler olan triterpenoidler, fenolik bileşenler, betalainler, glisin betainler

araştırma konusu olmuştur. Çizelge 1’de kinoa tohumun referanslara göre kompozisyonu verilmiştir. Çizelge 2’de ise ortalama kompozisyonu diğer tahıllarla karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. Kinoa tahılının genel kompozisyonu (g/100 g) (Miranda ve ark., 2011)

Bileşen	Referans				
	Miranda ve ark. (2011)	Koziol (1993)	Wright ve ark. (2002)	Ogungbenle (2003)	USDA (2011)
Protein	13,32	13,7	16,7	15,2	16,3
Yağ	6,37	14,5	5,5	7,1	7,0
Kül	3,46	3,5	3,2	1,4	2,7
Lif	1,81	2,6	10,5	10,7	7,0
Toplam karbonhidrat	62,69	65,7	74,7	65,6	74,0

Çizelge 2. Diğer tahıllarla Kinoa tahılının ortalama kompozisyonunun kıyaslanması (Maradini Filho ve ark., 2015)

Bileşen	Tahıl						
	Kinoa	Pirinç	Arpa	Buğday	Mısır	Çavdar	Sorgum
Protein	16,3	8,8	11,0	14,8	10,5	11,6	12,4
Yağ	7,0	3,2	1,3	2,8	5,3	1,8	3,6
Kül	2,7	1,7	1,2	1,8	1,3	1,8	1,7
Diyet Lif	7,0	3,5	15,6	10,7	7,3	15,1	6,3
Toplam karbonhidrat	74,0	86,3	86,5	80,6	82,9	84,8	82,3

3.1. Protein İçeriği

Gıda alanında, doğrudan insanlar tarafından tüketilen proteinlerin kaynağı tohumlardır. Kinoa tohumlarında (KT), diğer benzer bitkiler gibi, gelişmeyi ve büyümeyi sağlayan besleyici öğelerden olan proteinler embriyoda depolanır. Bitki kaynaklı proteinler çeşitli çözücülerde çözünebilirliklerine göre sınıflandırılır. Örneğin albüminler suda çözünürken, globülinler tuzlu suda çözünmektedir. KT’nun temel protein içeriği albümin ve globülinlerden oluşmaktadır. Chenopodin (%37) protein fraksiyonunu oluşturan majör öğelerden birisidir. Chenopodin glutamin-glutamik asit, asparigenes-aspartik asit, arjinin, serin, lösin ve glisinden oluşmaktadır (James, 2009).

KT’nın protein içeriği %7,47-22,08 arasında değişmekle birlikte ortalama %13,81’dir. Albümin ve globülinler (%44-77) proteinlerin çoğunluğunu oluşturmaktadır. Kinoa tahılının protein kalitesi buğday da dahil diğer tahıllardan daha yüksektir. Aynı zamanda, esansiyel aminoasitler yönünden diğer tahıllardan da üstün olup lisin, histidin ve metionin aminoasitleriyle dengeli bir dağılıma sahiptir (Van Etten, 1963; Ruales ve Nair, 1992; Wright ve ark., 2002). Çizelge 3’de FAO standartlarıyla ilişkili olarak kino, yaygın tahıl ve baklagillerin amino asit içerikleri görülmektedir.

İnsan ve hayvan beslenmesinde protein kalitesi, biyolojik değer ile tespit edilmektedir. Yumurtanın biyolojik değeri (BD) %93,7, sütün biyolojik değeri ise %84,5'tir. Kinoa'nın BD ise %83 olup balık (%76), et (%74,3), fasulye (%72,8), buğday (%64), pirinç (%64), mısır (%60) sahip oldukları biyolojik değerden daha yüksektir. Kinoa FAO/WHO'ya göre fenilalanin, izolösin, tirozin, histidin, tirionin, valin aminoasitleriyle 10-12 yaş grubundaki bireyler için yeterli miktarda içeriğe sahiptir (Gonzalez ve ark., 1989). Diğer yaygın tahıllarla kıyaslandığında protein içeriği (%16,3); pirinç (%7,5), mısır (13,4) ve buğdaya (%15,4) göre daha yüksektir (Abugoch ve ark. 2008).

Hayvan besleme deneylerine göre, kinoanın yüksek sindirilebilirliğe sahip olduğu belirtilmiştir. Ham kinoa proteinleri %91,6 oranında absorbe olmaktadır. Protein sindirilebilirliği ise; ısıtıl işlem danatürasyonu sonucunda %95,3 seviyesine yükseldiği bildirilmiştir (Ruales ve ark., 2002).

Çizelge 3. FAO standartlarıyla ilişkili olarak kino, yaygın tahıl ve baklagillerin amino asit içerikleri (Spehar, 2007)

	Tahıl							
Amino asit	Kinoa	Pirinç	Mısır	Buğday	Fasülye	Et	Süt	Standart
Fenilalanin	4,0	5,0	4,7	4,8	5,4	4,1	1,4	6,0
izolösin	4,9	4,1	4,0	4,2	4,5	5,2	10,0	4,0
lösin	6,6	8,2	12,5	6,8	8,1	8,2	6,5	7,0
lisin	6,0	3,8	2,9	2,6	7,0	8,7	7,9	5,5
Metionin	2,3	2,2	2,0	1,4	1,2	2,5	2,5	3,5
Treonin	3,7	3,8	3,8	2,8	3,9	4,4	4,7	4,0
Triptofan	0,9	1,1	0,7	1,2	1,1	1,2	1,4	1,0
Valin	4,5	6,1	5,0	4,4	5,0	5,5	7,0	5,0

3.2. Karbonhidrat İçeriği

Kinoa kuru maddesinin çoğunluğunu (%67-74) karbonhidratlar oluşturmaktadır Karbonhidratlar; karbon, hidrojen ve oksijen elementlerinden oluşmuş, gıdanın doğal bir bileşeni olan bir grup organik bileşiklerdir (Cordeiro ve ark., 2012).

Kinoa'nın besinsel değerini oluşturan karbonhidrat öncelikle nişastadır. Kinoa'dan elde edilen nişastanın yoğun viskozite ve küçük granül yapısında olması endüstriyel uygulamalar için bir potansiyeldir (Galwey ve ark., 1990). Atwell ve ark. (1983) yaptıkları çalışmalarda nişasta içeriğini %52-61 ve granül çaplarının 0,7-3,2 µm arasında tespit etmişlerdir. Nişasta yaklaşık olarak 56-58°C jelatinize olmakta ve geniş sıcaklık aralığında opaklığını korumaktadır. Bu özelliğinden dolayı gıda ürünlerinde emülsiyon oluşturmak için uygun olarak görülmektedir. Kinoa nişastası hem de düşük yoğunluklu polietilen filmlerde biyobozulabilir dolgu mad-

desi olarak kullanılabilir. Emülsiyon tipi gıdalarda özellikle pastacılıkta düşük sıcaklık uygulamalarında retrogradasyona dirençlidir (Ahamed ve ark., 1996a; Ahamed ve ark., 1996b). Kinoa nişastası küçük granül yapısının yanı sıra, yüksek vizkozite, donma-çözülme stabilitesiyle gıda sanayinde geniş alanda kullanılabilirliğini arttırmaktadır. Nişasta temel olarak D-ksiloz (120 mg/ 100 g), maltoz (101 mg/ 100 g), glikoz (19 mg/100 g) ve früktoz(19,6 mg/ 100 g) oluşmaktadır (Cordeiro ve ark., 2012).

Ahamed ve ark. (1996a) kinoa nişastasının fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini inceledikleri çalışmada mısırdan elde edilen nişastanın çift kademedede çirşlendiğini fakat kinoadan elde edilen nişastanın 65-95°C arasında tek kademedede çirşlendiğini belirtmişlerdir. Kinoa nişastasının eşsiz bir özelliği ise sıradışı donma-çözülme kararlılığıdır. Bu özelliğinden dolayı opak özelliğe sahip kinoa nişastası emülsiyonlarda, özellikte salata sosları gibi ürünlerde kullanılabilir. Kinoa tahılının temel bileşenlerinden olan nişastanın granül yapısı 1 µm'den küçüktür. Küçük granül yapısına sahip olan nişastalar kozmetik alanında, gıda alanında nişasta uygulamalarında, kat kat istiflenen gıdalarda kat ayırıcı ajan olarak eşsizdir. Yapılan çalışma sonucunda kinoa nişastasının donma-erime stabilitesinin iyi olmasından dolayı dondurulmuş gıda ürünlerinde koyulaştırıcı olarak kullanılabilceğini vurgulamışlardır. Aynı zamanda opak özellikte olması ve küçük granül yapısıyla ticari amaçlı nişastalar için bir potansiyel olarak görülmektedir.

Kinoa tahılı ortalama %4,1 diyet lifi içermektedir. Diyet lifi içeriği pirinç (%0,4), buğday (%2,7) ve mısıra (%1,7) göre daha yüksektir (De Bruin, 1964; Cardozo ve Tapia, 1979). Lamothe ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada toplam diyet lifi içeriğini %10 olarak tespit etmişlerdir. Diyet lifi enzimatik sindirime dirençli karbonhidrat fraksiyonlarıdır. Genel olarak kalın bağırsakta kısmen veya tamamen fermente edilmektedir. Diyet lifinin temelde sindirime yardımcı olduğu ve çeşitli fonksiyonel özelliklerinin olduğu bilinmektedir. Günümüzde tüm dünyada, “sağlıklı yaşam için sağlıklı beslen” kavramı içerisinde diyet lifli gıdalar giderek önem kazanmaktadır. Diyet liflerin özellikle çağımızın önemli sağlık problemlerinden, obezite, kalp-damar hastalıkları, diyabet ve bazı kanser türlerinin oluşumunun engellenmesinde önemli olduğu vurgulanmaktadır (Dülger ve Şahan, 2011).

Kinoa'nın toplam diyet lif içeriği diğer tahıllarla kıyaslandığında, lifinin monosakkarit alt bileşenleri meyve, sebze ve baklagillere daha yakındır. Çözünmez kino lifi, galakturonik asit, arabinoz, galaktoz, ksiloz ve glikoz alt bileşenlerinden oluşmaktadır. Çözünmez lif oranı %78'dir. Çözünür lif oranı %22 olup glikoz, galakturonik asit ve arabinoz alt bileşenlerinden oluşmaktadır. Bu %22'lik oran buğday ve daha birçok tahıldan yüksektir. Çözünür lif kalın bağırsakta mikrobiyal flora tarafından ferment-

te edilebildiği için bağırsak sağlığını daha iyi koruduğu bildirilmektedir. Çözünür ve iyi fermente edilebilir özelliğe sahip inülin, fruktooligosakkaritler ve galaktooligosakkaritler mikrobiyal üretim sonucunda kısa zincirli yağ asitlerine (asetik, propiyonik ve bütirik) dönüşür. Bu dönüşüm bağırsaklarda pH'nın düşüşünü sağlarken, faydalı bakterilerin kolonizasyonunu teşvik etmektedir. Prebiyotik olarak faydalı etki gösteren, kısa zincirli ve kolay fermente edilebilir bazı karbonhidratlar iratabl bağırsak sendromunun semptomlarına sebep olmaktadır. Bu tür bileşenler literatürlerde "Foodmap" olarak anılmaktadır. Buğday ve çavdarda bulunan fruktanlar, früktoz ve glikoz içeren elma gibi gıdalar foodmap olarak kabul edilmektedir. Bunun tam tersi olarak kinoa, fruktan içermez ve früktoz oranı düşüktür. Bu sebeple kinoa düşük Foodmap diyetlerinin önemli bir bileşeni olarak kabul edilmektedir. Biesiekierski ve ark. (2013) yaptıkları klinik bir çalışmada düşük Foodmap diyetinin iratabl bağırsak semptomlarını olumlu yönde etkilediğini bildirmektedir.

3.3. Yağ İçeriği

Kinoa kompozisyonu üzerine yapılan birkaç araştırmada yağ içeriği %1,8-9,5 değişmekle birlikte ortalama %5,0-7,2 arasındadır. Kinoa'nın yağ fraksiyonları yüksek kaliteye ve besleyici özelliğe sahiptir. Kinoa yağı linoleat, linolenat esansiyel yağ asitlerince zengindir ve yüksek oranda tokoferoller gibi doğal antioksidanları içerir (Ruales ve Nair, 1992). Birincil derecede linoleik ve linolenik yağ asitleri; araşidonik ve eikosapentaenoik aside metabolize olmaktadır. Bu yağ sitleri kinoa çekirdeğinde E vitamini ve diğer bazı antioksidan maddeler tarafından korunmaktadır. Esansiyel yağ asitleri beyin fonksiyonlarında, insülin duyarlılığı, kardiyovasküler sağlığı, prostaglandin metabolizması, bağışıklık sistemi, enflamasyon ve hücre membran fonksiyonlarını olumlu yönde etkilemektedir. Bunun yanı sıra esansiyel yağ asitlerinin fizyolojik daha birçok fonksiyona yardımcı olduğu bilinmektedir (Gonzalez ve ark., 2011). Ayrıca; bazı kinoa türlerinin tohumlarında yağ oranının %9,5 olması yağ elde edilebilecek yeni bir ürün potansiyelini doğurmaktadır (Koziol, 1993).

3.4. Mineral içeriği

Kinoa'nın kül içeriği (%3,4); mısıra (%0,5), buğdaya (%1,8) ve diğer yaygın tahıllara göre yüksektir. Kinoa tahılı yüksek miktarda Ca, Fe, Zn, Cu ve Mn gibi minarelleri barındırır. Özellikle kalsiyum ve çinko içeriği diğer tahıllara göre daha yüksek miktardadır (Cardozo ve Tapia, 1979; Repo-Carrasco ve ark., 2003). Kinoa'nın mineral içeriği diğer yaygın tahıllara kıyasla Çizelge 4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. Kinoa tahılının diğer tahıllara göre minarel içeriği (ppm) (Bhargava ve ark., 2006)

Tahıl	Kalsiyum (Ca)	Fosfor (P)	Demir (Fe)	Potasyum (K)	Sodyum (Na)	Çinko (Zn)
Kinoa	1274	3869	20	6967	115	48
Arpa	880	4200	50	560	200	15
Fasülye	1191	3674	86	10982	103	103
Buğday	550	4700	50	8700	115	14

3.5. Vitaminler

Vitaminler hücrel metabolik reaksiyonlar için çok az miktarları yeterli olan, eksikliklerinde bazı sorunlara neden olan organik bileşiklerdir. İnsan vücudu tarafından ya hiç yapılmadıkları ya da yeterli miktarda yapılmadıkları için besinlerle dışarıdan sağlanmaları gerekir. Vücudun sağlıklı gelişimi, sindirim fonksiyonları ve enfeksiyonlara karşı bağışıklık gelişimi açısından gereklidir. Ayrıca; vitaminler organizmanın karbonhidrat, yağ ve protein metabolizmasında görev alırlar (Öz ve Kılıçarslan, 2012).

Kinoa tahılının vitamin içeriğine dair çalışmalarda pridoksin (B6), riboflavin (B2) ve folik asit ön plana çıkmaktadır. Kinoa'da yüksek seviyede E vitamini bulunmaktadır. Koziol (1993) kinoa ve diğer yaygın tahılları karşılaştırdığı bir çalışmada riboflavin, α -tocopherol, β -carotene and ascorbic acid miktarlarının pirinç, arpa ve buğdaydan fazla olduğunu rapor etmiştir. Repo-Carrasco ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada kinoa'nın A, B2 ve E vitaminlerince zengin olduğunu bildirmişlerdir.

4. Sağlıklı Beslenme ve Gıda Endüstrisi Açısından Önemi

Kinoa yaygın tahıllarla karşılaştırıldığında protein, lizin, yağ, lif ve protein kalitesi bakımından daha üstündür. Kinoa ayrıca iyi bir E vitamini kaynağıdır. Ancak kinoa çekirdeğinin perikarp kısmı saponin içerir. Saponinler acı tada sebebiyet veren glikozitlerdir ve köpüksü yapı oluştururlar. Saponinler yıkama işlemiyle kolayca kinoa'dan uzaklaştırılabilmektedir. Diğer tahıllarla kıyaslandığında kinoa proteininin sindirilebilirliği yüksektir ve protein kalitesinin herhangi bir negatif etkisi yoktur. Kinoa, zengin glutensiz protein içeriğiyle çölyak rahatsızlığı olanlar için bir alternatif diyet öğesi olabilir. Bunu açığa kavuşturmak için son yıllarda kinoa'nın kimyasal özelliklerini araştırmak amacıyla çeşitli araştırmalar yapılmış ve bu şekilde yeni bir gıda maddesi olarak yaygınlaşmıştır. Kinoa'nın lipid içeriği (2-3 kat) diğer tahıllardan daha fazladır. Beslenme açısından arzu edilen doymamış yağ asitlerince zengindir. Dahası; kinoa mineral, vitamin gibi mikro öğeleri, polifenol gibi antioksidatif bileşenleri de önemli miktarda içermektedir (Cordeiro ve ark., 2012).

Laus ve ark. (2012) kinoa'nın antioksidan aktivitelerini durum buğdayı ve emmer'le (*Triticum dicoccon*, Gernik) karşılaştırdıkları bir çalışmada kinoanın TEAC (The Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) protokolüne göre her iki tahıldan da yüksek antioksidan özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Pas'ko ve ark. (2009) kinoa'nın antioksidan özelliklerini araştırdıkları çalışmada bu tahılın yüksek antioksidan özelliğe sahip olduğu vurgulanmış ve yüksek besleyici değeriyle geleneksel diyetlerde yer almasının beslenme ve sağlık açısından faydalı olabileceğini bildirmişlerdir.

Farinazzi-machado ve ark. (2012) kalp ve damar rahatsızlıkları riskini azaltmak için kinoa'nın tahıl barları ile kullanımı üzerine yaptıkları çalışmalarında kinoa'nın yüksek biyolojik değerinin yanı sıra içerdiği karbonhidratların düşük glisemik değere sahip olduğunu, fitosteroid, omega-3 ve doymamış yağ asitleriyle insan sağlığı için faydalı olacağını belirtmişlerdir. Kalp damar rahatsızlıkları riskini azaltmak için kinoa'nın kullanımını araştırmak amacıyla 18-45 yaş aralığında 22 öğrenci üzerinde 30 gün süreyle kinoadan yapılmış tahıl barları kullanılmıştır. Gruplar kinoa'yla beslenmeden önce ve beslendikten sonra kan örneklerinin glisemik indeksi, biyokimyasal profilleri çıkarılmıştır. Kinoa'yla beslendikten sonra gruplardan alınan kan örneklerinde toplam kolesterol seviyeleri, trigliseritler, LDL-c seviyeleri düşük çıkmıştır. Bu bulgular sonucunda kinoa'nın kalp damar rahatsızlıklarına sebep olabilecek riskleri azaltabileceği bilgisine ulaşılmıştır.

Çölyak rahatsızlığı bir enteropati (Bağırsak bozukluğu)'dir. Arpa, buğday, çavdar gibi ürünlerde var olan gluten bu rahatsızlığı tetiklemektedir. Çölyak rahatsızlığı için şuanki tedavi gluten içermeyen gıdaların kullanımıyla sınırlıdır. kinoa'nın prolamin oranı düşük olduğundan dolayı glutensiz beslenmede kullanılabileceği belirtilmiştir (Farinazzi-machado ve ark., 2012).

Kinoa'nın besleyici özelliğe sahip olmayan bileşeni saponinlerdir. Saponinler; çeşitli bitkilerde doğal olarak bulunan, steroid veya triterpenoid yapıda lipofilik bir çekirdek ile bir veya daha fazla sayıda karbonhidrat yan zincirine sahip glikozitlerdir (Güçlü ve Uyanık, 2004). Kuru madde'de saponin miktarı tatlı kinoa tohumlarında 0,2-0,4 g/kg iken, acı tohumlarda 4,7-11,3 g/kg'dır. Saponinler tahıldan su ile yıkama, soğuk tavlama ve kavurma gibi metodlarla elemine edilmektedir (Bhargava, 2006).

Kinoa'nın tıbbi amaçlarla kullanıldığı nadir olarak rapor edilmiştir. Mujica (1994) tarafından bildirildiğine göre, iltihaplı yaralarda ve uriner sistemde dezenfektan ve ağrı kesici olarak kullanıldığı rapor edilmiştir. Hem de vücut çatlaklarında, iç hemorojinlerde ve böcek kovucu olarakta kullanıldığı bildirilmiştir.

Kinoa; insanlar tarafından diğer tahıllarla kombine edilerek ve/ya pişi-

rilerek tüketilebilmektedir. Hayvan beslenmesinde yararlanmanın yanı sıra ve fermente olabilir özelliğinden dolayı bira üretiminde kullanılmaktadır. Tohumun elde edildiği bitkinin yaprak ve diğer kısımları büyükbaş, tohumun kendisi kümes hayvanlarının beslenmesinde sıklıkla da kullanılmaktadır (Galwey ve ark., 1990).. Peru ve Bolivya’da ticari olarak lapa, tortilla, kek ve tahıl karışımı şeklinde satılmaktadır. Kinoa’dan elde edilen nişasta gıda üretiminde emülsiyon için çok uygundur. Kinoa unu, buğday ve/ya mısır unuyla bisküvit, ekmek, kek yapımında kombine edilmektedir. Kinoa tohumlarından elde edilen unun jelasyon özelliği, su tutma kapasitesi, emülsiyon yeteneği ve stabilitesi çok yüksektir (Oshodi ve ark., 1999). Bu unun kantitatif özellikleri analiz edildiğinde diğer tahıllara göre glukoz (%4,55), früktoz (%2,41) ve sakkaroz (%2,39) gibi serbest şekerleri içerdiği görülmüştür (Gonzalez ve ark., 1989). Araştırmacı Ogungbenle (2003) kinoa’dan elde edilen unun kimyasal kompozisyonu ve şeker içeriğini belirlediği çalışmada yüksek oranda D-xyloze (120 mg/100 g), maltoz (101 mg/100 g), düşük oranda ise glukoz (19 mg/100 g) ve früktoz (19,6 mg/100 g) tespit etmiştir. Bu özelliğinden dolayı malt içeceklerin hazırlanmasında formülasyona ilave edilebileceği belirtilmiştir. Ruales ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada kinoa unuyla hazırlanmış tamamlayıcı gıdaların bebeklerin plazmalarındaki insülin-benzeri büyüme faktörlerinin (IGF-1) seviyesini arttırdığını bildirmiştir.

Kinoa çoğu tahıla göre yüksek miktarda yağ bulundurmasına rağmen, doymamış çoklu lipidler hızlı bir şekilde oksidasyona uğramamaktadır. Yüzeyde sıcaklık arttırıldığında oksidatif ve enzimatik reaksiyonlar artsa bile oksidasyonun aşırı şekilde değişmemesi E vitamini’nin antioksidan etkisine bağlı olabileceği bildirilmiştir. Bu stabilizeye sahip olan kinoa gıda üretiminde dikkatleri çekmeyi başarmış ve araştırmacılar işlenmemiş üründe doğal olarak bulunan bu antioksidan özelliğe ilgi duymuşlardır (Ruales ve ark., 2002).

Kinoa; İnka medeniyetinde savaşçılara güç verdiğine inanıldığından dolayı inkaların altını olarak atfedilirdi. Son yıllarda tüketimi bir trend haline gelen kinoa “süper gıda”, “geleceğin süper tahılı” gibi sloganlarla yaygınlaştırılmaya çalışılmaktadır. Kinoa’nın besinsel içeriği değerlendirildiğinde sağlıklı beslenmede etkileri 7 madde ile özetlenebilir Wilcox (2013):

1. Kinoa tüketebileceğimiz proteince en zengin tahıllardan biridir. Dokuz esansiyel aminoasiti içeren bir tam proteindir.

2. Kinoa diğer tahıllara kıyasla yaklaşık olarak iki kat daha fazla diyet lifi içermektedir. Lifler genel olarak konstipasyonu (Kabızlık) rahatlatıcı olarak bilinir. Hem de diyabet ve yüksek kan basıncını azaltarak kalp rahatsızlıklarını önlemeye yardımcı olur. Lifler hemoroid gelişmesini azal-

tabilir ve kilo vermede yardımcı olabilir.

3. Kinoa zengin bir demir kaynağıdır. Demir kırmızı kan hücrelerinin sağlıklı bir şekilde kalmasına yardımcı olur ve hemoglobin oluşumunda temeldir. Demir kaslarımızın kontraksiyonu için oksijen sağlar ve oksijeni hücrelere taşır. Kanda bulunan oksijenin yaklaşık olarak %20'si beyine gittiğinden dolayı beynimizin fonksiyonları üzerinde de demirin etkisi vardır. Demirin daha birçok faydası vardır: sinir taşıyıcılarının sentezinde rol oynar, vücut sıcaklığını, enzim aktivitelerini ve enerji metabolizmasını düzenler.

4. Kinoa lizin içerir. Lizin dokuların onarılması ve büyümesi için gereklidir.

5. Kinoa zengin bir magnezyum kaynağıdır. Magnezyum kan damarlarını rahatlatmaya yardımcı olur ve böylece migrenleri azaltır. Magnezyum hem de kan şekeri kontrolünü sağlıklı bir şekilde sağladığından dolayı Tip 2 diyabeti azaltabilir. Magnezyumun detoksifikasyon yapma, kemik ve diş gelişimini sağlama, enerji üretimini ve sinir sistemini düzenleme gibi daha birçok faydası vardır.

6. Kinoa yüksek miktarda Riboflavin (B2) bulundurur. B2 hücrelerde uygun enerji üretimine yardımcı olarak kas ve beyin hücrelerinde enerji metabolizmasını düzenler.

7. Kinoa yüksek miktarda Manganez içeriğine sahiptir. Manganez; antioksidan özelliğiyle serbest radikallerin özellikle kırmızı kan hücrelerine zarar vermesini engeller. Manganez hücrelerde enerji üretimi boyunca mitokondrilerin zarar görmesini önler.

4. Sonuç

Kinoa, yüksek besleyici kalitesi ve çoklu gıda üretiminde kullanılması ile gıda endüstrisi için bir potansiyel olduğu görülmektedir. Sağlıklı beslenme açısından dengeli protein ve yağ içeriği, mikro nutrient içeriğinin yanı sıra yüksek antioksidan özelliğe sahiptir. Kinoa'dan elde edilen nişastanın granül boyutu ve jel oluşturma kalitesinin uygun olması nişasta sanayisi için bir alternatif olarak görülebilir. Üretiminin sınırlı bölgelerde yapılması bilinmesini engellese de, son yıllarda bilimsel araştırmalara konu olmuş, Avrupa, Amerika, Japonya'da üretim çalışmaları yapılmıştır. Birleşmiş Milletler 1000 yıl hedefleri çerçevesinde Kinoa tahılını gıda yoksulluğunu azaltmak için alternatif gıda olarak seçmiş ve 2013 yılını Kinoa yılı olarak ilan etmiştir. Kinoa'nın yaygınlaştırılması için daha çok desteğe, çalışmaya ve tanıtmaya ihtiyaç vardır.

5. Kaynaklar

- Abugoch L, Romero N, Tapia C, Silva J, Rivera M. 2008. Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 4745-4750
- Ahamed NT, Singhal RS, Kulkarni PR, Kale DD, Pal M. 1996a. Studies on *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus paniculatas* starch as biodegradable fillers in LDPE films. *Carbohydrate Polymers*, 31: 157-160.
- Ahamed NT, Singhal RS, Kulkarni PR, Pal M. 1996b. Physicochemical and functional properties of *Chenopodium quinoa* starch. *Carbohydrate Polymers*, 31: 99-103.
- Atwell WA, Patrick BM, Johnson LA, Glass RW. 1983. Characterization of quinoa starch. *Cereal Chemistry Journal*, 60: 9-11.
- Bazile D, Fuentes F, Mujica A. 2013. Historical perspectives and domestication. IN Quinoa: Botany, production and uses, Edited by A. Bhargava, S. Srivastava, CABI, Wallingford, Oxfordshire, UK/Boston, MA, 234p.
- Bhargava A, Shukla S, Ohri D. 2006. *Chenopodium quinoa*-An Indian perspective. *Industrial Crops and Products*, 23: 73-87.
- Biesiekierski JR, Muir JG, Gibson PR. 2013. Is gluten a cause of gastrointestinal symptoms in people without celiac disease? *Current Allergy and Asthma Reports*, 13: 631-638.
- Brady K, Ho CT, Rosen RT, San S, Karwe MV. 2007. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. *Food Chemistry*, 100: 1209-1216.
- Cardozo A, Tapia ME, 1979. Valor nutritivo. Quinoa y Kaniwa. Cultivos Andinos. In: Tapia ME. (Ed.), Serie libros y Materiales educativos, vol. 49. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Bogota, Columbia, ss. 149-192.
- Cordeiro LMC, Reinhardt VDF, Baggio CH, Werner MFDP, Burci LM, Sassaki GL. 2012. Arabinan and arabinan-rich pectic polysaccharides from quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds: Structure and gastroprotective activity. *Food Chemistry*, 130: 937-944.
- De Bruin A. 1964. Investigation of the food value of quinoa and canihua seed. *Journal of Food Science*, 29: 872-876.
- Dülger D, Şahan Y. 2011. Diyet lifin özellikleri ve sağlık üzerindeki etkileri. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 25(2): 147-157.
- FAO. 2014. Quinoa Production of top 5 producers 2012. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/QC/E>. Erişim Tarihi: (12.03.2014).
- Farinazzi-Machado FMV, Barbalho SM, Oshiiwa M, Goulart R, Junior OP. 2012. Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) to reduce risk

- factors related to cardiovascular diseases. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 32(2): 239-244.
- Galwey NW, Leakey CLA, Price KR, Fenwick GR. 1990. Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Science and Nutrition*, 42: 245-261.
- Geren H, Kavut YT, Altınbaş M, 2015. Bornova ekolojik koşullarında farklı sıra arası uzaklıkların kinoa (*Chenopodium quinoa* willd.)’da tane verimi ve bazı verim özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(1): 69-78.
- Gonzalez JA, Konishi Y, Bruno M, Valoy M, Prado FE. 2011. Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92: 1222-1229.
- Gonzalez JA, Roldan A, Gallardo M, Escudero T, Prado FE. 1989. Quantitative determinations of chemical compounds with nutritional value from Inca crops: *Chenopodium quinoa* (‘quinoa’). *Plant Foods for Human Nutrition*, 39(4): 331-337.
- Güçlü KB, Uyanık F. 2004. Saponinler ve biyolojik önemi. *Erciyes Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 1(2): 125-131.
- Gül H, Dizlek H. 2008. Ekmek üretiminde kepek kullanılmasının beslenme ve sağlık açısından önemi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*; 21-23 Mayıs 2008, Erzurum, Türkiye. ss: 383-386.
- Hirose Y, Fujita T, Ishii T, Ueno N, 2010. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. *Food Chemistry*, 119: 1300-1306.
- Jacobsen SE. 2003. The worldwide potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19(1-2): 167-177.
- James LEA. 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 58: 1-31.
- Jancurová, M., Minarovičová, L., and Dandár, A. (2009). Quinoa: a review. *Czech Journal of Food Sciences* 27(2): 71-79.
- Kolata AL. 2009. “Quinoa,f. Quinoa; production, consumption and social value in historical context. Department of Anthropology, The University of Chicago. <http://lasa.international.pitt.edu/members/congresspapers/lasa2009/files/KolataAlanL.pdf>. Erişim Tarihi: (15.03.2014).
- Kozioł MJ. 1993. Quinoa: A Potential New Oil Crop. IN *New Crops*, Edited by Janick, J., Simon, JE. Wiley, New York, ss. 328-336.
- Lamothe LM, Srichuwong S, Reuhs BL, Hamaker BR. 2015. Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) provide dietary

- fibres high in pectic substances and xyloglucans. Food Chemistry, 15: 167:490-496.
- Laus MN, Gagliardi A, Soccio M, Flagella Z, Pastore D. 2012. Antioxidant activity of free and bound compounds in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds in comparison with durum wheat and emmer. Journal of Food Science, 77(11): 1150-1155.
- Maradini Filho AM, Pirozi MR, Da Silva Borges JT, Pinheiro Sant'Ana HM, Paes Chaves JB, Dos Reis Coimbra JS. 2015. Quinoa: Nutritional, functional and antinutritional aspects. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57(8):1618-1630.
- McKeown NM, Jacques PF, Seal CJ, de Vries J, Jonnalagadda SS, Clemen, R, Webb D, Murphy LA, van Klinken JW, Topping D, Murray R, Degeneffe D, Marquart LF. 2013. Whole grains and health: from theory to practice – highlights of the Grains for Health Foundation's Whole Grains Summit 2012. Journal of Nutrition, 143(5): 744-758.
- Miranda M, Vega-Gálvez A, Uribea E, López J, Martínez E, Rodríguez MJ, Quispe I, Di Scala K. 2011. Physico-chemical analysis, antioxidant capacity and vitamins of six ecotypes of chilean quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Procedia Food Science, 1: 1439-1446.
- Mujica A. 1994. Andean grains and legumes. IN Neglected Crops: 1492 from a Different Perspective. Edited by Hernando, B, Leon J. FAO, Rome, Italy, ss 131-148.
- Ogungbenle HN. 2003. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 54(2): 153-158.
- Oshodi AA, Ogungbenle HN, Oladimeji MO. 1999. Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed (*Sesamum radiatum*), pearl millet (*Pennisetum typhoides*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*) flours. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 50(5): 325-331.
- Öz SG, Kılıcarslan A. 2012. Vitaminlerin yaşamımızdaki yeri nedir, ne olmalıdır? İç Hastalıkları Dergisi, 19: 139-143.**
- Pas'ko P, Barton' H, Zagrodzki P, Gorinstein S, Foşta M, Zachwieja Z. 2009. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. Food Chemistry. 115: 994-998.
- Prego I, Maldonado S, Otegui M. 1998. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. Annals of Botany, 82(4): 481-488.
- Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen SE. 2003. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International, 19(1-2): 179-189.

- Repo-Carrasco-Valencia RAM, Serna LA. 2011. Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(1): 225-230.
- Ruales J, Grijalva Y, Jaramillo PL, Nair BM. 2002. The nutritional quality of an infant food from quinoa and its effect on the plasma level of insulin-like growth factor-I (IGF-I) in undernourished children. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 53(2): 143-154.
- Ruales J, Nair BM. 1992. Nutritional quality of the protein in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 42: 1-12.
- Spehar CR. 2007. Quinoa: Alternative to diversify agriculture and food. Embrapa Cerrados: Planaltina, DF, Brasil, 104s.
- Tapia M, Fries AM. 2007. Guía de campo de cultivos andinos. <http://www.fao.org/docrep/010/a1185s/a1185s.pdf>
- USDA. United States Department of Agriculture-Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 27. Nutrient Data Laboratory, 2011. Available in: <<http://www.nal.usda.gov/fnic/food-composition/search>. Accessed on: 15 august 2014.
- Van Etten CH, Miller RW, Wolff IA, Jones Q. 1963. Amino acid composition of seeds from 200 angiosperm plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 11: 399-410.
- Vilche, C., Gely, M., Santalla, E. 2003. Physical properties of quinoa seeds. *Biosystems Engineering* 86(1): 59-65.
- Wilcox J. 2013. 7 Benefits of Quinoa: The Super grain of the Future. Forbes Resmi Web Sitesi. <http://www.forbes.com/sites/juliewilcox/2012/06/26/7-benefits-of-quinoa-the-supergrain-of-the-future/> Erişim Tarihi (13.10.2013).
- Wright KH, Pike OA, Fairbanks DJ, Huber CS. 2002. Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *Journal of Food Science*, 67(4): 1383-1385.



BÖLÜM 5

ODUN MİKROYAPISINDAKİ TRABEKÜLELERE YÖNELİK BİR ÇALIŞMA

Davut BAKIR¹

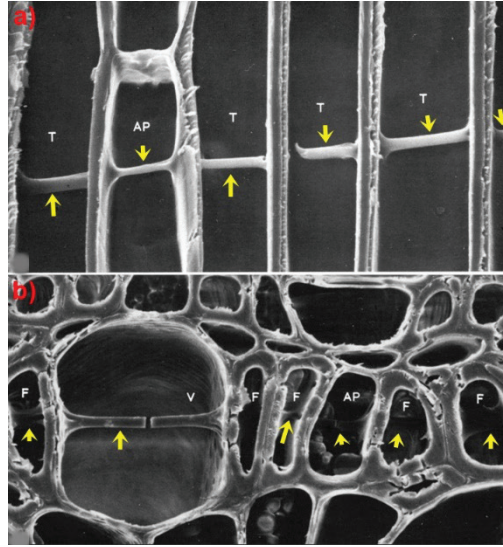
¹ Davut BAKIR (Dr.Öğr.Üyesi) Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Artvin, ORCID ID: 0000-0001-5480-1872, davut.bakir23@gmail.com

GİRİŞ

Taramalı elektron mikroskobu veya kısa adıyla SEM, odunun üç boyutlu yapısını gözlemleyebilmek açısından ideal bir tekniktir. SEM'in geliştirilmesinden bu yana özellikle odun hücre çeper tabakaları hakkında detaylı bilgiler elde edilmekle beraber gymnospermilerin (Keith, 1971; Butterfield ve Meylan, 1980; Yumoto, 1984) ve angiospermilerin (Butterfield ve Meylan, 1972, 1979, 1980; Meylan ve Butterfield, 1973a; Ohtani, 1977; Werker ve Baas, 1981) sekonder kilemindeki (odun dokusundaki) trabeküller ile ilgili olarak da değerli bilgiler rapor edilmiştir (Ohtani, 1985). Trabeküller odun hücre lümenlerini nadiren kat edebilen hücre çeper materyallerinin uzantılarıdır. Her bir trabekülenin çapı genellikle içinden geçtiği hücre çeperinin kalınlığı ile orantılıdır. Fakat trabeküle anormal olmadığı sürece çapının yalnızca konak hücre çeperlerinin kalınlığıyla değil aynı zamanda merkezi çekirdeğin kalınlığıyla da ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber trabeküllerin ilkbahar odunu tabakasında ince, yaz odunu tabakasında ise kalın olduğuna dair yaygın bir anlayış vardır (Yumoto, 1984). İğne yapraklı ağaç (İYA) odunlarında iyi bilinmekle beraber bahsedilen örneklerin radyal ve enine kesitlerinde trabeküller radyal yönde birkaç traheidi geçer vaziyette görülebilirler (Keith, 1971; Butterfield ve Meylan, 1980; Yumoto, 1984) (Şekil 1a). Ayrıca Geniş yapraklı ağaç (GYA) odunlarında da meydana gelebilmekle beraber trahe elemanları, boyuna parانشim hücreleri ve lifler dahil olmak üzere radyal bir dizide birçok farklı hücre tipini geçebilmektedirler (Butterfield ve Meylan, 1979) (Şekil 1b).

Trabeküller genellikle radyal bir hizada birkaç hücreyi geçer vaziyette görülseler de tek bir hücrenin lümenini geçen yalnız (soliter) trabeküllerin hem İYA hem de GYA odunlarında daha yaygın olduğu düşünülmektedir. İYA ve GYA trabeküllerinin görünümündeki benzerlik, trabeküllerin gelişim ve oluşumlarından sorumlu nedensel mekanizmanın muhtemelen her iki bitki grubunda da aynı olduğunu düşündürmektedir (Butterfield ve Meylan, 1980). GYA'larda trabekülenin çapı konak hücrenin lümen çapı ve hücre çeper kalınlığıyla ilişkilidir (Ohtani, 1977; Butterfield ve Meylan, 1979). Radyal bir sıradaki birkaç farklı hücre tipini geçen trabeküller ince çeperli ve geniş lümenli hücrelerde ince ve silindirik, kalın çeperli ve dar lümenli hücrelerdeyse kalın ve makara şeklinde olma eğilimindedirler (Şekil 1b). Bu özellik, trabeküllerin bir filament etrafında normal sekonder çeperin birikmesiyle geliştiği teorisini daha fazla destekler niteliktedir. Bir hizada sıralanan trabeküller bir hücre tipinden diğerine geçerken meydana gelen değişikliklere ek olarak, bazen uzun bir trabekülenin sonuna doğru çubuk şeklinden makara şekline kademeli bir geçiş yapabilirler (Butterfield ve Meylan, 1980). Kuçera (1978), *Taxus baccata*'nın vasküler nodüllerine komşu haldeki öz kısmı içerisinde bulunan parانشim hücrelerinde

trabeküleleri gözlemlemiştir. İlgili çalışmada trabekülelerin iç kısımlarının boş olduğu bildirilmiştir (Yumoto, 1984).



Şekil 1. *Sequoia sempervirens* Endl. (Taxodiaceae) odunu mikroyapısında birkaç traheid (T) ve bir boyuna paranşim (AP) hücrelerini radyal yönde geçen trabeküleler (oklar), Radyal kesit X 1100 (a), *Coprosma repens* A. Rich. (Rubiaceae) odun mikroyapısında bir radyal sırada bir trahe elemanı (V), bir boyuna paranşim hücre (AP) ve birkaç lif hücrelerinden (F) geçen trabeküleler (kırılmalar veya kopmalar numune incelemesi veya hazırlanması sırasında meydana gelmiştir), Enine kesit X 1450 (b) (Butterfield ve Meylan, 1980).

Troncoso ve Greslebin (2018) atfen ilk olarak Sanio (1863, 1874) ile De Bary (1877) tarafından angiospermelerde ve Winkler (1872) tarafından gymnospermelerde (*Araucaria brasiliensis*'in enine, radyal ve teğet kesitlerinde) tanımlanan trabekülelerin daha sonra Müller (1890), Strasburger (1891) ve Raatz (1892) ve daha yakın zamanda ise Butterfield ve Meylan (1979), Werker ve Baas (1981), Yumoto (1984) ve Grosser (1986) gibi diğer birçok araştırmacı tarafından ayrıntılı olarak incelendiğini belirtmişlerdir. Trabekülelerin ilk defa Sanio tarafından incelenmiş ve tespit edilmiş olması onların birçok literatürde "Sanio'nun trabeküleleri" olarak adlandırılmasına neden olmuştur (Yumoto, 1984). Trabekülelerin çok tabakalı ultra yapısı hücre çeperinin yapısına çok benzemekle beraber hücre çeperiyle ilişkili olarak devamlılık ve süreklilik gösterir (Keith, 1971; Ohtani, 1977; Butterfield ve Meylan, 1979; Parameswaran, 1979; Yumoto, 1984; Troncoso ve Greslebin, 2018). Gymnospermelerde trabeküleler esas olarak traheidlerde ve reçine kanallarının çevresindeki epitel paranşim hücrelerinde rapor edilmiştir (Grosser, 1986; Troncoso ve Greslebin, 2018).

Trabekülelerin oluşum nedenleri literatürde geniş çapta tartışılmıştır. Ancak günümüzde bu konuyla ilgili genel bir fikir birliği yoktur. Trabe-

küleler hastalıklar, yaralanmalar, don veya kambiyumdaki diğer bozulmalarla veya anomalilerle ilişkilendirilmiştir (Hoefert ve Gifford, 1967; Werker ve Baas, 1981; Yumoto, 1984; Grosser, 1986; Ohtani ve ark., 1987; Nakada ve Kawamura, 2002; Yaman, 2007; Troncoso ve Greslebin, 2018). Troncoso ve Greslebin (2018) atfen bazı araştırmacıların (Mamelli, 1913; Bärner, 1937) ise bu yapıların hastalık veya yaralanmalarla ilişkili olmadığını düşündüklerini belirtmişlerdir. Bununla birlikte araştırmacıların çoğu trabekülelerin anormal odun yapısında normal oduna nazaran daha çok olduğu ve ağaç sağlığındaki düşüşe ve bozulmaya bağlı olarak da hastalıklı ağaçlarda sağlıklı ağaçlardan daha yoğun olduğu konusunda hemfikirdirler. Grosser (1986) trabekülelerin işlevinin lokal kompresyon (bastırma-sıkıştırma) veya çekme gerilimi esnasında teğet hücre çeperlerinin çökmesini önlemek ve kendilerinin çeperler arasına takviye elemanları olarak girdiklerini öne sürmüştür (Troncoso ve Greslebin, 2018). Yumoto (1984) trabekülelerin ortaya çıkışının muhtemelen farklı zarar faktörlerinin neden olduğu sitolojik olaylar tarafından tetiklenen sekonder doğasıyla ilişkili olduğunu savunmuştur.

Yukarıda ana hatlarıyla belirtildiği gibi özellikle trabekülelerin kökeni ve yapısı hakkındaki bilinenlerin son elli yılda çok az değiştiği görülmekle beraber ilgili Türkçe kaynakların yok denecek kadar az olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca daha önce *Physisporinus vitreus* mantarının kullanılmasıyla gerçekleştirilen biyoteknolojik uygulamalarla emprenyesi güç ağaç türlerinin permeabilitesinin iyileştirilmesine yönelik gerçekleştirilen çalışmamızda (Bakır ve ark., 2021), odun mikroyapısında nasıl oluştuğu? Hakkında henüz net bir bilgi olmayan trabekülelerin oluşumuna yönelik önemli bir bulgu elde edildiğinin düşünülmesi mevcut çalışmada trabekülelerin oluşum nedenlerine yönelik bir irdeleme yapılmasının faydalı olabileceğini akıllara getirmiştir.

Trabekülelerin yapısı

Traheidlerde bir teğet çeperden diğerine çubuk şeklinde uzanan silindirik veya makara biçimindeki oluşumlara trabeküle (tekil: trabecula / çoğul: trabeculae) denir (Yumoto, 1984). Enine kesitleri hemen hemen dairesel veya hafif eliptiktir. Nadiren, bir trabeküle çeperinin trabekülenin içinde yer aldığı konak hücrenin radyal çeperiyle kaynaşmış olduğu gözlenir. Bununla beraber merkezi çekirdek de radyal orta lamelle birleşmez. Trabekülelerin yüzeyleri pürüzsüzdür. Düzensiz ve bozuk bir yüzeye sahip olan trabeküleler anormal olarak kabul edilirler. Trabeküleler hücre lümenini radyal olarak geçen en yaygın yapılardır. Bununla beraber de yapı ve görünüş olarak da en değişken olanıdır.

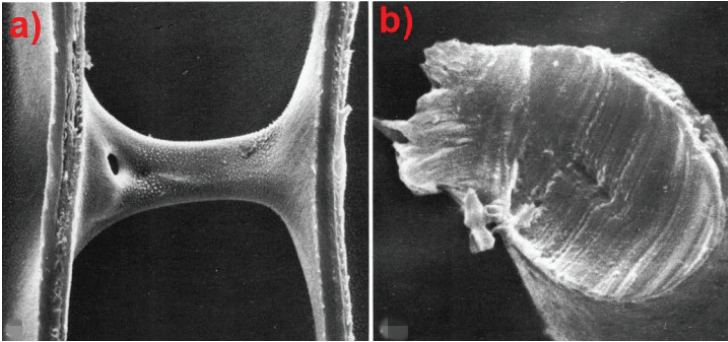
Basınç odunundaki trabekülelerin temel yapısı normal odundakinden farklı değildir. Ancak konak hücre çeperindeki değişikliklerle birlikte eş

zamanlı gerçekleşen görünüşleri belirgin bir şekilde değişir. Genel olarak iyi gelişim göstermiş basınç odunundaki trabeküleler konak hücre çeperinde olduğu gibi spiral kıvrımlara sahiptirler. Yumoto'nun bahsedilen çalışmasında normal ağaç odununda basınç odunu oluşturmak amacıyla yapay basınç uygulanmasından dolayı kıvrımlar arasındaki her bir dişte, çıkıntıda veya nervürde genellikle çok küçük basınç hataları görülür. Zayıf ve iyi gelişim göstermemiş basınç odunu traheidlerinin kendilerinde ve trabeküllerinde kıvrımlar bulunmaz (Yumoto, 1984). Basınç odunu traheidlerinde S_2 tabakasındaki mikrofibrillerin açısının normal oduna nazaran daha büyük olduğu bazı araştırmacılar (Wardrop ve Dads well, 1950; Matsumoto, 1957) tarafından bildirilmesine rağmen Yumoto ve ark., (1982, 1983) çalışmalarında normal odun ve basınç odunu arasında mikrofibril açısı bakımından kayda değer bir fark göremediklerini belirtmişlerdir. Kısacası, normal odun traheidlerindeki trabekülelerin S_2 tabakasındaki mikrofibrillerin yöneliminin basınç odunundakine benzer olduğuna inanılır. Yani, trabeküllerin ortasındaki S_2 tabakasındaki mikrofibriller trabeküllerin uzun eksenlerine neredeyse paralel olarak uzanırlar. Ancak nispeten kalın olan trabeküller için durum böyle değildir. Bu nedenle trabeküllerin ortasındaki yönelimin sadece ince bir trabekülede neredeyse paralel olduğu ve genişlik arttıkça, konak hücre çeperininkine karşılık gelecek şekilde helikal-sarmal hale geldiği söylenilebilir. Bir trabekülenin konak hücrenin teğet çeperlerinin uçlarına doğru çapında gözlenen artışın (Şekil 2a) genellikle yuvarlak trabekülenin dairesel çevresinde eşit ve hizalı olarak meydana gelmediği, ancak konak hücrenin S_2 tabakasındaki mikrofibrillerin yönelimlerine paralel yönde meydana geldiği görülmüştür (Yumoto, 1984).

Trabeküleler GYA'ların bazısında ve birçok İYA'ların kabuklarında ve sekonder ksileminde görülürler (Werker ve Baas, 1981; Milanez ve ark., 2017). Trabeküleler 3 hücre çeper tabakasından oluşurlar. Merkezi kısmı devamlılık arz eder ve birleşik orta lamelle benzerlik gösterir. (Milanez ve ark., 2017). Trabeküleler incelendiğinde bunların hücre lümenini bölen bir çizgi şeklinde teşekkül ettiği görülmekte ve üzerinin sekonder çeper tabakası ile kaplandığı anlaşılmaktadır. Ancak kambiyumda bir mantar hüfnün sekonder çeper materyali ile örtülmesi neticesi trabeküllerin husule geldiği belirtilmektedir. Böylece bunlar esas itibarıyla silindirik olup içleri boştur. Çeşitli iğne yapraklı ağaç odunu cinslerinde boyuna traheidlerde reçine bulunur (Bozkurt, 1967). Ancak reçine, traheidler içinde parça parça veya yumrular halindedir. Her ne kadar bunlar yatay (horizontal) iki taraflı konkav çıkıntılar, bölmeler halinde görülürlerse de sathi tetkikle yatay kısımlar veya radyal kesitte trabeküllerle kolayca karıştırılabilirler. Bu kısımlara yakın yerlerden kesilmiş olan enine kesitlerde traheidler tamamen reçine ile doluymuş gibi görünürler (Bozkurt, 1967).

Trabeküleler nispeten az da olsa o kadar farklı gymnosperm ve angio-

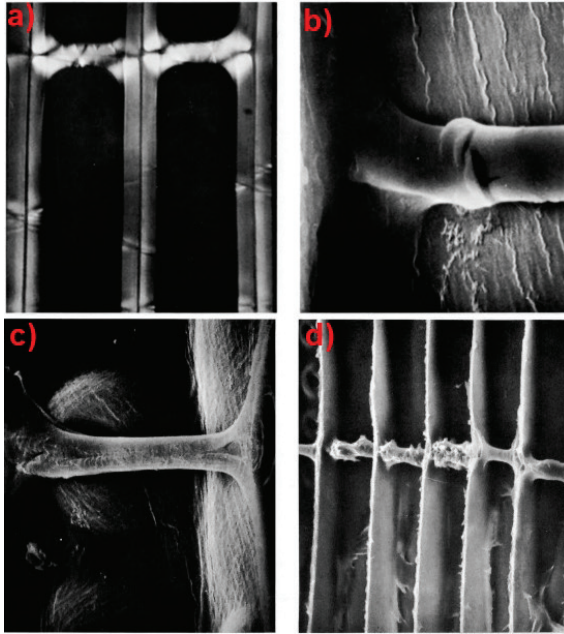
ospermilerin odun mikroyapılarında meydana gelir ki radyal kesitteki görünüşlerine tüm odun anatomistleri aşinâ olmuşlardır. Daha önce belirtildiği gibi trabeküleler genellikle hücre lümenleri boyunca bir teğet çeperden diğerine radyal yönde uzanan çubuk veya makara benzeri yapılar olarak tanımlanırlar (Keith, 1971; Yumoto, 1984; Milanez ve ark., 2017). Böyle bir tanım IAWA (International Association of Wood Anatomists)'nın çok dilli sözlüğünde bulunmaktadır (1964). Bir trabekülenin bileşimi, esasen parçası olduğu hücre çeperlerinin bileşimleriyle aynıdır (Keith, 1971). Veymut çamında (*Pinus strobus* L.) bir dizi yaz odunu tabakası traheidini geçen tipik bir trabeküle dizisine rastlanmıştır. Trabeküleler, traheidlerin teğet çeperleriyle temas ettikleri uçlara doğru çaplarında ani bir artış gösterirler (Şekil 2a). Trabekülelerin bu bölgesinin daha yakından incelenmesi, uçların simetrik bir huni benzeri konfigürasyonda genişlemediğini ancak traheid çeperi ile yapısal sürekliliğe sahip görünen iki veya daha fazla kök benzeri çıkıntıdan oluştuğunu ortaya koymaktadır (Keith, 1971). Bahsedilen çalışmada gözlemlenen trabekülelerin içlerinin boş olmadığı görüldü. Teğet orta lamel ile görünüşte süreklilik gösteren ve teğet orta lamele benzeyen materyalin trabekülenin merkezi çekirdeğini çevreleyen hücre çeper maddesinin bir parçası veya yapı iskeleti olduğu görülmüştür (Keith, 1971). Merkezi çekirdeği çevreleyen bölge hücrenin sekonder çeperiyle yapısal bir sürekliliğe sahiptir (Şekil 2b) (Keith, 1971; Butterfield ve Meylan, 1972; Butterfield ve Meylan, 1980).



Şekil 2. *Cryptomeria japonica* (L.f.) D. Don'da (Taxodiaceae) odun mikroyapısında sadece bir traheidden geçen normal bir trabeküle. İnce siğil tabakasına ve çukur açıklığına dikkat edilmelidir. Radyal kesit X 2200 (a), *Knightia excelsa* R.Br. (Proteaceae) odun mikroyapısında ince bir dış tabaka ile kaplanmış olan S_2 tabakasına benzeyen ve daha kalın bir çeper materyal tabakası ile çevrelenen merkezi bir çekirdekten oluşan üç tabakalı yapıya sahip bir trabeküle, Enine kesit X 11000 (b) (Butterfield ve Meylan, 1980).

Butterfield ve Meylan (1980), trabekülelerin gözlemlendiği numuneleri asidik sodyum klorit (NaClO_2) gibi bir delignifiye edici ajanla ekstrakte ettiklerinde daha önce içlerinin boş olmadığı tespit edilen trabekülelerin merkezi çekirdeğinin içindeki dolu kısmın çözünerek uzaklaştığını geriye

içi boş bir yapının kaldığını gördüler. Bu da delignifiye edici ajanlarla içi boşaltılan trabeküle merkezi çekirdeğinin tıpkı orta lamelin merkez kısmı gibi ligninden ibaret olduğunu göstermektedir. Çeşitli histokimyasal boyama teknikleriyle yapılan gözlemlerin tümü, trabekülelerin bileşimlerinin bu yorumunu doğrulamaktadır. Bir trabekülenin hücre çeper materyalinin teşekkülü henüz net değildir. Polarize ışık mikroskobu incelemeleri selülozun baskın (tek başına değilse de) yönelim yönünün esasen trabekülenin uzun eksenine paralel olduğunu göstermektedir. Bu görüş, boyuna hücre çeperlerinde oluşana her bakımdan benzerlik gösteren trabekülelerde nadiren meydana gelen kayma çizgileri ve sıkışma çatlakları ile desteklenme eğilimindedir (Keith, 1971; Ohtani, 1977; Butterfield ve Meylan, 1980) (Şekil 3a ve b). Öte yandan, bazı trabeküleler özellikle delignifiye edici ajanlar ile ekstraksiyon işlemini takiben uzun eksene dik olarak yönlenmenin tüm belirtilerini gösterirler (Şekil 3c). Bu hususun şu anda gelişmekte ve ilerlemekte olan transmisyon elektron mikroskobu (TEM) kullanımı ile trabekülelerin ultra ince kesitlerinin hazırlanması ve incelenmesiyle açıklığa kavuşturulacağı umulmaktadır. Trabeküleler genellikle gövde boyunca radyal/yatay bir yön izleme eğiliminde olsalar da, tam olarak düz ve doğrusal çizgiler halinde bir düzleme sahip olmadıkları açıktır (Şekil 3d). Trabekülelerin hücreden hücreye hizalanarak dizilişinde sapmalar meydana gelir ve bu sapmalar yatay ve/veya dikey düzlemlerde olabilirler. Ayrıca trabekülelerin çapları hücreden hücreye değişiklik gösterebilir ve tüm trabekülelerde tipik-olağan çubuk veya makara şeklindeki yapılar değildirler. Bahsedilen çalışmada incelenen birkaç tür anormal şekle sahip trabekülede dikkat çekmiştir. Her ne kadar anormal şekilli trabekülelerin varlığı daha önceleri bildirilmiş olsa da (Hale, 1951) bu anomalilerin kökenleri ve yapıları hakkında ciddi bir bilgi eksikliği vardır (Keith, 1971). Mevcut çalışmada sadece IAWA tanımına uygun olan normal çubuk veya makara şeklindeki trabekülelere odaklanılmıştır. Anormal şekilli veya yapıli trabeküle benzeri ya da trabeküllerle ilişkili yapılar bir başka çalışmanın konusu olacaktır.



Şekil 3. Ak ladin (*Picea glauca* (Moench) Voss) odunu mikroyapısındaki trabeküleler traheid hücre çeperlerindeki sıkışma bozukluklarına benzer kayma çizgileri gösteriyor. Polarize ışık mikrografi X 1000 (a), sıkışmadan kaynaklı kayma alanı içeren bir trabekülenin SEM mikrografi. X 5800 (b), enine mikrofibril yöneliminin bazı belirtilerini gösteren, delignifiye bir trabekülenin merkezi bölgesinin SEM mikrografi. X 2600 (c) ve gövde boyunca tam olarak düz ve doğrusal çizgiler halinde bir düzleme sahip olmayan trabeküle dizisine ait SEM mikrografi. X 650 (d) (Radyal kesitler) (Keith, 1971).

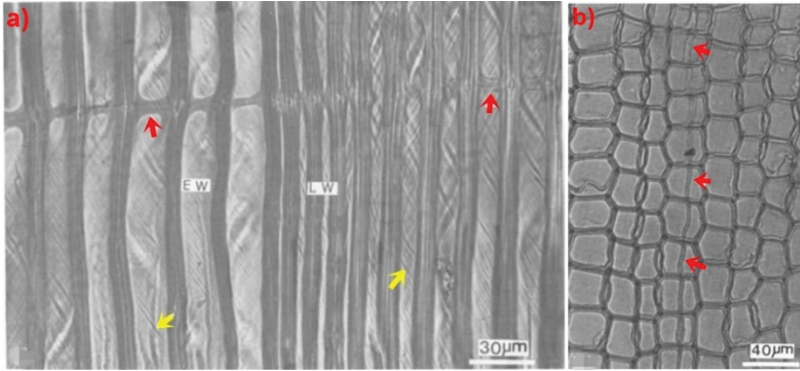
Yumoto (1984) atfen Raatz (1892)'nin çalışmasında *Pinus sylvestris*'te bir reçine kanalı dokusunun etrafındaki parانشim hücrelerinde trabekülelerin tabanında hücreler arası boşlukların oluştuğunu bildirdiğini belirtmiştir. Meylan ve Butterfield (1973b) Yeni Zelanda'ya özgü Proteaceae familyasının bir üyesi olan *Knightia excelsa* R. Br. ağaç türü odununun trahe hücrelerinde trabekülelerin mevcut olduklarını hücre lümenini geçerek geçitli bir çeperle buluştukları yerde genişlemiş haldeki tabanlara sahip olduklarını, bazı trabekülelerin ise geçitsiz çeperlerden çıkıntı yaptıklarını ve genişlemiş tabanlara da sahip olmadıklarını ifade etmişlerdir. Meylan ve Butterfield (1973a) çalışmasında *Fuchsia excorticata*'nın bir trahe elemanında püsküllü geçit gibi bir yapıya sahip bir trabeküle rapor etmiştir. Geçit açıklığının etrafındaki püsküller net olarak **görselleştirilebildiğinden** ilgili trabekülenin açık bir şekilde püsküllü bir geçite sahip olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca, trabekülelerin geç dondan etkilenen erken ilkbahar odunu tabakası ile jeotropik (yerçekimine karşı büyüme tepkisi) uyarımın kesintiye uğramasıyla oluşan basınç odunundan normal oduna geçiş bölgesinde sayıca daha fazla trabeküle ve onlara ilişkin yapıların olduğu belirtilmiştir (Yumoto, 1984) .

Patel (1973) Winteraceae ailesine ait odunsu çalılar olan *Pseudowintera axillaris* J. R. et G. Forst. (Dandy), *P. colorata* (Raoul) Dandy ve *P. traversii* (Buchan.) Dandy ağaç türlerine ait odunların anatomik özelliklerini belirlemeye çalışmıştır. Bu çalışmada *P. colorata* türünün iki adet parانشim strendinde trabekülelerin olduğu kaydedildi. Strand parانشiminin her iki tarafındaki her bir traheidde de kesik veya kopuk halde bir trabeküle gözlenmiştir. Strand parانشim hücrelerindeki trabekülelerin traheidlerde bulunanlara nazaran daha ince oldukları ve teğet çeperlerle temas halinde oldukları uç kısımlarda ise daha geniş oldukları ifade edilmiştir. Patel (1973) atfen Tsoumis (1968) İYA traheidlerinde bulunan trabekülelerde hücrelerin teğet çeperleriyle birleşme noktasına doğru trabekülelerde bir genişleme olduğunu bildirmiştir. Bununla beraber spiral kalınlaşmalar ve trabekülelerin nadiren görüldüğü ifade edildi. *P. colorata* türünde birbirine komşu 4 traheidden geçen trabekülelerin birbirlerine eşit olmayan radyal yöndeki lümeni geçiş mesafelerinden bahsetmiştir. İYA'lardakine benzeyen trabeküleler bazen *Pseudowintera* traheidlerinde de bulunurlar. Trabeküleleri İYA'ların traheidleriyle özdeşleştirmek ve ilişkilendirmek genel bir uygulama haline gelmiştir (Patel, 1973). Hale (1923) trabeküleleri *Alnus oregana* Nutt. türünün hem traheidlerinde hem de boyuna parانشim hücrelerinde tespit etmiştir. Thompson (1912) ve Patel (1962) bir gymnosperm olan *Efedra*'nın çeşitli türlerinin traheidlerinde ve trahelerindeki trabeküleleri tanımladılar. Bu nedenle trabekülelerin literatürde belirtilenden daha geniş bir dağılıma sahip olduğu görülmektedir (Patel, 1973). Trabekülelerin çok çeşitli angiosperm ve gymnosperm ağaç odunlarının lif hücrelerinde, trahe elemanlarında ve boyuna parانشim hücrelerinde gözlemlendiği rapor edilmiştir (Butterfield ve Meylan, 1972).

Yumoto (1984) atfen Yumoto ve Ohtani (1981) çalışmalarında SEM, PLM ve SEM-UVM kombinasyon yöntemiyle basınç odunu traheidleri içerisindeki çubuk benzeri trabeküleleri incelemişler ve trabekülelerin konak hücre çeperleriyle aynı tabakalardan oluştuğu, merkezi çekirdeğin ise orta lamelden biraz farklı bir doğal yapı gösterdiği sonucuna varmışlardır. Balbach (1939), trabekülelerin çeperlerinin çok az ligninleşmiş olduğu ve merkezi çekirdeğin lignin içermediği dahası asma ağaçlarının taze materyalleri üzerinde yapılan detaylı gözlemlere dayanarak da doğal yapısının sakızimsı olduğu sonucuna varmıştır (Yumoto, 1984).

Lee ve Eom (1988) çalışmalarında Kore çamının (*Pinus koraiensis* S. et Z.) basınç odunu içeren dal odunu örnekleri üzerinde basınç odunu ve karşı odun mikroyapısındaki farklılıkları ortaya koymak amacıyla anatomik karşılaştırmalar yapmışlardır (Şekil 4). Bahsedilen çalışmada Kore çamının normal odun kısmında belirlendiği gibi hem karşı odun hem de basınç odunu kısımlarının öz ışını parانشim hücrelerinde, trabekülelerinde ve boyuna reçine kanallarının etrafındaki strand traheidlerinde gözle

görülmeyen nodüler uç çeperler ve dişçikli yapılar bulundu. Lee ve Eom (1988) atfen Yumoto ve Ohtani (1981)'in çalışmalarındaki basınç odununda bulunan trabekülelerdeki spiral kıvrımların varlığının trabekülelerin içinde veya üzerinde yer aldığı konak hücrelerle bu trabekülelerin aynı hücre çeper tabakalarından oluştuğu sonucunu gösterdiğini ifade etmişlerdir.



Şekil 4. Basınç odununun hem ilkbahar (EW; Earlywood) hem de yaz odunu (LW; Latewood) tabakalarındaki trabeküleler (kırmızı oklar) ve helikal kalınlaşmalar (sarı oklar) (Radyal kesit) (a) ile karşı odun kısmında gözlemlenen trabeküleler (kırmızı oklar) (Enine kesit) (b) (Lee ve Eom, 1988).

Luchi (2003) çalışmasında Euphorbiaceae familyasına ait *Croton urucurana* Baill. ve *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. ağaç türlerinin odunlarındaki farklı gelişim aşamalarını inceleyerek bir hücre çeperini karşıdaki diğer çepere doğru delen trabekülenin merkezi çekirdeğinin çözünmesini dikkate alarak delinip geçilen (transpirsing) bölgelerin kökenini anlamaya çalışmıştır. Bu delip geçmenin tamamen gelişmiş olan hücrelerden kaynaklı olabileceğini ve “transpirsing bölgesi (transpiercing region)” teriminin yeterli ve kullanışlı olduğunu bu yüzden de mutlaka literatürde kullanılması gerektiğini önermiştir. Luchi (2003) atfen Gomes ve ark., (1988)'in Brezilya çamı (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze) odunundaki trabeküleler ve onlarla ilişkili yapıları incelerken anormal bir özellik olarak gördükleri ve delinip geçilen traheidler (transpierced tracheids) olarak adlandırdıkları durumu gözlemlediklerini ifade etmiştir.

Eom ve Kwon (2009) taksonomik bilgi sağlayabilmek amacıyla 8 adet Kuzey Amerika göknar türünün anatomik karşılaştırmasını yaptılar. Doğu (Balsam göknarı; *Abies balsamea* (L.) Mill. ve Fraser göknarı; *A. fraseri* (Pursh.) Poir.) ve batı (Pasifik gümüş göknarı; *A. amabilis* Dougl. ex Forbes, gümüş göknar; *A. alba* Mill., **Büyük sahil göknarı**; *A. grandis* (Dougl. ex D. Don) Lindl., Alpin göknarı; *A. lasiocarpa* (Hook.) Nutt, Kaliforniya kızıl göknarı; *A. magnifica* A. Murr., **Kızıl göknar**; *A. nobilis* (Dougl. ex D. Don) Lindl. (= *A. procera* Rehd.)) türlerinin odun örnekleri

IAWA komitesinin (2004) raporuna ve kriterlerine göre SEM ile incelenmesi neticesinde traheidlerin radyal çeperlerinde crassule oluşumları ve traheid lümenini radyal yönde geçen trabeküleler gözlemlemişlerdir. Araucariaceae haricindeki İYA odunlarının genelinde crassulae oluşumunun yaygın olmasından dolayı bu özelliğin tanısıl bir değere sahip olmadığını bununla beraber gymnospermlerin herhangi birinde trabeküle oluşumunun gözlemlenebileceği durumu nedeniyle yine bu özelliğin de tanısıl değere sahip olmadığı ifade edilmiştir (Eom ve Kwon, 2009).

Trabekülelerin oluşum nedenleri

Trabekülelerin muhtemelen canlı hücreyi kat eden ince bir filament etrafında biriken hücre çeper materyallerinden yani kambiyum kaynaklı olduğuna inanılmaktadır. Bu teori görünüşe göre ilk ince filamentin kökenini kambiyumdaki mantar hüflerinin varlığına bağlayan Hale (1923) tarafından ileri sürülmüştür. Hale, hücre çeper materyalinin kambiyumdaki bir mantar filamenti etrafında birikmesinin bu yapının da kambiyal hücrelerden gelişen bir dizi hücrede devam etmesine neden olabileceğini öne sürüyor. Mantar teorisi, trabekülelerin genellikle belirli yapısal anormallikler (kuşgözü odun kusuru, yıllık halka depresyonları ve anormal derecede büyük ve geniş yatay reçine kanallarının oluşumu) ile ilişkili olduğu bununla beraber de enfeksiyona maruz kalan kambiyumdaki yaralanmaların varlığıyla ilişkili olabileceği durumuyla desteklenir (Keith, 1971). Keith (1971) atfen Hale (1951) tarafından belirtildiği gibi trabekülelerin bir dizisinin birkaç yıllık halka boyunca uzanabileceği açıktır. Kambiyum içindeki nedensel mekanizma görünüşe göre aktivitesine bir veya daha fazla dinlenme (dormansi) periyodundan sonra kaldığı yerden devam edebilir.

Trabekülelerin oluşumuyla ilgili ikinci bir teori ise, trabekülelerin aktif kambiyumdaki düşük sıcaklıkların etkisiyle, muhtemelen ilkbahar ve yaz sonundaki geç ve erken donların etkisiyle başladığını öne sürer (Butterfield ve Meylan, 1980). Bu olası nedensel veya oluşumsal faktörlerin hiçbiri doğrulanmamıştır ve muhtemelen başka açıklamalar yapmak da mümkündür. Örneğin; hücre levhasının-plağının bir noktada bir yan çeperle kaynaştığı şekilde ya fuziform (iğimsi) inisyal ya da ksilem ana hücrelerinde bir periklinal bölünme, hücrelerin radyal genişlemesinin ardından bir dişi-yavru hücrede bir çubuk üretebilir. Böyle bir çubuk ile bir ksilem ana hücresinde tekrarlanan periklinal bölünme, daha sonra bu anormalliği radyal bir hizada bir dizi hücrede devam ettirecektir (Butterfield ve Meylan, 1980).

Yukarıda bahsedildiği gibi trabekülelerin morfolojik olarak kambiyal aktivitede bir bozukluktan kaynaklı tamamlanmayan hücresel bölünmelerin anomalilerinden olduğu veya Hale (1923)'ün belirttiği gibi mantarsal hüflerin çevresinde çeper materyalinin depolanması neticesinde teşekkül

ettiği düşünülmektedir (Milanez ve ark., 2017). Diğer bir hipoteze (Werker ve Baas, 1981; Grosser, 1986) göre de afidler (yaprak bitleri), virüsler (Hoefert ve Gifford, 1967) bununla beraber don (Petri, 1912c; Jöhnssen, 1933; Fuess ve Schneiders, 1935; Müller-Stoll, 1965), yaralanma, dejenere mitoz (Bode, 1937), çevresel stres (Werker ve Baas, 1981; Grosser, 1986) ve açıkça belirtilmemiş iklimatik faktörler (Raatz, 1892) trabekülelerin oluşumunu tetiklemiş olabilir (Yumoto, 1984; Milanez ve ark., 2017; Troncoso ve Greslebin, 2018). Toprak özelliklerinin odun oluşumunu dolaylı olarak etkilediği bilinmesine rağmen, toprak özelliklerinin trabekülelerin oluşumları üzerindeki etkilerine ilişkin hipotezler henüz ortaya konmamıştır (Milanez ve ark., 2017).

Yumoto (1984), tüm bulgu ve delillerin kapsamlı bir analizine dayanarak bu hipotezlerin hücre bölünmesindeki bozulmalarla açıklanabileceği sonucuna varmıştır ve trabekülelerin oluşum nedeni olarak da anormal hücre bölünmelerini belirtmiştir. Yumoto bu çalışmasında, donun, mantar enfeksiyonunun, tümörlerin, urların ve yaraların neden olduğu anormal dokular arasındaki benzerliğe dikkat çekerek hipotezini destekledi. Tüm bu anormal dokular trabekülelerin oluşumuyla ilişkilidir. Grosser (1986) tesadüfen trabekülelerin yaralı odunda ve basınç odusunda normal sağlıklı kusursuz oduna nazaran daha yaygın olduğunu tespit etti. Ayrıca, Grosser (1986) trabeküle gelişiminin hücre bölünmesi esnasında kambiyal hücrelerin kısmen çökmesiyle yakından ilişkili olan hücre bölünmesindeki bozuklukların bir sonucu olduğu yargısına varmıştır. Fuziform inisyallerinin normal bölünmelerinde de düzensizlikler olabileceğinden dolayı trabeküleler normal odunda da oluşabilirler. Ancak stresli veya yaralı ağaçların odunlarında daha sık görülürler. Yumoto (1984) ve Grosser (1986) trabekülelerin çoğalmasının ve yaygınlaşmasının odunda meydana gelen hastalığa veya zarara karşı bir yanıt olarak ortaya çıktığını, ancak trabeküle oluşumunu indükleyen mekanizmanın henüz açıklığa kavuşmadığını ileri sürmüşlerdir. Vélez ve ark., (2012) *Phytophthora austrocedri*'nin etki mekanizmasının ilgili patojen tarafından salgılanan ve aşırı duyarlı bir reaksiyonu tetikleyebilecek protein efektörlerinin katılımından kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. Patojen tarafından salgılanan efektörlerin trabekülelerin oluşumunu uyarmakla ilgili olası ilişkisi gelecek çalışmalarda ele alınması gereken bir konudur. Ayrıca, patojenin sekretom profilini (patojen tarafından ortama salınan faktörler) ve istila, kolonizasyon ve ağaç fizyolojisi üzerindeki etki mekanizmasının tamamını belirlemek için de daha fazla çalışma gereklidir.

Trabekülelerin ubikuitöz (aynı anda birden fazla yerde olan ve bulunan) doğası yani; yapraklarda, yaprak saplarında, özde ve ağaç kabuğunda (Petri, 1913; Schneiders, 1934 ve 1938) trabekülelerin oluşuyor olması, tüm bu organ ve dokularda ortak olan hücre aktivitesi veya aktiviteleriyle

ilişkili olabileceğini akıllara getirmektedir. Hücre bölünmesi, meristematik dokuların ortak aktivitelerinden biridir (Yumoto, 1984). Bode (1938), bir dokudaki trabekülelerin yönelimlerinin dokuda belirlenen iğ ekseninin yönelimine paralel olduğunu bildirmiştir. Bu aynı zamanda trabeküler oluşumun bir nedeni olarak anormal hücre bölünmesi olasılığını da desteklemektedir. Daha önce belirtildiği gibi, trabekülelerin odun mikroyapısında artmasının sebebini belirli hastalıkların enfeksiyonuna ve düşük sıcaklığın etkisine bağlı uyarılma neticesinde meydana gelen yaralar, mantar galeri ve kanser oluşumlarının uyarıcı etkilerinin neden olduğu anormal hücre bölünmeleriyle açıklamak mantıklı görünüyor. Şu var ki, trabeküleler ve trabekülelerin homolog yapıları bahsedilen hastalıklı veya zarar görmüş dokuların dışındaki tamamen normal olan dokularda da oluşturulabilirler. Bu durum trabekülelerin sadece anormal hücre bölünmesi kaynaklı olabileceği ihtimalini düşürmektedir. Fakat bitki dokularında anormal hücre bölünmelerinin meydana gelmesinin çok da nadir olmadığı ve yalnızca dış kaynaklı bir etmene (enfeksiyon, yaralanma, mantar vb.) bağlı olarak gerçekleşmediği varsayılır. Düşük sıcaklık ve mantarların ya da diğer patojenlerin istilasının niçin anormal hücre bölünmelerine ve hücrelerin yapısal anormalliklerine neden olduğu? Sorusu için bir ipucu hücre biyolojisindeki son gelişmelerde aranabilir. Bilindiği gibi hücre bölünmesinde, hücre çeperi oluşumunda ve hücre şeklinin belirlenmesinde birçok önemli role sahip olan mikrotübüller sıcaklığa karşı duyarlıdır. Bu nedenle, mikrotübüller kısmen yok edilirse veya sistemleri soğuk bir muamele ile bozulursa anormal hücre bölünmeleri, düzensiz hücre çeper birikmesi ve deforme olmuş hücre şekillerinin kolayca meydana gelmesi beklenir. Bu durumların tümü soğuktan veya dondan etkilenmiş dokularda gözlemlenmiştir. Yani soğuk bir muamele işleminin trabekülelerin ve onların homolog yapılarının oluşumuyla ilişkili mikrotübül sisteminin bozulmasına sebep olacak olan anormal yapısal özellikleri uyandırmış olabileceği düşünülebilir. Ayrıca, iğ aktivitesi ve sitokinez çeşitli ajanlar tarafından inhibe edilebilirler. Bakteri enfeksiyonunun neden olduğu polipoid oluşumu (çok kromozomlu yapı) ve mitozun inhibisyonu bazı araştırmacılar (Wipf ve Cooper, 1940; Cebrat ve ark., 1972) tarafından rapor edilmiştir. Bu nedenle yaralanma, enfeksiyon veya üşümenin neden olduğu bazı fizyolojik değişikliklerin belirli kimyasal ajanların üretilmesine sebep olarak normal hücre bölünmelerini bozması da mümkün olabilir. Düşük sıcaklık veya enfeksiyonların neden olduğu anormal hücre bölünmesinin, kambiyal hücrede genetik değişikliklere yol açtığını, bunun aracılığıyla da ilk hücre bölünmesinde başarısız olma eğilimine girdiğini ve böylece trabeküleleri ve onların homolog yapılarını oluşturduğunu düşünmek de oldukça mantıklı gibi görünüyor. Tüm bu açıklamalara rağmen trabekülelerin ve onların homolog yapılarının anormal hücre bölünmelerine bağlı olarak nasıl oluştuğu? Sorusu hâlâ cevaplanmayı bekliyor. Konunun çözümü için özellikle

trabekülece zengin olan bölgelerde anormal hücre bölünmelerinin meydana geldiğine dair daha fazla kanıtı ihtiyaç vardır (Yumoto, 1984).

Yumoto (1984) atfen Sanio (1873-1874) *Pinus sylvestris* üzerinde yaptığı bir çalışmada trabekülelerin selülozik bir yapıya sahip olduğunu ve kambiyumdan köken aldıklarını ve bunların hem dışa hem de içe doğru radyal yönde uzandığını bazen de birkaç yıllık halkanın ötesine kadar uzanabildiğini bildirmiştir. Yumoto (1984) atfen Müller (1890), 28 adet İYA üzerinde yaptığı çalışmada odun mikroyapısındaki trabekülelerin ve konak hücre çeperlerinin floroglusinol-Hel, çinko-klor-iyodür ve H_2SO_4 -anilin ile aynı kimyasal reaksiyonları ve polarize mikroskop altında aynı optik reaksiyonları gösterdiğini ifade etmiştir. Müller, ilgili çalışmada trabekülelerin kambiyal hücrelerin radyal çeperlerinin kıvrımlarından kaynaklandığı sonucuna varmıştır. Radyal çeper kıvrımının İYA'ların ortak bir özelliği olduğunu ve kambiyal hücrenin uç büyümesi yoluyla kolayca oluşturulabileceğini ve kıvrımların kalas benzeri yapılara veya kıvrımların temel kısmının absorpsiyonu vasıtasıyla trabekülelere başkalaşabileceğini belirtmiştir. Strasburger (1891) trabekülelerin oluşumunda mekanik faktörlerin rol oynadığını ve bunun ağaç gövdesine mekanik bir basınç uygulanması neticesinde ispatlanabileceğini belirtmiştir (Yumoto, 1984).

Bir İtalyan bilim adamı olan Petri (1911, 1912a, b) İtalyanca'da "arricciamento" adı verilen bir hastalık tarafından enfekte olmuş asma ağaçlarında ilk olarak trabeküleleri gözlemledi ve bunların ortaya çıkışını hastalığın karakteristik bir özelliği olarak gördü. Bu hastalık üretimde ciddi bir düşüşe neden olduğundan ve kesin tanı belirteçlerinden yoksun olduğundan trabekülelerin oluşumunun hastalığın karakteristik bir belirtisi olup olmadığı bir problem haline gelmiştir (Yumoto 1984). Ancak, Yumoto (1984) atfen Mameli (1913, 1916a, b) sağlıklı asma ağaçlarında da trabekülelerin meydana geldiğini ve diğer 19 dikotiledonda da (örneğin; *Populus nigra*, *Acer tataricum* ve *Castanea vesca*) trabekülelerin oluştuğunu bu yüzden de hastalığın enfeksiyonu ile trabekülelerin oluşumu arasındaki nedensel ilişkiyi reddettiğini belirtmiştir. Diğer taraftan Petri (1912c)'ye göre trabekülelerin başlangıç evrelerindeki kambiyal hücreler genellikle normal olanlardan farklıdır ve parlak ışık halkalarıyla çevrili ve bazen dağınık kromatin gösteren düzensiz formda bir veya iki çekirdeğe sahiptirler. Petri, kambiyal hücrenin çekirdeğinin yakınında yer alan ve hemotoksilen ile kuvvetli bir şekilde boyanmış olan bir cisim bulmuş ve ona "ekskresyon (salgı veya boşaltım) gövdesi" adını vermiştir. Teğet çeperleri kaplayan plazma zarları ile bu salgı gövdesinin bileşke teması neticesinde gövde çapının çoğalmasıyla trabekülelerin oluştuğunu düşünmüştür. Petri, geç don olayının trabekülelerin oluşumu üzerinde uyarıcı bir etkisi olduğunu bulmuştur (Yumoto, 1984).

Asma ağaçlarının öz kısmında, kabuğunda, yapraklarında ve epider-

misinde trabekülelerin olduğu Petri (1913) tarafından rapor edilmiştir. Yumoto (1984) atfen Schneiders (1934, 1937, 1938) trabeküle oluşumunun sadece enfeksiyon tarafından uyarılma neticesinde meydana geldiğini düşünmüş ve enfeksiyonun şiddeti ile trabekülelerin sıklığı ve çokluğu arasında kesin bir ilişki olduğunu iddia etmiştir. Diğer birçok GYA türünde (çoğunlukla meyve ağaçları), bir İYA'ta ve patates saplarında da trabekülelere rastlanmış olsa da bu bitkilerinde enfekte olmuş olabileceğini düşünmüştür. Bununla birlikte diğer araştırmacılar enfekte olmayan asma **ağaçlarında** (Kroemer ve Moog, 1936) ve diğer bitkilerde de (birçok meyve ağacı ve İYA'lar da dahil 18 türde Kroemer ve ark., 1936, 7 adet otsu bitkide Bärner, 1937) trabeküleler buldular (Yumoto, 1984).

Prince (1934) çalışmasında Engelman ladinini (*Picea Engelmanni*, Engelm.) ve ak ladin veya Kanada ladininde (*Picea glauca*, Voss) karşılaşılan odun mikroyapısında büyük ölçüde genişlemiş olan yatay reçine kanallarının varlığına yönelik anormal bir karakteri tanımlamaya çalışmıştır. Bu anormal kanalların bazılarının boyutları o kadar büyüktür ki, odun örneklerine ait teğet yüzeylerin görsel olarak incelenmesiyle bunların varlığı kolayca tespit edilebilir. Çoğu durumda kanallar meşe ağacının en geniş gözenekleri kadar, hatta onlardan daha büyük görünürler. Odunun teğet kesitlerinde yapılan mikroskobik incelemeler genişlemiş olan kanalları doğrudan doğruya çevreleyen alanın bir şekilde bozulduğunu, komşu tracheid çeperlerinin sıkıştırıldığını ve olağan hizalarından çıkmaya zorlandığını gösteriyor. Radyal kesitlerde Sanio'nun trabekülelerinin genişlemiş olan bu kanalların çevresinde dağılmış ve genellikle birkaç dizi halinde oldukları anormal odunda çok sık karşılaşılan bir durumdur. Sedirde yaralanmalardan sonra oluşan travmatik reçine kanalları genellikle Engelman ladininde belirtilen anormal kanallara çok benzemektedir. Engelman ladininin genişlemiş olan kanallarının mantar kökenli olabileceğine dair kanıt anormal bölgelerde bulunan Sanio'nun trabekülelerinin varlığı ile ileri sürülmüştür. Daha önceleri de belirtildiği gibi, Yumoto (1984) atfen Hale (1932)'ye göre Sanio'nun trabekülelerine kambiyal mantar aktiviteleri neden olur ve uzun radyal dizilerde odun hücre elemanlarının lümenlerini geçen çubuk benzeri yapıların akçaağaç ve diğer GYA'lardaki kuşgözü kusur oluşumlarının bununla beraber Sitka ladinini (*Picea sitchensis*) ve diğer İYA'ların "ay çizikleri" diye adlandırılan yapının da mantarsal orjinli olduğunun önemli bir kanıtı olarak ileri sürülmüştür. Trabekülelerin sık görülmesi ve anormal kanalların kambiyum dokusunda ipliksi (filamentsi) bir mantarın bulunması bu durumun mantar aktivitesinden kaynaklandığına dair ek kanıtlar sağlıyor gibi görünmektedir (Prince, 1934).

Yumoto (1984) atfen Bode (1937), asma **ağaçlarının** kambiyumunda trabekülelerin gelişimleri üzerindeki gözlemlerden trabekülelerin oluşumunun anormal hücre bölünmesi dejenerasyonunun bir neticesi olduğu

sonucuna varmıştır. Bode, trabekülelerin yönelimlerinin her zaman her bir üyede belirlenen iğ ekseninin **yönelimiyle çakıştığını bildirmiştir**. Yani; epidermiste yüzeye paralel, kabuk paraşiminde rastgele, ksilem ve iç kabukta uzun eksene dik ve öz kısmı için ise eksene paralel olduğunu vurgulamıştır. Yumoto (1984) atfen Balbach (1939), trabekülelerin özellikle merkezi çekirdek kısmının kimyasal yapısını incelemiş ve trabekülelerin hücre çeperlerinin selülozik lamellerinden oluştuğu ve merkezi çekirdeğin görünüşte benzer olduğunu fakat orta lamelden esasen farklı olduğu ve yapışkan veya sakızımsı bir yapıda olduğu sonucuna varmıştır. Trabeküllerle ilişkili yapılarında benzer olduğu fakat oluşum nedenlerinin de farklı olduğu rapor edilmiştir (Yumoto, 1984). Yumoto (1984) atfen Hale (1935) tipik trabeküle formunun çeşitli derecelerde çarpık şekiller meydana getirmesine ve parçası oldukları hücrelerin çeperlerine benzer malzemelerden oluşmasına rağmen yuvarlak enine kesitinin içi boş bir çubuk olduğunu belirtmiştir. Hale (1935), trabekülelerin genellikle kuşgözü yapıları, anormal derecede büyük reçine kanalları ve ayrıca kambiyumun mantar enfeksiyonuna maruz kaldığı yaraların varlığı gibi belirli yapısal anormalliklerle ilişkili görüldüğüne dikkat çekmiştir. Trabekülelerin mantarsal kökenli olduğunu belirten ilk araştırmacı Jeffry (1917) olmasına rağmen Hale (1935) bu koşullara bağlı olaylardan yola çıkarak trabekülelerin kökenlerini büyüyen ve gelişen ağaçların kambiyumundaki ipliksi parazit yapıya bağlamıştır ve trabekülelerin filament üzerindeki çeper materyallerinin birikmesiyle oluştuğunu düşünmüştür (Yumoto, 1984).

Yumoto (1984) atfen Müller-Stoll (1965), Avrupa'nın çeşitli bölgelerinden odun örneklerini inceleyerek Alpler'in açıkta kalan bölgelerinden alınan odun örneklerinde trabekülelerin tercihlili oluşum gösterdiğini bulmuştur. Bahsedilen çalışmanın yarısını trabekülelerin morfolojisini ve oluşum modelini bir ışık mikroskopuyla inceleyerek açıklamaya ayırmıştır. Asma ağacı örneğinde olduğu gibi İYA'larda ve GYA'larda aralıklı veya aralıksız normal, kavisli, dallanmış ve kopuk formların meydana geldiği bildirilmiştir. Ayrıca trabekülelerin ortalama çaplarındaki ve İYA'lar ile GYA'lar arasındaki uzunluk ve sıklıklarındaki farklılıklara da dikkat çekmiştir. Bununla beraber trabekülelerin oluşumu ile geç don olayının neden olduğu histolojik anormallikler arasında yakın bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Düşük sıcaklığın trabekülelerin oluşumunda birincil rol üstlendiğini belirtmiştir (Yumoto, 1984).

Werker ve Baas (1981), trabekülelerin *Inula viscosa* ve *Salvia fruticosa* türlerinin sekonder dokularından meydana geldiğini bildirmişlerdir. Burada kenarlı geçitlere veya çeşitli açıklıklara sahip kalas biçimli trabeküller gözlemlendi. Onlar trabekülelerin odun mikroyapısında yaralanmalar sonucu meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Milanez ve ark., (2017), Brezilya'da mevcut besin maddeleri açısın-

dan son derece fakir olan ve yüksek oranlarda çözünebilir alüminyuma (Al) sahip olan distrofik (bataklık biçiminde ve besleyici özelliği bozulmuş su ortamı) ve asidik topraklarla karakterize edilen geniş bir tropikal savana olan Cerrado florasının önemli bir familyası olan Melastomataceae'nin bazı üyelerinin bünyesinde Al biriktiren bitkiler olarak tanımlandığını belirterek Cerrado'nun farklı ortamlarında yetişen 6 türün (*Miconia albicans*, *M. fallax*, *M. chamissois*, *M. ligustroides*, *Microlepis oleaeifolia*, *Rhynchanthera dichotoma*) odun anatomilerini inceleyerek Al birikme bölgeleriyle trabekülelerin oluşumları arasında bir ilişki olup olmadığını anlamaya çalışmışlardır. Yeni kesilmiş ağaç malzemedeki Al birikmesini tespit etmek için krom-azürol S ayracı kullanmışlardır. Bitki bünyesinde Al biriktiren familyalara ait birçok türün sekonder ksilem hücrelerinde trabekülelerin olduğunu belirterek (örneğin; Rubiaceae, Proteaceae, Violaceae (Butterfield ve Meylan, 1979), Celastraceae, Thymdaceae (Ohtani, 1977), Asteraceae (Werker ve Baas, 1981), Elaeagnaceae (Sanio, 1863; Werker ve Baas, 1981) ve Vochysiaceae (León, 2005), Melastomataceae familyasında bulunan Al biriktiren türlerde trabekülelerin varlığına dair raporların mevcut olmadığını ifade etmişlerdir. Milanez ve ark., (2017) yaptıkları bu çalışmada *Miconia*'nın (*M. albicans*, *M. fallax* ve *M. ligustroides*) trahe elemanlarındaki trabekülelerin yapılarını inceleyerek *Triticum turgidum* (Frantzios ve ark., 2001) bitkisinin kökündeki meristematik hücrelerin Al'dan etkilenen hücre çeperleriyle morfolojik açıdan önemli bir benzerlik bulmuşlardır. Bu hücrelerde Al mikrotübüllerin organizasyonunu etkileyerek çeperleri henüz tamamlanmamış çift çekirdekli hücrelerin oluşumuna neden olmuştur. Mevcut çalışmada Al'un meristematik hücre çeperlerinde (kambyal hücreler) ve ayrıca *Miconia*'daki (*M. albicans*, *M. fallax* ve *M. ligustroides*) farklılaşan trahe elemanlarının hücre çeperlerinde tespit edildiğini vurgulayarak oralarda aynı zamanda trabeküleler tespit edildiğini belirtmişlerdir. Odunda trabekülelerin oluşumu, fuziform inisyallerinin normal periklinal ve antiklinal bölümlerindeki düzensizliklere ve bunların türevlerinin farklılaşmalarına bağlanmıştır (Larson, 1994). Bu nedenle de trabekülelerin Al birikmesinden kaynaklı kambyal inisyallerinin düzensiz bölünmelerinin bir sonucu olduğunu öne sürmüşlerdir (Milanez ve ark., 2017).

Xiaozhou ve ark., (2017), Çin mantar meşesinin (*Quercus variabilis* Blume) (Fagaceae) kabuk hücre çeperlerinin yapısal ve mekaniksel özelliklerinin tespitine yönelik yaptıkları çalışmada FESEM (Field-emission scanning electron microscopy) yardımıyla ilk kez Çin mantar meşesinin kabuk dokusundan alınan enine ve radyal kesitlerde trabekülelere rastlamışlardır. Bu çubuk benzeri trabeküleler karşıdan karşıya hücre lümenini geçerek birkaç hücreye uzanabilmekle beraber hücre çeperine eklenti noktasında hafifçe genişleme göstermişlerdir. Trabeküleler hücre çeperle-

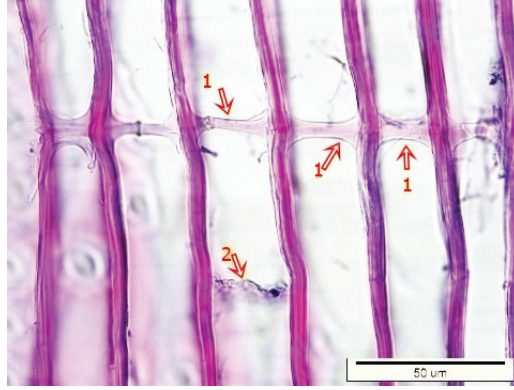
rinin uzantıları gibi görünüyordı. Bitki peridermindeki (yaşlı ve kalın bitkilerde kök ve gövdenin üzerini örten ölü koruyucu doku) trabeküleler hakkında ise nadiren raporlar hazırlanmıştır. Mantar kabuk hücrelerine gelince de bilindiği kadarıyla *Quercus suber* L.'nin fellemlerindeki trabeküleler hakkında sadece bir rapor hazırlanmıştır (Pereira, 1989). Ayrıca, trabekülelerin oluşum mekanizması hâlâ bilinmemektedir. Odun hücrelerinde trabekülelerin sekonder kambiyumdan kaynaklandığı düşünülmekteydi (Butterfield ve Meylan, 1979). Fakat mantar kabuk hücrelerinde de trabekülelerin gözlenmesi onların oluşumlarının mantar kabuk kambiyumundan kaynaklanabileceğini de akıllara getirmektedir (Xiaozhou ve ark., 2017).

Troncoso ve Greslebin (2018), ılıman Güney Amerika'daki Patagonya And dağları ormanında endemik bir tür olan Cupresaceae familyasına ait Patagonya dağ servisinin (*Austrocedrus chilensis*) ölümüne neden olan *Phytophthora austrocedri* (protist bir organizma) patojeninin odun dokusundaki kolonizasyon sürecini ve ağacın tepkisini daha iyi anlayabilmek için kolonizasyon sürecinden etkilenen dokuların anatomik bir incelemesini yapmışlardır. Bu toprak patojeni kökleri kolonize eder ve gövdeye kadar yayılarak kambiyum, floem ve ksilem öz ışıını paransiminin nekrozuna (doku ölümüne) neden olarak ağacı öldürür. Etkilenen ağaçların sekonder ksilemindeki traheidlerde hem çubuk hem de levha şeklinde çok sayıda trabeküle gözlemlendi. Bu yapıların oluşumunun nekrotik lezyon alanlarıyla açıkça ilişkili olduğu ifade edilmiştir. Çünkü trabekülelerin nekrotik lezyondan önce sağlıklı dokularda nadiren bulunduğu belirtilmiştir. Buradaki trabekülelerin farklı düzen ve dizilişlerde (tek veya uzun sıralar halinde ya da tekli, ikili veya üçlü halde bulunabilirler) meydana geldiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar *A. chilensis* ağaçlarının traheidlerindeki trabekülelerin artmasının *P. austrocedri* istilasından kaynaklanan stres tarafından indüklendiğini göstermiştir. Bu durumun spesifik olmayan bir stres tepkisi mi olduğu? Yoksa patojene karşı doğrudan bir tepki olarak mı tetiklendiği? Soruları hâlâ cevap beklemektedir. Çünkü *Phytophthora* cinsinin ksilemdeki etki şekli ve ağacın istilaya karşı olan tepkisi günümüzde dahi yeterince araştırılmamıştır. Parke ve ark., (2007) çalışmalarında *P. ramorum*'un ksilemi istila ettiğini ve radyal olarak yaklaşık 0.5 mm/gün hızla yayıldığını bununla beraber trahelerdeki tül oluşumuyla eş zamanlı gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. Collins ve ark., (2009) *P. ramorum* tarafından enfekte edilmenin tanoak (*Notholithocarpus densiflorus* (Hook. & Arn.) Manos, Cannon & S.H.Oh) olarak bilinen bir meşe türünün odun mikroyapısındaki trahelerde tül oluşumunu indüklediğini ve sonuç olarak da bu dokunun tıkanmasına neden olarak diri odun iletkenliğini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Meşe, çam ve Avustralya okaliptüs ağaç ksilemlerinin *Phytophthora* istilasıyla ilişkili olan kino damarları veya cepleri (kino veins), tül oluşu-

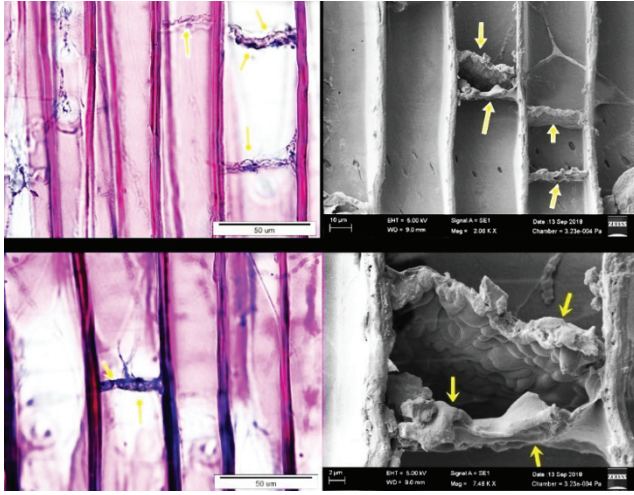
mu, yalıtkan odun, traheid kavitasyonu, kuru bölgeler ve reçineli bölgeler gibi bazı kusurlar bildirilmiştir (Tippet, 1986; Davison ve ark., 1994; Parke ve ark., 2007).

Trabeküleler ve onlarla ilişkili yapılar kötü kontrol edilen biyolojik süreçler tarafından oluşturulan bir tür anormal yapı olarak kabul edilirler. Bu durum trabekülelerin ve ilişkili yapıların oluşumlarının genetik olarak belirlenemediği ve kesin bir karara varılamadığı anlamına gelir. Bu noktada trabeküleler geçitler, perforasyon tablaları ve spiral kalınlaşmalar gibi çeper yapılarından temelde farklıdır. Trabekülelerin oluşumlarının genetik olarak açıklanamaması onların bitki dokularında hiçbir işlevinin olamayacağı ve neden oluştukları sorusunun da yanıtının olamayacağı sonucuna götürür (Yumoto, 1984).

Daha önce tek bir Doğu ladini tomruğu üzerinde gerçekleştirdiğimiz biyoteknolojik yöntemlerle emprenyesi güç ağaç türlerinin odunlarının permeabilitesini artırmaya yönelik çalışmamızda (Bakır ve ark., 2021), Yumoto (1984) ile Butterfield ve Meylan (1980) atfen bazı araştırmacıların (Jeffry, 1917; Hale, 1923, 1932, 1935 ve 1951) savunduğu gibi oluşumları hakkında henüz net bir bilgi olmayan trabekülelerin mantarsal kökenli olduğunu düşündürecek bazı mikrograflar elde edilmiştir (Şekil 5 ve 6).



Şekil 5. Boyuna traheidlerde gözlenen normal trabeküle oluşumu (1 nolu oklar) ve trabeküle oluşumunu andıran *P. vitreus* mantar hüflerinin oluşturduğu silindirik sarmallar (2 nolu ok) (Radyal kesit) (Bakır ve ark., 2021).



Şekil 6. Boyuna traheidlerde bir teğet çeperden diğerine çubuk şeklinde uzanan *P. vitreus* mantar hüflerinin oluşturduğu silindirik sarmallar (Bakır ve ark., 2021).

Şekil 6’da Doğu ladini odunu mikroyapısındaki boyuna traheidlerin içinde yer alan ve bir teğet çeperden diğerine çubuk şeklinde uzanan ve trabeküle oluşumunu andıran *P. vitreus* mantar hüflerinin oluşturduğu silindirik sarmallara ait ışık mikroskopu görüntüleriyle SEM ultra - mikrografları karşılaştırıldığında bu oluşumların *P. vitreus* mantar hüfleri tarafından oluşturulan bir hüf sarmalı olduğu anlaşılmaktadır. Delignifikasyon özelliği gösteren ve I. Tip beyaz çürüklük mantarı olan *P. vitreus*’un odun dokusunda meydana getirdiği degradasyon tiplerinin tespitine yönelik yapılan önceki çalışmamızda (Bakır ve ark., 2021), tesadüfen elde edilen bazı mikrograflardaki görüntüler de trabekülelerin oluşması veya çoğalması olayının bir kimyasal madde veya mantar kaynaklı salgılanan bazı maddeler tarafından uyarılma ya da karmaşık bir konak-parazit etkileşimi yoluyla gerçekleşmiş olabileceğini akıllara getirmiştir.

SONUÇLAR

Birçok trabeküle örneği odun hücrelerinde tanımlanmasına rağmen trabeküleler odun anatomisinin temel odak konusu olmayı bir türlü başaramamıştır. Trabekülelerin oluşum nedenleri literatürde geniş çapta tartışılmıştır. Ancak günümüzde dahi genel bir fikir birliği yoktur. Bu yüzden de trabekülelerin yapısı ve oluşumları hakkındaki bilgiler sınırlı olmakla beraber halen tartışma konusudur. Bu kapsamda, daha önce yayınlanan *P. vitreus* mantarının kullanılmasıyla gerçekleştirilen biyoteknolojik uygulamalarla emprenyesi güç ağaç türlerinin permeabilitesinin iyileştirilmesine yönelik çalışmamızda normal trabekülelere ve *P. vitreus* mantar hüflerinin oluşturduğu trabeküle benzeri bazı yapılara rastlanılması sonucu elde edilen mikrogram ve ultra – mikrogram görüntüleri (Şekil 5 ve 6) dikkate alın-

dığında oluşum sebebi hâlâ bilinmeyen trabekülelerin yapısının literatürde belirtildiği gibi mantarsal hüflerin çevresinde hücre çeper materyalinin birikmesi neticesinde teşekkül ettiği hipotezinin doğru olabilme ihtimalinin yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca trabekülelerin oluşumlarının tek bir sebepten kaynaklı olamayabileceği ihtimalide değerlendirildiğinde literatürde bahsedilen çok eski tarihli tüm hipotezlerin doğruluklarıyla ilgili son teknolojilerden faydalanılarak gerçekleştirilecek güncel çalışmalara ihtiyaç olduğu da bir gerçektir.

KAYNAKLAR

- Bakır, D., Dogu, D. ve Kartal, S.N. (2021). Anatomical structure and degradation characteristics of bioincised oriental spruce wood by *Physisporinus vitreus*. *Wood Material Science and Engineering*, Published online: 22 Aug 2021. DOI: 10.1080/17480272.2021.1964594
- Balbach, H. (1939). Untersuchungen über die Reissigkrankheit der Weinrebe. II. Der stoffliche Aufbau der Zellstäbe, mit besonderer Berücksichtigung des Zentralfadens. *Wein u. Rebe*, 21: 318-340 (Yumoto, 1984 tarafından atıflandı).
- Bärner, J. (1937). Intrazelluläre Stäbe bei viruskranken Solanaceen und Cucurbitaceen. *Angew. Bot*, 19: 553–561 (Yumoto, 1984 ile Troncoso ve Greslebin, 2018 tarafından atıflandı).
- Bode, H.R. (1937). Über die Entwicklungsgeschichte der intracellulären Stäbe im Cambium: Ein Beitrag zum Problem der Reissigkrankheit des Weinstocks. *Gartenbauwiss*, 11: 272–288 (Hoefert ve Gifford, 1967; Yumoto, 1984 ile Troncoso ve Greslebin, 2018 tarafından atıflandı).
- Bozkurt, A.Y. (1967). İğne Yapraklı Ağaç Odunlarının Anatomik Yapısı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17:1 Seri B 118-135s.
- Butterfield, B. G. ve Meylan, B. A. (1972). Trabeculae in a hardwood. *International Association of Wood Anatomists Bulletin*, 1972/1, 3 - 9.
- Butterfield, B.G ve Meylan, B.A. (1979). Observations of Trabeculae in New Zealand Hardwoods. *Wood Sci. Technol*, 13:59-65 (Butterfield ve Meylan, 1980; Ohtani, 1985; Milanez ve ark., 2017 ile Xiaozhou ve ark., 2017 tarafından atıflandı).
- Butterfield, B.G ve Meylan, B.A. (1980). Three-dimensional structure of wood. 2nd. Ed., Chapman and Hall, London.
- Cebat, J., K. Czerwinska ve K. Bohdanowicz-Murek (1972). Introductory studies of bacterial effects on the course of mitosis in adventitious roots of *Allium cepa* L. *Acta Soc. Bot. Polon*, 41: 205-216.
- Collins, B.R., Parke, J.L., Lachenbruch, B., Hansen, E.M. (2009). The effects of *Phytophthora ramorum* infection on hydraulic conductivity and tylosis formation in tanoak sapwood. *Can. J. For. Res*, 39: 1766–1776.
- Davison, E.M., Stukely, M.J., Crane, C.E., Tay, F.C.S. (1994). Invasion of phloem and xylem of woody stems and roots of *Eucalyptus marginata* and *Pinus radiata* by *Phytophthora cinnamomi*. *Phytopath*, 84: 335–340.
- De Bary, A. (1877). Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Verlag von Wilhelm Engelmann, Leipzig (Yumoto, 1984 tarafından atıflandı).

- Eom, Y.G. ve Kwon, O. (2009). Wood Anatomy and Identification of North American Firs (*Abies*), *Mokchae Konghak*, 37(5) : 451-458.
- Frantzios, G., Galatis, B., ve Apostolakis, P. (2001). Aluminum effects on microtubule organization in dividing root-tip cells of *Triticum turgidum*. II. Cytokinetic cells. *J. Plant Res.*, 114(2): 157-170.
- Fuess, J. ve Schneiders, E. (1935). Über Wirkungen und Schäden der Maifröste 1934 an Kober 5 BB-Reben. *Gartenbauwiss*, 9: 353-363 (Yumoto, 1984 ile Troncoso ve Greslebin, 2018 tarafından atıflandı).
- Gomes, A.V., Teixeira, L.L., Muniz, G.B. ve Bohren, A. (1988). Transpierced tracheids, trabeculae and other unusual features in Gymnosperm wood. Conferência Global da Divisão 5 – Produtos Florestais. International Union of Forestry Research Organizations IUFRO (Luchi, 2003 tarafından atıflandı).
- Hale, J. D. (1923). Trabeculae of Sanio - their origin and distribution. *Science*, 57, 155.
- Hale, J.D. (1932). The identification of woods commonly used in Canada. Canadian Forest Service Bulletin 81 (Prince, 1934 tarafından atıflandı).
- Hale, J. D. (1935). The structure of wood. In: T. A. McElhanney and associates Ed., Canadian woods: Their properties and uses. Forest Products Laboratories of Canada, Ottawa. 56-99 (Yumoto, 1984 tarafından atıflandı).
- Hale, J. D. (1951). The structure of wood. In: Canadian woods - their properties and uses. Forests Products Laboratories Division, Ottawa, 66 (Keith, 1971 tarafından atıflandı).
- Hoefert, L.L, Gifford, Jr. E.M. (1967). Trabeculae in the grapevine infected with leafroll virus. *Am. J. Bot.*, 54: 257-261.
- IAWA. (1964). Multilingual Glossary of Terms Used in Wood Anatomy. Int 1 l. Ass 1 n. of Wood Anatomists, c/o State University College of Forestry at Syracuse University, Syracuse, N. Y. 13210, U. S. A (Keith, 1971 tarafından atıflandı).
- IAWA Committee. (2004). IAWA list of microscopic features for softwood identification by an IAWA Committee. H. G. Richter, D. Grosser, I. Heinz & P. E. Gasson (eds.). *IAWA J*, 25: 170 (Eom ve Kwon, 2009 tarafından atıflandı).
- Jeffrey, E. C. (1917). The anatomy of woody plants. Univ. Chicago Press, Chicago (Yumoto, 1984 tarafından atıflandı).
- Jöhnssen, A. (1933). Ueber die Reisigkrankheit der Rebe. Dtsch. *Weinbau*, 12: 221-223, 238- 240, 249-252, 265-267 (Yumoto, 1984 ile Troncoso ve Greslebin, 2018 tarafından atıflandı).
- Keith, C. T. (1971). Observations on the anatomy and fine structure of the trabeculae of Sanio. *International Association of Wood Anatomists Bulletin*, 1971/3, 3-11.

- Kroemer, K. ve H. Moog (1936). Bericht über die Tätigkeit der Wissenschaftlichen Abteilung der Rebenveredlungsstation Geisenheim a. Rh. *Landw. Jahrb*, 82: 684-685 (Yumoto, 1984 tarafından atflandı).
- Kroemer, K., H. Moog ve G. Troost (1936). Bericht über die Tätigkeit der Wissenschaftlichen Abteilung der Rebenveredlungsstation Geisenheim a. Rh. im Jahre 1935. *Landw. Jahrb*, 83: 851-852 (Yumoto, 1984 tarafından atflandı).
- Kučera, L. J. (1978). Vascular nodules in the pith of yew (*Taxus baccata* L.). *IAWA. Bull.* 1978/4: 81-85.
- Larson, P.R. (1994). The vascular cambium: development and structure. Springer-Verlag, Berlin (Milanez ve ark., 2017 tarafından atflandı).
- Lee, P.W. ve Eom, Y.G. (1988). Anatomical Comparison Between Compression Wood And Opposite Wood in A Branch of Korean Pine (*Pinus koraiensis*). *IAWA Bulletin n.s.*, Vol. 9 (3), 275-284.
- León, W. J. (2005). Estudio anatómico de la madera de 21 especies del género *Vochysia* Poir. (Vochysiaceae). *Acta Bot. Venez*, 28(2): 213-232 (Milanez ve ark., 2017 tarafından atflandı).
- Luchi, A.E. (2003). Transpiercing in Wood Cells. *IAWA Journal*, Vol. 24 (1), 87-95.
- Mameli, E. (1913). Sulla presensa dei cordoni endocellulari nelle viti sane e in quelle affette da “roncet”. *Rend. Accad. Lincei*, 22: 879-883 (Yumoto, 1984 ile Troncoso ve Greslebin, 2018 tarafından atflandı).
- Mameli, E. (1916a). Risposta alla nota del Dottor Petri: “Sul significato patologico dei cordoni endocellulari nei tessuti della vite”. *Atti dell' Istituto Botanico dell' Università di Pavia*, Serie II, 16: 41-45 (Yumoto, 1984 tarafından atflandı).
- Mameli, E. (1916b). Sulla presenza dei cordoni endocellulari nei tessuti della vite e di altre dicotiledoni. *Atti dell' Istituto Botanico dell' Università di Pavia*, Serie II, 16: 47-65 (Yumoto, 1984 tarafından atflandı).
- Matsumoto, T. (1957). Studies on the compression wood. V. The relation of the slope angle of the fibrils to shrinkage of the leaning hiba timber. *Iwate Univ., Fac. Agr. Sci. Bull*, 3: 190-193 (Yumoto, 1984 tarafından atflandı).
- Meylan, B. A. ve Butterfield, B. G. (1973a). A trabecula with a vestured pit. *IAWA. Bull*, 1973/3: 12-14.
- Meylan, B. A. ve Butterfield, B.G. (1973b). Scanning Electron Micrographs of New Zealand Woods 2. *Knighuia excelsa* R.Br. *New Zealand Journal of Botany*, 11:2, 201-212.
- Milanez, C.R.D., Marcati, C.R. ve Machado, S.R. (2017). Trabeculae and Al-acumulation in the wood cells of Melastomataceae species from Brazilian savanna. *Botany Journal*, 95(5): 521-530.

- Müller, C. (1890). Ueber die Balken in den Holzelementen der Coniferen. *Ber. dtsh. bot. Ges.*, 8: 17-46 (Yumoto, 1984 ile Troncoso ve Greslebin, 2018 tarafından atıflandı).
- Müller-Stoll, von W. R. (1965). Über intrazelluläre Stabbildungen (Trabeculae) im Holz als anatomische Eigenart bei Gehölzen exponierter Gebirgslagen. *Die Kulturpfl.*, 13: 763-799. (Yumoto, 1984 ile Troncoso ve Greslebin, 2018 tarafından atıflandı).
- Nakada R., Kawamura K. (2002). SEM observations on 'tawara-shibo' (a series of swellings along the axis) stems of *Chamaecyparis obtusa*. *IAWA J.*, 23: 83-96.
- Ohtani, J. (1977). An observation of the trabaculae in some dicotyledonous woods using scanning electron microscopy. Research Bulletins of the College Experimental Forests, Hokkaido University, 34, 60 - 74.
- Ohtani, J. (1985). SEM Observations on Trabeculae in *Abies Sachalinensis*, *IAWA Bulletin n.s.*, Vol. 6 (1), 43-51.
- Ohtani, J., Fukazawa, K., Fukumorita, T. (1987). SEM observations on indented rings. *IAWA J.*, 8: 113-124.
- Panshin, A. J. ve C. de Zeeuw (1970). *Textbook of Wood Technology*. Volume 1. Third Edition McGraw-Hill Book Co (Keith, 1971 tarafından atıflandı).
- Parameswaran, N. (1979). A note on the fine structure of trabeculae in *Agathis alba*. *IAWA. Bull.* 1979/1: 17-18.
- Parke, J.L., Oh, E., Voelker, S., Hansen, E.M., Buckles, G., Lachenbruch, B. (2007). *Phytophthora ramorum* colonizes tanoak xylem and is associated with reduced stem water transport. *Phytopathology*, 97: 1558-1567.
- Patel, R. N. (1962). M.Sc. thesis. University of London. 153 pp (Patel, 1973 tarafından atıflandı).
- Patel, R.N. (1973). Wood Anatomy of the Dicotyledons Indigenous to New Zealand 4. Winteraceae. *New Zealand Journal of Botany*, 12(1): 19-32.
- Petri, L. (1911). Ricerche istologiche sopra le viti affette da rachitismo. *Atti dell' Accademia Nazionale dei Lincei; Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali*; Rendiconti 5, 20: 155-161 (Yumoto, 1984 tarafından atıflandı).
- Petri, L. (1912a). Significato patologico dei cordoni endocellulari nelle viti affette da arricciamento. *Atti dell' Accademia Nazionale dei Lincei; Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali*; Rendiconti 5, 21: 113-119 (Yumoto, 1984 tarafından atıflandı).
- Petri, L. (1912b). Formazione e significato fisiologico dei cordoni endocellulari nelle viti affette da arricciamento. *Atti dell' Accademia Nazionale dei Lincei; Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali*; Rendiconti 5, 21: 505-511 (Yumoto, 1984 tarafından atıflandı).
- Petri, L. (1912c). Ricerche sulle cause dei deperimenti delle viti in Sicilia. I. Contributo allo studio dell'azione degli abbassamenti di temperatura sulle

- viti in rapporto all'arricciamento. *Mem. Staz. Patol. Veget., Roma* 1912: 1-212 (Yumoto, 1984 ile Troncoso ve Greslebin, 2018 tarafından atıflandı).
- Petri, L. (1913). SuI significato patologico dei cordoni endocellulari nei tessuti della vite. *Atti dell'Accademia Nazionale dei Lincei; Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali*; Rendiconti 5, 22: 174-179 (Yumoto, 1984 tarafından atıflandı).
- Prince, J.B. (1934). Pathological Enlargement of Resin Canals in *Picea*. *The Forestry Chronicle* 10(2): 129-136.
- Raatz, W. (1892). Die Stabbildungen im secundären Holzkörper der Bäume und die Initialentheorie. *Jahrb. Wiss. Bot*, 23: 567-636 (Yumoto, 1984 ile Troncoso ve Greslebin, 2018 tarafından atıflandı).
- Sanio, C. (1863). Vergleichende Untersuchungen über die Elementarorgane des Holzkörpers. *Bot. Ztg*, 21: 85-91 (Milanez ve ark., 2017 ile Troncoso ve Greslebin, 2018 tarafından atıflandı).
- Sanio, C. (1873-1874). Anatomie der gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris* L.). II. *Jahrb. Wiss. Bot*, 9: 50-126 (Yumoto, 1984 ile Troncoso ve Greslebin, 2018 tarafından atıflandı).
- Schneiders, E. (1934). Die Reisigkrankheit der Rebe (RebenmfJdigkeit). Inaug. Diss. Bonn (Yumoto, 1984 tarafından atıflandı).
- Schneiders, E. (1937). Beobachtungen und Untersuchungen über die Reisigkrankheit der Reben (Rebenmiidigkeit). *Gartenbauwiss*, 10: 110-150 (Yumoto, 1984 tarafından atıflandı).
- Schneiders, E. (1938). Über die Zellstäbe und ihre phytopathologische Bedeutung. *Gartenbauwiss*, 11: 237-250 (Yumoto, 1984 tarafından atıflandı).
- Strasburger, E. (1891). Leitungsbahnen in den Pflanzen. Gustav Fischer, Jena (Yumoto, 1984 tarafından atıflandı).
- Thompson, W. R. (1912). The anatomy and relationships of the Gnetales. I. The genus *Ephedra*. *Annals of Botany*, 26: 1077-104.
- Tippet, J.T. (1986). Formation and fate of kino veins in *Eucalyptus* L'Hérit. *IAWA Bull.* n.s. 7: 137-143.
- Troncoso, O. ve Greslebin, A. (2018). Trabeculae in Patagonian mountain cypress (*Austrocedrus chilensis*) associated with *Phytophthora austrocedri* infection. *IAWA Journal*, 39(2): 209-220.
- Tsoumis, G. (1968). Wood as Raw Material. Pergamon Press, Oxford. 276 pp (Patel, 1973 tarafından atıflandı).
- Xiaozhou, S., Lingyan, Z., Shiquian, W. ve Yafang, L. (2017). Structural And Mechanical Properties of Cork Cell Walls From *Quercus variabilis* Blume (Fagaceae). *Wood Research*, 62 (6): 873-882.

- Vélez, M.L., Silva, P.V., Troncoso, O.A., Greslebin, A.G. (2012). Alteration of physiological parameters of *Austrocedrus chilensis* by the pathogen *Phytophthora austrocedrae*. *Plant. Pathol*, 61: 877-888.
- Wardrop, A. B. ve Dadswell, H. E. (1950). The nature of reaction wood. II. Cell wall organization of compression wood tracheids. *Aust. J. Sci. Res, Ser. B*, 3: 1-13.
- Werker, E. ve Baas, P. (1981). Trabeculae of Sanio in secondary tissues of *Inula viscosa* (L.) DESF. and *Salvia fruticosa*. MILL. *IAWA. Bull.*, n. s., 2: 69-76.
- Winkler, C. (1872). Zur Anatomie von *Araucaria brasiliensis*. *Bot. Z*, 30: 581-585, 597- 608 (Troncoso ve Greslebin, 2018 tarafından atıflandı).
- Wipf, L. ve Cooper, D. C. (1940). Somatic doubling of chromosomes and nodular infection in certain Leguminosae. *Amer. J. Bot*, 27: 821-824.
- Yaman, B. (2007). Anatomy of Lebanon Cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) wood with indented growth rings. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 49: 19-23.
- Yumoto, M. ve Ohtani, J. (1981). Trabeculae in compression wood tracheids. *Proc. Hokkaido Branch, Japan Wood Res. Soc*, 13: 9-12 (Yumoto, 1984 ile Lee ve Eom, 1988 tarafından atıflandı).
- Yumoto, M., Ishida, S. ve Fukazawa, K. (1982). Studies on the formation and structure of the compression wood cells induced by artificial inclination in young trees of *Picea glauca*. II. Transition from normal to compression wood revealed by a SEMUVM combination method. *J. Fac. Agr, Hokkaido Univ*, 60: 312-335.
- Yumoto, M., Ishida, S. ve Fukazawa, K. (1983). Studies on the formation and structure of the compression wood cells induced by artificial inclination in young trees of *Picea glauca*. IV. Gradation of the severity of compression wood tracheids. *Res. Bull. College Exp. For., Hokkaido Univ*, 40: 409-454.
- Yumoto, M. (1984). The Trabecula and Its Related Structures. *Res. Bull. Coll. Exp. For., Hokkaido Univ*, 41: 205-260.



BÖLÜM 6

RHİZOBİUM-BAKLAGİL SİMBİYOZUNDA ROL OYNAYAN BAZI SİNYAL MOLEKÜLLER

Çiğdem KÜÇÜK¹

¹ Prof. Dr., Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü,
Şanlıurfa, Türkiye E-mail: ckucuk@harran.edu.tr, Orcid No: 0000-0001-
5688-5440

GİRİŞ

Azot, tüm amino asitlerin ve nükleik asitlerin temel bir bileşeni olduğundan, önemli bir bitki besin elementidir. Biyolojik azot fiksasyonu kaynakları çiftçiler için verimi arttırmada kullanılabilecek azot kaynağıdır (Linstrom ve Mousavi, 2020), bu da azotu en önemli mikrobiyolojik süreçlerden biri yapmaktadır (Linstrom ve Mousavi, 2020). Mikrosimbiyantlar olarak tanımlanan 21 bakteri cinsinin nodül oluşturduğu bildirilmiştir (Wang ve ark., 2018). Bu mikrosimbiyantlar, “*Rhizobium*” olarak adlandırılan *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Ensifer* (*Sinorhizobium*), *Neorhizobium*, *Pararhizobium* ve *Allorhizobium* gibi alfa-proteobakterilerin başlıca bakteri cinsleri arasında dağılır ve çeşitli bitki türleri ile simbiyotik ilişkiler oluşturabilir (Wang ve ark., 2018).

Simbiyotik baklagillerde kök nodüllerinin oluşumu, baklagil konakçısı ile rizobiyal mikro simbiyant arasında karmaşık bir moleküler sinyalleşmeyi içerir (Oldroyd ve ark., 2011). Nodül organogenezinin başlangıcında, baklagil tohum katlarından veya kök eksüdalarından flavonoid bileşiklerinin rizodepozisyonu, rizobiyal lipo-kitoooligosakkarit Nod faktörlerini üretmek için gerekli genlerin transkripsiyonunu aktive eden Nod D proteinlerinin sentezini indükler (Wang ve ark., 2018). Nodül organogenez; Nod faktörlerinin bitki tarafından algılanması üzerine, bir enfeksiyon ipliğinin oluşumuna yol açan kök saç uçlarının kıvrılması, kök kortikal hücrelerinin mitotik bölünmesi ve sonuç olarak bir nodül primordiyumunun oluşumu ile başlar (Oldroyd ve ark., 2011). *Rhizobium*, enfeksiyon ipliği yoluyla kortikal hücrelere nüfuz ederek, konakçıdan türetilmiş hücrelerde bulunan nodül primordiyumuna salınır (Wang ve ark., 2018). *Rhizobium*, nitrojenaz enzimi tarafından katalize edilen bir reaksiyonda atmosferik azotun amonyağa dönüşümünü gerçekleştiren azot fikse eden bakterioidlere farklılaşır (Wang ve ark., 2018). Simbiyotik azot sağlanmasının yanı sıra, bazı *Rhizobium* bakterileri; indol-3-asetik asit (IAA), sitokinin, gibberellin, riboflavin, lumikrom, Nod faktörleri üreterek bitki gelişimini arttırmalar (Dakora ve Phillips, 2015;). Bu nedenle, *Rhizobium* bakterileri, simbiyotik etkileşimlerden azot fiksasyonuna ilave olarak bitkilere çeşitli avantajlar da sağlar. *Rhizobium*’un faydalı etkilerine, nodül oluşumu sırasında rizobia ve bitkiler tarafından doğrudan veya dolaylı olarak ortaya çıkan çeşitli metabolitlerin ve enzimlerin üretimi aracılık etmektedir. Bitki büyümesini teşvik eden moleküllerden IAA, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz, lumikrom, riboflavin ve fosfat çözünürlüğü için protonların salgılanması, bitki gelişiminin desteklenmesini sağlayan mekanizmalarındandır (Carson ve ark., 1992; Jaiswal ve ark., 2021; Dakora ve ark., 2015). ACC deaminaz, yüksek bitkilerde zararlı miktarlarda etileni azaltabilen ve üretkenliği artmasına yol açan bir enzimdir. Lumikrom ve riboflavin, bitki büyümesini uyardığı bilinen rizobiyal salgılardan olup; IAA ise bitki

fizyolojik süreçlerini kontrol etmekten sorumlu olan oksin ailesinin önemli bir üyesi olarak bilinir (Dakora ve ark., 2015).

Bitkiler, potansiyel olarak zararlı organizmalar ile yaşamlarında olumlu etkisi olabilecek organizmalar arasında sürekli olarak ayrım yapmak zorundadır (Linstrom ve Mousavi, 2020). Ekolojik etkileşimler açısından en ilginç olanı, bitkilerin çevrelerinde bulunan patojenik ve yararlı mikroorganizmaları nasıl tanıdığı ve ayırt ettiği'dir. Son yıllarda, bakterilerin tanınmasında rol oynayan moleküler mekanizmaların ve ilgili sinyallerin anlaşılmasında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu bölümde, baklagil-*Rhizobium* simbiyozunda ana sinyal moleküllerinin rolüne ilişkin bilgiler özetlenmiştir.

NOD FAKTÖRÜ

Rhizobium bakterileri ile konukçu baklagil bitkileri etkileşime girdiğinde baklagil bitki kökleri, bakterilerin nodül içine girmesini kolaylaştıran bir enfeksiyon programı başlatır ve burada simbiyozom adı verilen azot sabitleyici yapıların bir parçası olurlar. Enfeksiyon mekanizmalarının en gelişmiş aşamasında, enfeksiyon ipliği adı verilen boru şeklinde bir yapı, epidermisi kökün iç hücre katmanlarıyla birleştirir; bu durum doğru *Rhizobium* bakterisinin tanınmasında kritik öneme sahiptir. Baklagil bitkilerinin köklerini kolonize edebilen farklı bakteri cinslerinden birkaç tür vardır. Etkileşimin özgüllüğü, her bir *Rhizobium* türü tarafından enfekte olabilen baklagil bitkileri arasında simbiyotik ortakta molekül alışverişi ile belirlenir (Puppke ve ark., 1999).

Baklagil bitkileri azota ihtiyaç duyduğunda; kökler tarafından flavonoid/izoflavonoid üretilir ve rizosfere salgılanır. *Rhizobium* bakterileri bu molekülleri algılar ve Nod faktörünün sentezinde yer alan genlerin ekspresyonunu kontrol eden bir transkripsiyon faktörü olan nod D genini aktive eder. Nod faktörler, kimyasal modifikasyonları kendilerini üreten *Rhizobium* türlerine bağlı olan ve konak özgünlüğünün ana belirleyicileri olarak hareket eden salgılanan lipokitoooligosakkaritlerdir (Perotto ve ark., 1994). Nod faktörler, hücre dışı alanları olan reseptörler tarafından tanınır (Tavares ve ark., 2018). Nodül oluşumunun erken aşamalarında sinyal molekülleri olarak hizmet etmenin yanı sıra, *Rhizobium leguminosarum*'dan izole edilen Nod faktörlerinin ayrıca bezelye ve fiğ tohum çimlenmesini, nodül oluşumu ve bitki büyümesini, bezelyede bakla verimini arttırdığı bildirilmiştir (Kidaj ve ark., 2012). Benzer şekilde, *Bradyrhizobium japonicum* suşu 532C'nin nod faktörleri, soya fasulyesi ve baklagil olmayan bitkilerde çimlenmeyi ve bitki gelişimini arttırmıştır (Prithiviraj ve ark., 2003). *Rhizobium* ayrıca kök bölgesindeki besin içeriğini, özellikle de azot ve fosforu artırılabilir (Chebotar ve ark., 2001; Argaw, 2012), patojenleri engelleyen moleküller üreterek rizosfer kimyasını da değiştirebilir (Gauthier-Coles ve ark., 2019; Tavares ve ark., 2018).

RİZOBİYUM BAKTERİLERİNİN TANINMASINDA HÜCRE DUVARI BELİRLEYİCİLERİ

Bakterilerin kimliği, hücre duvarında bulunan ve bitkiden yüzey reseptörleri tarafından tanınabilen yüzey moleküllerinin varlığı ile de belirlenebilir. Ekzopolisakkaritler (EPS), lipopolisakkaritler (LPS), siklik glukanlar ve kapsüler polisakkaritlerin de nodülasyonda rol oynadığı bildirilmiştir (Niehaus ve ark., 1998). Bir sinyal molekülü olarak EPS'nin, enfeksiyon sırasında aktif bir işlevden savunma tepkilerinin bastırılmasına kadar birçok rolü olduğu açıklanmıştır (Gao ve ark., 2001). EPS'nin bileşimi, rizobiyal türler arasında ve aynı zamanda suşlar arasında farklılık gösterir, bu durum özgüllüğün belirleyicisidir. EPS'nin yapısı ve biyosentezi *Sinorhizobium meliloti*'de detaylı olarak incelenmiştir. Etkileşimin erken aşamalarında EPS'nin gereksinimlerini karakterize etmek için birkaç *Mesorhizobium loti* mutanları kullanılmıştır; EPS'nin biyosentezinin belirli nodüllerin organogenezinin farklı aşamalarını etkileyebileceğini saptanmıştır (Kelly ve ark., 2012).

LPS, bir oligosakkarit ve molekülü gram-negatif bakterilerin dış zarına sabitleyen bir lipidden oluşur (Bourassa ve ark., 2017). Molekölün iç çekirdeğine bir O-antijen polimeri eklenir ve bitki ile etkileşimin kritik olduğu bakteri hücre duvarının yüzeyinde açığa çıkar (Gao ve ark., 2001). LPS'nin, enfeksiyon zinciri içindeki bakterilerin ilerlemesini sürdürmek için önemli bir adım olan savunma yanıtlarının baskılayıcısı olarak hareket edebileceği hakkında tahminler bulunmaktadır. Ancak LPS'nin nodülasyondaki etkisi türlere göre farklılık göstermektedir (Bourassa ve ark., 2017).

BAKLAGİLLERDE IAA VE AZOT FİKSASYONUNUN RHİZOBİYUM BAKTERİLERİ TARAFINDAN ÜRETİMİ

İndol asetik asit (IAA), hücre bölünmesi ve genişlemesi, doku farklılaşması gibi bitki fizyolojik süreçlerini kontrol etmekten sorumlu olan oksin ailesinin önemli bir üyesidir (Teale ve ark., 2006; Shokri ve Emtiazi, 2010). *Rhizobium* bakterileri, L-triptofan metabolizmasının ortak bir yan ürünü olan IAA olmak üzere oksin üreticileridir (Datta ve Basu, 2000; Ghosh ve Basu, 2006; Mandal ve ark., 2007; Shokri ve Emtiazi, 2010). IAA üretim düzeyi rizobiyal izolatlar arasında farklılık gösterebilir, kök nodüllerindeki protocatechuic asit, 4-hidroksibenaldehit ve p-kumarik asit gibi fenolik asitler, *Rhizobium* izolatları tarafından IAA sentezini artırabilir (Mandal ve ark., 2009). Börülce nodüllerinden izole edilen *Rhizobium* bakterisinin 0.64-56.46 µg/ml IAA üretebildiği saptanmıştır (Dabo ve ark., 2019). IAA sentezi seviyelerinde benzer değerler, yerfıstığı kök nodül bakterilerinde de rapor edilmiştir (Ibny ve ark., 2019). Bununla birlikte, Ali ve ark. (2008), IAA üretiminin kök nodüllerinde nitrogenaz aktivite-

sini ve leghemoglobin konsantrasyonunu arttırdığını, yüksek IAA üreten bir *Rhizobium* suşunun ise nodüllerde daha yüksek nitrojenaz aktivitesi gösterdiğini açıklamıştır (Defez ve ark., 2019). Ayrıca, IAA üreten *Rhizobium*'un konakçı bitkilerde valin, alanin, aspartik asit ve glutamik asitler gibi serbest amino asitleri, kök nodüllerindeki bakteoidlere sağlanan fotosentetik ürünleri önemli ölçüde arttırdığı gösterilmiştir (Tsikou ve ark., 2013; Erice ve ark., 2014; Defez ve ark., 2019).

Demir, bitkilerin büyüme için ihtiyaç duyduğu temel elementlerden biridir ve her ikisi de azot fiksasyon işlemi için gerekli olan leghaemoglobin ve nitrojenaz gibi kritik makromoleküllerin bir bileşenidir (Paudyal ve ark., 2007). Demir eksikliği, nodül gelişimi ve nitrojenaz aktivitesinde bir azalma yoluyla azot fiksasyonunun etkinliğini sınırlar (Duhan ve ark., 1998; Stajkovic ve ark., 2011). Demir, toprakta iki değerlikli (Fe^{+2}) ve üç değerlikli (Fe^{+3}) katyonlar olarak bulunur ve bitki alımı için varlığı, toprak pH'ı, toprak besin elementleri gibi çeşitli faktörler tarafından etkilenir (Rajkumar ve ark., 2010). Sideroforların çeşitli kimyasal yapılara sahip olduğu bilinmesine rağmen, çoğu bakteri katekolat tipini üretirken, mantarlar bazı bakterilerle birlikte hidroksamat tipi sideroforları üretir (Grobelaar ve Hiller, 2017). Sideroforlar, toprakta demir içeriğinin düşük olduğu yerlerde; Fe^{+3} için yüksek bir afiniteye sahiptir, baklagiller tarafından alım ve kullanım için Fe^{+2} 'e dönüştürebilirler (Lebrazi ve Fikri-Benbrahim, 2018). Siderofor üreten *Rhizobium*'un izolasyonu bu nedenle, artan bitki büyümesi ve özellikle nodüllü baklagillerin verimi için önemlidir. Birkaç *Rhizobium* türü, siderofor üreticileri olarak tanımlanmıştır, yapılan çalışmalarda siderofor üretimlerinde de farklılık bulunmuştur (Carson ve ark., 1992). Bu özelliğin faydalarından yararlanmak için, *Sinorhizobium meliloti*, *Rhizobium leguminosarum*, *Rhizobium leguminosarum trifoli* ve *Bradyrhizobium japonicum* gibi siderofor üreten mikro simbiyotlar, artan baklagil verimi için demir bazlı biyogübreler olarak kullanım için potansiyel suşlar olarak tanımlanmıştır (Guerinot, 1991). Demir alımını arttırmaya ve bitki büyümesini desteklemeye ilave olarak sideroforlar; tarım topraklarındaki yüksek konsantrasyonlarda ağır metallerin etkinliklerini azaltabilir. Bu nedenle, rizobial sideroforlar, kirlenmiş tarımsal toprakların ıslahında da önemlidir. Baklagil-*Rhizobium* simbiyozu Al toksisitesine duyarlı olmasına rağmen, sideroforlar Al iyonlarına bağlanabilir ve toksik etkilerini hafifletebilir, böylece fitoremediasyonu artırır (Jaiswal ve ark., 2018). Bazı *Rhizobium* bakterileri tarafından üretilen metabolitler Tablo 1'de verilmiştir.

Siderofor oluşumunda yer alan bazı genler karakterize edilmiştir. *Rhizobium*, tıpkı azot fiksasyon sürecinde yer alan birçok proteinin, oksijeni solunum yapan bakteroidlere taşımak için gereken hemoglobin sentezi için demire ihtiyaç duyması gibi; büyüme ve simbiyotik işlevde kendi kulla-

nımları için demire ihtiyaç duyar. Sideroforların farklı türleri vardır. *Rhizobium* bakterileri, toprakta demir açısından eksik koşullar altında demir elde etmek için bir katekol siderofor üretme yeteneğine sahiptir (Datta ve Chakrabartty, 2014). Bir hidroksamat sideroforu olan rizobactin 1021 geni, *Sinorhizobium meliloti*'de demir stresi altında eksprese edilmiştir (Lynch ve ark., 2001). Yapılan çalışmalarda *Rhizobium* bakterileri tarafından üretilen sideroforlar sadece *S.meliloti*, *B.japonicum* ve *B.diazoefficiense*'de tanımlanmıştır (Lynch ve ark., 2001; Siqueira ve ark., 2014).

BİTKİ GELİŞİMİNDE LUMİCHROME VE RİBOFLAVİN'İN ROLÜ

Rhizobium bakterileri, rizosfer kimyasını değiştiren fitohormonları sentezleyebildikleri ve salabildikleri için bitki büyümesinin desteklenmesinde çok önemlidir (Kanazawa ve ark., 2020). Riboflavin ve lumikrom gibi rizobiyal metabolitlerin, bitki büyümesinin desteklenmesine, ayrıca biyotik ve abiyotik streslere karşı geliştirilmiş bağışıklık tepkisine yol açan kimyasal reaksiyonlarda rol oynadığı yapılan çalışmalarda açıklanmıştır (Dakora ve ark., 2015; Kanazawa ve ark., 2020).

Riboflavin'in bozunma yan ürünü olan Lumichrome'un da baklagillerde simbiyotik ve fotosentetik işlevler yoluyla bitki büyümesini desteklediği bildirilmiştir (Matiru ve Dakora, 2005). Moleküler düzeyde lumikrom, hücre farklılaşması ile ilgili genlerin ekspresyonunu indükleyebilir (Pholo ve ark., 2018). Baklagil-*Rhizobium* ilişkisinin farklı aşamalarındaki rolleri göz önüne alındığında, *Rhizobium* bakterilerince salgılanan riboflavin ve lumikrom, simbiyotik ilişki ve fotosentetik işlev de dahil olmak üzere bitkinin fizyolojik özelliklerini etkileyerek bitki büyümesini ve verimliliğini artırabilir.

ACC DEAMİNAZ ÜRETEEN RİZOBİYAL BAKTERİLER

ACC (1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit) deaminaz, etilenin bilinen bir öncüsüdür (Penrose ve Glick, 2003) ve substrat olarak piridoksal 5-fosfat (PLP) kullanan bir bitki büyümesini teşvik eden enzimdir (Honma ve Shimomura, 1978). Sitoplazmada lokalize olan ACC deaminaz enzimi, *acdS* geni tarafından kodlanır (Jacobson ve ark., 1994). *Mesorhizobium loti*'de *acdS* geni bulunmakta, NifA2 geni tarafından düzenlenir (Nukui ve ark., 2006). Bitkiler tarafından üretilen ACC, rizosfere yayıldığında, ACC deaminaz aktivitesinde rol oynayan rizobakteriler, ACC'yi alır ve onu bakteriyel sitoplazma içinde bozar (Penrose ve Glick, 2003). Bu enzim, nodül başlangıcı sırasında ve bitki köklerinde stresli koşullar altında yapısal olarak eksprese edilir (Saleem ve ark., 2007). ACC; bakteriler tarafından azot kaynağı olarak kullanılır, ACC deaminaz özellikle biyotik ve abiyotik streslere maruz kalan bitkilerde, ayrıca baklagiller ile *Rhizobium* ortaklığında nodül oluşum başlangıcında ACC'yi daha düşük etilen seviyelerine

indirgeyebilir (Glick ve ark., 1998). Ma ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada; ACC deaminaz üreten *Sinorhizobium meliloti* mutantının ana suş ile karşılaştırıldığında, *Medicago sativa*'da % 40 daha fazla nodülasyon oluşturduğunu belirlemiştir. ACC deaminaz üreten *Rhizobium* bakterilerinin bitki nodülasyonunu artırma kapasitesi, ACC deaminaz üreten *Arthrobacter protophormiae* ile muamele edilmiş bezelye bitkilerinde gözlemlendiği gibi, hem ACC oksidaz aktivitesine hem de etilen sentezinin düzenlenmesine katkı sağlamıştır (Barnawal ve ark., 2014). *Medicago lupulina*'nın *acdS* genini içeren *S.meliloti* suşu ve *P.putida* UW4 ile birlikte aşılması sonucunda nodül sayısının arttığı bildirilmiştir (Kong ve ark., 2015). Bakteriler tarafından üretilen bu moleküllerin bitki büyümesini teşvik edici özellikleri, artan simbiyotik performans, bitki büyümesinin teşviki ve bitkisel verimin artması için bu tür özelliklere sahip olan rizobiyal suşlar için biyolojik araştırma yapılması ihtiyacına da işaret etmektedir.

BİTKİ SAVUNMASINDA RHİZOBİUM'UN ROLÜ

Nod faktörleri veya diğer adı ile nodülasyon faktörleri, azotun sınırlı olduğu koşullarda bitkilerin flavonoid eksüdasyonuna yanıt olarak *Rhizobium* bakterilerince üretilen sinyal molekülleridir. Nod faktörleri, nodülasyonu indükleyerek baklagiller ve *Rhizobium* arasında simbiyotik bir ilişki kurulmasını sağlamaktadır (Via ve ark., 2016). Büyümeyi teşvik edici etkilerinin yanı sıra *Rhizobium* bakterileri, konukçu bitkilerde indüklenmiş sistemik direnç (ISR) yol açan süreçlerde yer almıştır; örneğin, fasulyenin *Rhizobium etli* ile aşılınması, *Pseudomonas syringae* pv *phaseolicola* enfeksiyonuna karşı direncin artmasını sağlamıştır (Díaz-Valle ve Alvarez-Venegas, 2019). Ayrıca, simbiyotik *Rhizobium* suşları tarafından üretilen sideroforlar, sadece bitki büyümesi ve baklagillerde tane verimi için demir beslenmesini arttırmakla kalmaz, aynı zamanda patojenlere karşı biyokontrol etmenleri olarak da hizmet eder. Örneğin, *Sinorhizobium meliloti* tarafından üretilen sideroforların, yer fıstığındaki kök çürüklüğüne neden olan *Macrophomina* spp.'yi baskıladığı gösterilmiştir (Arora ve ark., 2001). *Medicago* spp. 'nin mikrosimbiyanti olan *Sinorhizobium meliloti* ile aşılınmasının *Phoma medicaginis*'in neden olduğu hastalığı azalttığı saptanmıştır (Mrabet ve ark., 2011). Benzer olarak, yer fıstığının *Rhizobium* ve *Trichoderma harzianum* ile birlikte aşılınması, kök çürüklüğü hastalığına neden olan *Sclerotium rolfsii* 'nin neden olduğu enfeksiyonun başarıyla engellediği rapor edilmiştir (Ganesan ve ark., 2007). Bir *Rhizobium* türünün soya fasulyesinde *Phytophthora megasperma* 'nın neden olduğu kök çürüklüğü hastalığını azalttığı incelenmiştir (Deshwal ve ark., 2003). *Bradyrhizobium japonicum* 'un rizobitoksin üreten suşları, soya fasulyesinde kömür çürüklüğü etmeni olan *Macrophomina phaseolina* enfeksiyonunu başarılı bir şekilde azaltmıştır (Deshwal ve ark., 2003). Ayrıca *Mesorhizobium loti*, salisilik asit sentezinden sorumlu Fenilalanin

Amonyum liyaz (LjPAL1) geninin ekspresyonunu indüklemiş ve *Lotus japonicus* 'u *Pseudomonas syringae* enfeksiyonuna karşı korumuştur (Chen ve ark., 2017)

SONUÇ

Modern tarım uygulamalarında *Rhizobium* bakterilerinden yapılan inokulantlar, kimyasal gübrelerin kullanımını ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini önemli ölçüde azaltmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. *Rhizobium* bakterileri ile aşılanmış bitkiler aşılanmamış olanlara göre nodülasyon, yeşil aksam ve kök gelişimi gibi bazı fizyolojik özellikleri, verimi önemli ölçüde arttırmaktadır. Modern biyoteknoloji ve genetik mühendisliğinin kullanımı, artan nüfusu beslemek ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için, çeşitli strese dayanıklı ve yüksek verimli transgenik bitkilerin geliştirilmesine yol açmış, ancak bunların güvenilirliği günümüzde tartışılmaktadır. Bitki gelişimi ve verimliliği; mineral beslenme, zararlı ve hastalıklara karşı direnç gibi birçok faktöre bağlıdır. Biyolojik azot fiksasyonu, tarımda ve toprak sağlığı açısından kimyasal gübre uygulamasının azaltılmasında önemli roller oynar. Simbiyotik azot fiksasyonunda görev alan *Rhizobium* bakterileri ürettikleri bir takım metabolitler ile bitki gelişmesini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Mikroorganizmaların bitki tarafından tanınmasında yer alan moleküler mekanizmaları anlamak, tarımsal sistemler bağlamında ekolojik ilişkileri manipüle etmenin anahtarı olacaktır. Bitki gelişimini iyileştirmek veya kimyasal gübrelerin yerine geçmek için toprağa aşı maddeleri eklemek yaygın bir uygulamadır. Bitkilerin çevrelerinde bulunan mikroorganizmalarla doğru etkileşim türünü tanımları ve kurmaları çok önemlidir. Doğru *Rhizobium* inokulantlarının seçimi ile; topraktaki diğer bakteriler ile rekabetlilik artırılıp, kimyasal gübre kullanımı azaltılarak toprak sağlığı korunacaktır.

KAYNAKÇA

- Ali, B., Hayat, S., Aiman Hasan, S., Ahmad, A. (2008). A comparative effect of IAA and 4-Cl-IAA on growth, nodulation and nitrogen fixation in *Vigna radiata* (L.) Wilczek. *Acta Physiol. Plant* 30:35–41.
- Argaw, A. (2012). Evaluation of co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and phosphate solubilizing *Pseudomonas* spp. effect on soybean (*Glycine max* L. (Merr.)) in Assossa area. *J. Agr. Sci. Tech-Iran* 14: 213–224.
- Arora, N. K., Kang, S. C., Maheshwari, D. K. (2001). Isolation of siderophore producing strains of *Rhizobium meliloti* and their biocontrol potential against *Macrophomina phaseolina* that causes charcoal rot of groundnut. *Curr. Sci.* 81: 673–677.
- Bhattacharyya, R.N., Pati, B.R. (2000). Growth behaviour and indole acetic acid (IAA) production by a *Rhizobium* isolated from root nodules of *Alysicarpus vaginalis* DC. *Acta Microbiol Immunol Hung.* 47(1): 41-51.
- Barnawal, D., Bharti, N., Maji, D., Chanotiya, C.S., Kalra, A. (2014). ACC deaminase-containing *Arthrobacter protophormiae* induces NaCl stress tolerance through reduced ACC oxidase activity and ethylene production resulting in improved nodulation and mycorrhization in *Pisum sativum*. *J. Plant Physiol.* 171: 884–894.
- Bianco, C., Defez, R. (2010). A *Sinorhizobium meliloti* IAA-overproducing strain improves phosphate solubilization and *Medicago* plant yield. *Appl. Environ. Microbiol.* 76: 4626–4632.
- Bianco, C., Defez, R. (2009). *Medicago truncatula* improves salt tolerance when nodulated by an indole-3-acetic acid-overproducing *Sinorhizobium meliloti* strain. *J. Exp. Bot.* 60: 3097–3107
- Brigido, C., Nascimento, F.X., Duan, J., Glick, B.R., Oliveira, S. (2013). Expression of an exogenous 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase gene in *Mesorhizobium* spp. reduces the negative effects of salt stress in chickpea. *FEMS Microbiol Lett.* 349: 46–53.
- Bourassa, D.V., Kannenberg, E.L., Sherrier, D.J., Buhr, R.J., Carlson, R.W. (2017). The Lipopolysaccharide Lipid A long-chain fatty acid is important for *Rhizobium leguminosarum* growth and stress adaptation in free-living and nodule environments. *Molecular Plant microbe Interactions.* 30: 161-175.
- Carson, K.C., Holliday, S., Glenn, A.R., Dilworth, M.J. (1992). Siderophore and organic acid production in root nodule bacteria. *Arch. Microbiol.* 157: 264–271.
- Chebotar, V.K., Asis, C.A., Akao, S. (2001). Production of growth-promoting substances and high colonization ability of rhizobacteria enhance the nit-

- rogen fixation of soybean when co-inoculated with *Bradyrhizobium japonicum*. Biol. Fert. Soils 34: 427–432.
- Chen, Y., Li, F., Tian, L., Huang, M., Deng, R., Li, X. (2017). The phenylalanine ammonia lyase gene LJPAL1 is involved in plant defense responses to pathogens and plays diverse roles in *Lotus japonicus*- *Rhizobium* symbioses. Mol. Plant Microbe Interact. 30: 739–753.
- Dabo, M., Jaiswal, S. K., Dakora, F. D. (2019). Phylogenetic evidence of allopatric speciation of bradyrhizobia nodulating cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) in South African and Mozambican soils. FEMS Microbiol. Ecol. 95: 1–14.
- Dakora, F.D., Matiru, V.N., Kanu, A.S. (2015). Rhizosphere ecology of lumichrome and riboflavin, two bacterial signal molecules eliciting developmental changes in plants. Front. Plant Sci. 6:700.
- Datta, C., Basu, P.S. (2000). Indole acetic acid production by a *Rhizobium* species from root nodules of a leguminous shrub, *Cajanus cajan*. Microbiological Res. 155: 123–127.
- Datta, B., Chakrabartty, P.K. (2014). Siderophore biosynthesis genes of *Rhizobium* sp. isolated from *Cicer arietinum* L. 3 Biotech. 4: 391–401.
- Defez, R., Andreozzi, A., Romano, S., Pocsfalvi, G., Fiume, I., Esposito, R. (2019). Bacterial IAA-delivery into medicago root nodules triggers a balanced stimulation of C and N metabolism leading to a biomass increase. Microorganisms 7:403.
- Deshwal, V.K., Pandey, P., Kang, S.C., Maheshwari, D.K. (2003). Rhizobia as a biological control agent against soil borne plant pathogenic fungi. Indian J. Exp. Biol. 41: 1160–1164.
- Diaz-Valle, A., Alvarez-Venegas, R. (2019). Enhancement of pathogen resistance in common bean plants by inoculation with *Rhizobium etli*. Front. Plant Sci. 10:1317.
- Dilworth, M.J., Carson, K.C., Giles, R., Lindsay, T.B., Glenn, A.R. (1998). *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* produces a novel cyclic trihydroxamate siderophore, vicibactin. Microbiology, 144: 781–791
- Duhan, J.S., Dudeja, S.S., Khurana, A. L. (1998). Siderophore production in relation to N_2 fixation and iron uptake in pigeon pea-*Rhizobium* symbiosis. Folia Microbiol. 43: 421–426.
- Erice, G., Sanz-Saez, A., Aroca, R., Ruiz-Lozano, J.M., Avice, J.C., Irigoyen, J.J. (2014). Photosynthetic down-regulation in N_2 -fixing alfalfa under elevated CO_2 alters rubisco content and decreases nodule metabolism via nitrogenase and tricarboxylic acid cycle. Acta Physiol. Plant 36: 2607–2617.
- Gao M, D’Haeze W, De Rycke R, Wolucka B, Holsters M. (2001). Knockout of an azorhizobial dTDP-L-rhamnose synthase affects lipopolysaccharide and

- extracellular polysaccharide production and disables symbiosis with *Sesbania rostrata*. Mol Plant Microbe Interact 14: 857- 866.
- Ganesan, S., Kuppusamy, R. G., Sekar, R. (2007). Integrated management of stem rot disease (*Sclerotium rolfsii*) of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) using *Rhizobium* and *Trichoderma harzianum* (ITCC - 4572). Turkish J. Agric. For. 31: 103–108.
- Gauthier-Coles, C., White, R. G., Mathesius, U. (2019). Nodulating legumes are distinguished by a sensitivity to cytokinin in the root cortex leading to pseudonodule development. Front. Plant Sci. 9:1901.
- Glick, B.R., Penrose, D.M., Li, J. (1998). A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria. J. Theor. Biol. 190: 63–68.
- Ghosh, S., Basu, P.S. (2006). Production and metabolism of indole acetic acid in roots and root nodules of *Phaseolus mungo*. Microbiol. Res. 161: 362–366.
- Guerinot, M.L. (1991). Iron uptake and metabolism in the rhizobia/legume symbioses, in Iron Nutrition and Interactions in Plants. Developments in Plant and Soil Sciences, Vol. 43, eds Y. Chen, and Y. Hadar (Dordrecht: Springer), p. 39–249.
- Grobelak, A., Hiller, J. (2017). Bacterial siderophores promote plant growth: screening of catechol and hydroxamate siderophores. Int. J. Phytoremediation 19: 825–833.
- Honma, M., Shimomura, T. (1978). Metabolism of 1- aminocyclopropane-1-carboxylic acid. Agric. Biol. Chem. 42: 1825–1831.
- Ibny, F. Y. I., Jaiswal, S. K., Mohammed, M., Dakora, F. D. (2019). Symbiotic effectiveness and ecologically adaptive traits of native rhizobial symbionts of Bambara groundnut (*Vigna subterranea* L. Verdc.) in Africa and their relationship with phylogeny. Sci. Rep. 9: 12666.
- Igiehon, O.N., Babalola, O.O., Bukola R., Aremu, I. (2019). Genomic insights into plant growth promoting rhizobia capable of enhancing soybean germination under drought stress. BMC Microbiology volume 19: 159-181.
- Imperlini, E., Bianco, C., Lonardo, E., Camerini, S., Cermola, M., Moschetti, G. (2009). Effect of indole-3-acetic acid on *Sinorhizobium meliloti* survival and on symbiotic nitrogen fixation and stem dry weight production. Appl. Microbiol. Biotechnol. 83: 727–738.
- Jacobson, C.B., Pasternak, J. J., Glick, B. R. (1994). Partial purification and characterization of ACC deaminase from the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. Can. J. Microbiol. 40: 1019–1025.
- Jaiswal, S.K., Naamala, J., Dakora, F.D. (2018). Nature and mechanisms of aluminium toxicity, tolerance and amelioration in symbiotic legumes and rhizobia. Biol. Fertil. Soils 54: 1–10

- Jaiswal, S.K., Mohammed, M., Ibny, F.Y., Dakora, F.D. (2021). Rhizobia as a Source of Plant Growth-Promoting Molecules: Potential Applications and Possible Operational Mechanisms. *Front. Sustain. Food Syst.* 4: 1-14.
- Kanazawa, H., Ozaki, S., Doi, Y., Masuo, S., Takaya, N. (2020). Symbiotic riboflavin degradation by *Microbacterium* and *Nocardioide*s bacteria. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 84: 1056–1061
- Kelly, S.J., Muszyński, Kawaharada, Y., Hubber, A.M., Sullivan, J.T., Sandal, N., Carlson, R.W., Stougaard, J., Ronson, C.W. (2012). Conditional requirement for exopolysaccharide in the *Mesorhizobium*–*Lotus* symbiosis. *Mol Plant Microbe Interact.* 26: 319-29.
- Kidaj, D., Wielbo, J., Skorupska, A. (2012). Nod factors stimulate seed germination and promote growth and nodulation of pea and vetch under competitive conditions. *Microbiol. Res.* 167: 144–150.
- Kong, Z., Glick, B.R., Duan, J., Ding, S., Tian, J., McConkey, B.J. (2015). Effects of 1- aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase overproducing *Sinorhizobium meliloti* on plant growth and copper tolerance of *Medicago lupulina*. *Plant Soil.* 391: 383–398.
- Lebrazi, S., Fikri-Benbrahim, K. (2018). *Rhizobium*-legume symbioses: heavy metal effects and principal approaches for bioremediation of contaminated soil in Legumes for Soil Health and Sustainable Management, eds. R.S. Meena, A.D.G.S. Yadav, and R. Lal (Singapore: Springer), p. 539.
- Linstrom, K., Mousavi, S.A. (2020). Effectiveness of nitrogen fixation in rhizobia. *Microbial biotechnology.* 13: 1314-1335.
- Lynch, D., O'Brien, J., Welch, T., Clarke, P., O'Cuiv, P., Crosa, J.H. (2001). Genetic organization of the region encoding regulation, biosynthesis, and transport of rhizobactin 1021, a siderophore produced by *Sinorhizobium meliloti*. *J. Bacteriol.* 183: 2576–2585.
- Ma, W., Charles, T.C., Glick, B.R. (2004). Expression of an exogenous 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase gene in *Sinorhizobium meliloti* increases its ability to nodulate alfalfa. *Applied and Environmental Microbiology.* 70: 5891–5897.
- Mabood, F., Smith, D.L. (2005). Pre-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* with jasmonates accelerates nodulation and nitrogen fixation in soybean (*Glycine max*) at optimal and suboptimal root zone temperatures. *Physiol Plant.* 125: 311–323.
- Mandal, S., Mandal, M., Das, A., Pati, B., Ghosh, A. (2009). Stimulation of indoleacetic acid production in a *Rhizobium* isolate of *Vigna mungo* by root nodule phenolic acids. *Arch. Microbiol.* 191: 389–393.
- Mandal, S.M., Mondal, K.C., Dey, S., Pati, B.R. (2007). Optimization of cultural and nutritional conditions for indole-3-acetic acid (IAA) production by a *Rhizobium* sp. isolated from root nodules of *Vigna mungo* (L.) Hepper. *Res. J. Microbiol.* 2: 239–246.

- Matiru, V.N., Dakora, F. D. (2005). Xylem transport and shoot accumulation of lumichrome, a newly recognized rhizobial signal, alters root respiration, stomatal conductance, leaf transpiration and photosynthetic rates in legumes and cereals. *New Phytol.* 165: 847–855.
- Menendez, E., Perez-Yepe, J., Hernandez, M., Rodriguez-Perez, A., Velazquez, E., Leon-Barrios, M. (2020). Plant Growth Promotion Abilities of Phylogenetically Diverse *Mesorhizobium* Strains: Effect in the Root Colonization and Development of Tomato Seedlings. *Microorganisms*. 8: 412-427.
- Mrabet, M., Abdellatif, E., Zribi, K., Mhamdi, R., Djebali, N. (2011). *Sinorhizobium meliloti* can protect *Medicago truncatula* from infection by *Phoma medicaginis*. *Phytopathol. Mediterr.* 50: 183–191.
- Niehaus, K., Lagares, A., Puhler, A.A., (1998). A *Sinorhizobium meliloti* lipopolysaccharide mutant induces effective nodules on the host plant *Medicago sativa* (Alfalfa) but fails to establish a symbiosis with *Medicago truncatula*. *Mol Plant Microbe Interact.* 11: 906-14.
- Nukui, N., Minamisawa, K., Ayabe, S.I., Aoki, T. (2006). Expression of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase gene requires symbiotic nitrogen-fixing regulator gene nifA2 in *Mesorhizobium loti* MAFF303099. *Appl. Environ. Microbiol.* 72: 4964–4969.
- Ivan, J., Oresnik, S., Hynes, M.F. (1999). Cloning and Characterization of a *Rhizobium leguminosarum* Gene Encoding a Bacteriocin with Similarities to RTX Toxins. *Applied and Environmental Microbiology* 65: 2833-2840.
- Oldroyd, G. E., Murray, J. D., Poole, P. S., Downie, J. A. (2011). The rules of engagement in the legume-rhizobial symbiosis. *Annu. Rev. Genet.* 45: 119–144.
- Ovtsyna, A.O., Rademaker, G.J., Esser, E., Weinman, J., Rolfe, B.G., Tikhonovich, I.A., Lugtenberg, B.J.J., Thomas-Oates, J.E., Spaink, H.P. (1999) Comparison of characteristics of the nodX genes from various *Rhizobium leguminosarum* strains. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 12: 252–258.
- Paudyal, S.P., Aryal, R.R., Chauhan, S.V.S., Maheshwari, D.K. (2007). Effect of heavy metals on growth of *Rhizobium* strains and symbiotic efficiency of two species of tropical legumes. *Sci. World.* 5: 27–32.
- Penterman, J., Abo, R.P., De Nisco, N.J., Arnold, M.F., Longhi, R., Zanda, M., Walker, G.C. (2014). Host plant peptides elicit a transcriptional response to control the *Sinorhizobium meliloti* cell cycle during symbiosis. *Proc Natl Acad Sci U S A* 111:3561–3566.
- Penrose, D.M., Glick, B.R. (2003). Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. *Physiol. Plant.* 118: 10–15.
- Perotto, S., Brewin, N., Kannenberg, E. (1994). Cytological evidence for a host defense response that reduces cell and tissue invasion in pea nodules by

- lipopolysaccharide-defective mutants of *Rhizobium leguminosarum* strain 3841. *Mol Plant Microbe Interact.* 7: 99-112.
- Pholo, M., Coetzee, B., Maree, H.J., Young, P.R., Lloyd, J.R., Kossmann, J. (2018). Cell division and turgor mediate enhanced plant growth in *Arabidopsis* plants treated with the bacterial signalling molecule lumichrome. *Planta.* 248:, 477–488.
- Prithiviraj, B., Zhou, X., Souleimanov, A., Kahn, W., Smith, D. (2003). A host-specific bacteria-to-plant signal molecule (Nod factor) enhances germination and early growth of diverse crop plants. *Planta* 216: 437–445.
- Pueppke, S.G., Broughton, W.J. (1999). *Rhizobium* sp strain NGR234 and *R.fredii* USDA257 share exceptionally broad, nested host ranges. *Mol Plant Microbe Interact.* 12: 293-318.
- Rajkumar, M., Prasad, M. N. V., Freitas, H. (2010). Potential of siderophore-producing bacteria for improving heavy metal phytoextraction. *Trends Biotechnol.* 28:, 142–149.
- Rosas, S., Soria, R., Correa, N., Abdala, G. (1998) Jasmonic acid stimulates the expression of nod genes in *Rhizobium*. *Plant Mol Biol.* 38: 1161–1168.
- Saleem, M., Arshad, M., Hussain, S., Bhatti, A.S. (2007). Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture. *J. Ind. Microbiol. Biot.* 34: 635–648.
- Shokri, D., Emtiazi, G. (2010). Indole-3-acetic acid (IAA) production in symbiotic and non-symbiotic nitrogen-fixing bacteria and its optimization by Taguchi design. *Curr. Microbiol.* 61: 217–225.
- Siqueira, A.F., Ormeno-Orrillo, E., Souza, R.C., Rodrigues, E.P., Almeida, L.G.P., Barcellos, F.G. (2014). Comparative genomics of *Bradyrhizobium japonicum* CPAC 15 and *Bradyrhizobium diazoefficiens* CPAC 7: elite model strains for understanding symbiotic performance with soybean. *BMC Genomics.* 15: 420.
- Smytkiewicz, K., Podlesny, J., Wielbo, J., Podlesna, A. (2021). The Effect of a Preparation Containing Rhizobial Nod Factors on Pea Morphological Traits and Physiology. *Agronomy.* 11: 1457-1470
- Stajkovic, O., Delic, D., Josic, D., Kuzmanovi, D., Rasuli, N., Knezevi-Vukcevi, J. (2011). Improvement of common bean growth by co-inoculation with *Rhizobium* and plant growth-promoting bacteria. *Rom. Biotechnol. Lett.* 16: 5919–5926
- Tavares, M.J., Nascimento, F.X., Glick, B.R., Rossi, M.J. (2018). The expression of an exogenous ACC deaminase by the endophyte *Serratia grimesii* BXF1 promotes the early nodulation and growth of common bean. *Lett. Appl. Microbiol.* 66: 252–259.

- Teale, W.D., Paponov, I.A., Palme, K. (2006). Auxin in action: signalling, transport and the control of plant growth and development. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 7: 847–859.
- Tsikou, D., Kalloniati, C., Fotelli, M. N., Nikolopoulos, D., Katinakis, P., Udvardi, M.K. (2013). Cessation of photosynthesis in *Lotus japonicus* leaves leads to reprogramming of nodule metabolism. *J. Exp. Bot.* 64: 1317–1332.
- Vargas, L.K., Lisboa, B.B., Schlindwein, G., Eichelberger Granada, C., Giongo, A., Beneduzi, A., Passaglia, L.M.P. (2009). Occurrence of plant growth-promoting traits in clover-nodulating rhizobia strains isolated from different soils in Rio grande do sul state. *R. Bras. Ci. Solo.* 33: 1227-1235.
- Via, V.D., Zanetti, M. E., Blanco, F. (2016). How legumes recognize rhizobia. *Plant Signal. Behav.* 11: e1120396.
- Wang, D., Griffiths, J., Starker, C., Fedorova, E., Limpens, E., Ivanov, S., Bisseling, T., Long, S.R. (2010). A nodule-specific protein secretory pathway required for nitrogen-fixing symbiosis. *Science* 327: 1126–1129.
- Wang, Q., Liu, J., Zhu, H. (2018). Genetic and molecular mechanisms underlying symbiotic specificity in legume-*Rhizobium* interactions. *Front. Plant Sci.* 9: 1-8.

Tablo 1. *Rhizobium* bakterileri tarafından üretilen bazı metabolitler

<i>Rhizobium</i> tarafından üretilen metabolitler	Metabolit üreticiler	Kaynak
ACC	<i>Mesorhizobium</i> spp. <i>S. meliloti</i>	Brigido ve ark. (2013) Ma ve ark. (2004)
Sitokin	<i>Bradyrhizobium</i> sp. ORS285	Podlesakova ve ark. (2013)
Nod faktörler	<i>Rhizobium leguminosarum</i> <i>Bradyrhizobium japonicum</i> <i>R. leguminosarum</i> bv. <i>viciae</i>	Rosas ve ark. (1998); Mabood ve Smith (2005) Ovtsyna ve ark. (1999), Smytkiewicz ve ark. (2021)
nodül spesifik sistein açısından zengin peptitler (NCR)	<i>Sinorhizobium meliloti</i>	Penterman ve ark. (2014); Wang ve ark. (2010)
	<i>Sinorhizobium meliloti</i>	Imperlini ve ark. (2009); Bianco ve Defez (2009)
Indol asetik asit (IAA)	<i>Rhizobium</i> spp.	Bhattacharyya ve Pati (2000)
Fosfat çözücü	<i>Sinorhizobium meliloti</i>	Bianco ve Defez (2010)
rhizotoxin, siderofor	<i>Rhizobium</i> sp. <i>Rhizobium tropici</i> <i>Rhizobium cellulosilyticum</i> <i>Rhizobium taibaishanense</i> <i>Ensifer meliloti</i>	Igiehon ve ark. (2019)
Bakteriosin	<i>Rhizobium leguminosarum</i> 248	Ivan ve ark. (1999)
siderofor	<i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar <i>viciae</i> <i>Mesorhizobium</i> spp. <i>R. leguminosarum</i> biovar <i>trifolii</i>	Dilworth ve ark. (1998) Menendez ve ark. (2020) Vargas ve ark. (2009)



BÖLÜM 7

DEFNE’NİN KÜLTÜREL VE EKONOMİK ÖNEMİ: HATAY YÖRESİNDE DEFNE ÜRETİMİ VE TÜRKİYE’NİN DEFNE DIŞ TİCARETİ

Ahmet Duran ÇELİK¹

¹ Dr.Öğr.Üyesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Hatay/Türkiye, E-mail: adcelik@mku.edu.tr, Orcid No: <https://orcid.org/0000-0003-3018-822X>

1. Giriş

Defnenin tarihçesi

Defne yaprağı, Romalılardan Antik Yunanlılara kadar, pek çok medeniyetin tarihinde hem zafer hem de barışın simgesi olarak kullanılmıştır. Eski çağlarda, olimpiyatlarda kazanan oyunculara ve kralların başına zaferin bir simgesi olarak defne yapraklarından yapılan taçlar takılmaktaydı. Zaferin yanı sıra, bolluk, bereket ve bilgeliğin simgesi olarak ta devlet törenlerinde kullanılmış olan defne, pek çok mitolojik hikayeye konu olmuş, kültürel ve tarihi derinliği olan bir bitkidir. Antik Yunan mitolojisine göre; tanrı Zeus'un oğlu Apollon, Daphne adında güzel ve genç bir kıza aşık olur. Daphne, yalnız başına dolaşmayı, doğada bir başına hayvanlarla vakit geçirmeyi çok seviyordu. Dahası, kendisini yalnızlığa adanmış ve kesinlikle evlenmemeye yemin etmişti. Ancak Apollon ona delicesine tutulmuş ve peşini bırakmıyordu. Bir gün, ormanda karşılaştıklarında, Apollon güzeller güzeli Daphne ile konuşmak ister, ancak Daphne ondan korkarak kaçmaya başlar. Yorgun düşene kadar koşan genç kız, yere yıkılır ve korku içinde toprak anaya yalvarmaya başlar; *“Ey toprak ana! Ört beni, sakla beni, kurtar beni”*. Toprak ana onun yakarışını duymuş, Daphne'nin yorgunluktan ağrıyan bacakları sertleşerek odunlaşmış, göğsünü gri kabuklar kaplamış, saçları güzel kokulu yapraklara dönüşmüş, kolları dallara, ayakları ise köklere dönüşerek toprağın derinliklerine inmişti. Sevdiği kızı kovalarken kendisini birden bir ağaca sarılırken bulan Apollon şaşırır ve kederlenir. Üzüntü içinde ağaca sarılırken, Daphne'nin halen atan kalbini hisseder, ve ona; *“ey Daphne, seni çok sevdim ama madem ki eşim olamayacaksın, bundan sonra sen Apollon'un kutsal ağacı olacaksın. Yaprakların hiç solmayacak, dökülmeyecek ve hep yeşil kalacak. Yapraklarından başıma çelenk yapacağım”* der. O günden sonra Defne ağacı Apollon'un en sevdiği ağaç olur ve defne ağacının yapraklarından kendi saçlarına taç yapar ve bu tacı kafasından hiç çıkartmaz. Apollon heykellerinin başında görülen defne yapraklarından yapılmış tacın sebebi budur. Yine aynı dönemlerde, devlet törenlerinde savaş kahramanlarına ödül olarak defne yapraklarından yapılan taçlar takılmaktaydı (Anonim, 2017; Url-1). Bir efsaneye göre, bu olay Hatay ilinin, Defne ilçesinin, Harbiye beldesinde gerçekleşmiştir. Bu düşüncenin en önemli kanıtlarından birisi, Antakya Arkeoloji Müzesinde bulunan Apollon ve Daphne mozağıdır. Ayıca yöre halkı, defne ağaçlarının arasından akan ünlü Harbiye şelalelerini, Daphne'nin gözyaşları olarak adlandırmaktadır.



Resim 1: *Daphne'nin göz yaşları olduğu rivayet edilen Harbiye Şelaleleri-Hatay*
Kaynak: Defne Belediyesi, 2022.

Defne, dünya genelinde pek çok ünlü esere de ilham kaynağı olmuştur. Bunlardan en bilineni, barok sanatının önemli eserleri arasında gösterilen ve 17. yüzyılda yaşamış olan heykeltıraş *Gian Lorenzo Bernini* tarafından, 1622-1625 yılları arasında yapılan “*Apollon ve Daphne*” heykelidir (Resim 2). Apollon tarafından kovalanan Daphne'nin defne ağacına dönüşmesini konu alan heykel, Roma'daki “*Villa Borghese*” müzesinde sergilenmektedir (Ensarioğlu, 2020).



Resim 2: *Apollon ve Daphne Heykeli-Roma-İtalya*
Kaynak: Url-2.

Defnenin ekonomik önemi

Kültürel ve tarihi zenginliğinin yanı sıra, defne bitkisi, günümüzde ekonomik açıdan da büyük önem taşımaktadır. Dünya’da en çok ticareti yapılan Akdeniz defnesi (*Laurus nobilis* L.), defnegiller (*Laureceae*) ailesinin 40 cinsinden biri olup, Türkiye’nin özellikle sahil bölgelerinde yer alan ormanlık alanlarda doğal olarak yayılış göstermektedir. Türkiye, dünyada defne yaprağı üretiminde ve dış ticaretinde öncü ülke konumunda olup, dünya defne yaprağı talebinin %80’den fazlasını karşılamaktadır. Doğadan toplama yöntemiyle elde edilen defnenin kurutulan yaprakları, dallarından ve yabancı maddelerden arındırıldıktan sonra başta Çin, Vietnam ve ABD olmak üzere yaklaşık 60 ülkeye ihraç edilmektedir. 2020 yılında Türkiye’de toplam 44 bin ton defne yaprağı üretilmiş olup, aynı yıl 16 bin ton işlenmiş (kurutulmuş) defne yaprağı ihraç edilerek 45 milyon USD döviz geliri elde edilmiştir (TÜİK, 2021). Defnenin yaprak ve meyveleri, içerdiği etken maddelerden dolayı ilaç sanayisinde hammadde olarak kullanılmaktadır (Karaoğlu ve ark., 2012). Tıbbi amaçların haricinde, kuru meyvelerin ambalajlanmasında, et ve balık konservelerinde, kurutulmuş yaprak halinde et yemeklerinde baharat olarak kullanılmasın yanı sıra, sabun ve parfümeri başta olmak üzere kozmetik sanayilerinde hammadde olarak geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır (Konukçu, 2001).

Tıbbi ve aromatik bitkiler grubunda yer alan defne bitkisi, odun dışı orman ürünü kapsamında yer almaktadır. Tanım olarak, odun dışı orman ürünleri; “*orman ekosistemlerinde yetişen, ticari ve ticari olmayan amaçlarla hasat edilen ya da toplanan, ağaççık, çalı ve her türlü bitki ve bunların parçalarıdır*”. Bu ürünler aynı zamanda “ikincil ürünler”, “özel orman ürünleri”, “geleneksel olmayan ürünler” olarak da adlandırılmaktadır (Leakey ve ark., 1996).

2019 yılı itibariyle, Türkiye genelinde ormanlık alanlardan toplam 32 bin 600 ton defne yaprağı elde edilmiş olup, bu süreçte çalışan orman köylülerine 115 milyon lira ekonomik katkı sağlanmıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020).

Hatay yöresi, defne ağaçlarının doğal olarak yayılış gösterdiği önemli yörelerden birisi olup, defne yaprağı ve defne sabunu ticareti yöre ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Yörede defne sektörünün en önemli sorunları, defne sabunu özelinde; tağşiş, merdiven altı üretimi, pazarlama organizasyonun yetersizliği, kaliteli hammaddeye erişimde yaşanan zorluklar, yasal statü sorunu, defne yaprağı özelinde ise; doğal alanların tahrip edilmesi ve kooperatifleşmenin olmaması olarak sıralanabilir.

Bu çalışmada, Türkiye’de ve Hatay yöresinde yıllar itibariyle defne yaprağı üretim miktarlarında yaşanan değişimin yanı sıra, tıbbi ve aromatik bitkilerin defne yaprağı özelinde, Türkiye’nin dış ticaretindeki yeri ve

önemi ele alınmıştır. Bunlara ek olarak, Hatay yöresinde defne yaprağı ve defneden elde edilen mamul ürünler sektörü incelenerek, sektörün gelişimi açısından çözüm önerilerinin getirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu çalışmanın ana materyali, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Tarım ve Orman Bakanlığından elde edilen istatistiki verilerden oluşmaktadır. Çalışmada ayrıca, konu ile ilgili olarak daha önce yapılan çeşitli çalışmalardan elde edilen ikincil verilerden yararlanılmıştır.

Yöntem

Araştırma kapsamında, Türkiye’de ve Hatay yöresinde mevcut defne yaprağı üretimine ait veriler incelenmiştir. Yıllar itibariyle Türkiye’nin defne yaprağı üretim miktarına ait istatistiki veriler indeks hesabı ile ele alınarak, Hatay yöresinin defne yaprağı üretiminin Türkiye’nin toplam üretim miktarı içerisindeki payı karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bunun yanı sıra, çalışmada Türkiye’nin defne yaprağı dış ticaretinin yıllar içindeki değişimi ele alınmıştır.

3. Araştırma Bulguları

3.1. Türkiye’nin Defne Üretimi

Türkiye’nin defne yaprağı üretimi yılları itibariyle artış göstermektedir. 2012 yılında 12 bin ton civarında olan Türkiye’nin toplam defne yaprağı üretimi, 2020 yılı itibariyle 4 kata yakın bir artışla 44 bin tona ulaşmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Türkiye’nin Yıllara Göre İşlenmemiş Defne Yaprağı Üretim Miktarı

Yıl	Üretim (Ton)	İndeks (2012=100)
2012	12.351	100,00
2013	15.178	122,89
2014	15.581	126,15
2015	21.634	175,16
2016	21.788	176,40
2017	27.678	224,10
2018	28.582	231,41
2019	32.537	263,44
2020	44.350	359,08

Kaynak: TÜİK, 2021.

3.2. Türkiye'nin Defne ve Seçili Tıbbi ve Aromatik Bitkilerde Dış Ticareti

Türkiye, tıbbi ve aromatik bitkiler dış ticaretinde dünyada önemli bir yere sahiptir. Özellikle dünyadaki kekik ve defne yaprağı ihracatının %80'den fazlası Türkiye tarafından karşılanmaktadır. Türkiye'nin yıllar itibariyle seçilmiş bazı tıbbi ve aromatik bitkilerdeki ihracat rakamları Tablo 2'de verilmiştir. 2020 yılında en çok ihracat geliri elde edilen başlıca tıbbi ve aromatik bitkiler sırasıyla; kekik (59,9 milyon USD), defne yaprağı (44,7 milyon USD), haşhaş (18,4 milyon USD), kimyon (11,3 milyon USD), adaçayı (8,2 milyon USD) şeklindedir. Söz konusu beş üründen 2020 yılı itibariyle yaklaşık 143 milyon USD ihracat geliri elde edilmiştir.

Tablo 2. Türkiye'nin Seçilmiş Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerde İhracat Rakamları

Bitki Adı	2017		2018		2019		2020	
	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)
Kekik	17.708	56.931	17.460	56.415	16.781	53.250	19.773	59.860
Defne	12.709	36.059	14.599	40.249	13.513	38.235	16.413	44.673
Haşhaş	3.774	10.997	26.132	76.844	25.195	90.476	5.003	18.423
Kimyon	4.847	15.519	7.089	21.374	3.898	13.381	2.860	11.314
Adaçayı	1.907	7.057	1.962	7.184	2.317	8.681	2.176	8.156
Kırmızıbiber	1.880	6.141	2.024	6.313	2.105	6.049	2.707	7.988
Sumak	1.942	4.546	2.261	4.868	2.089	4.801	2.390	5.571
Keçiboynuzu	1.782	2.336	1.660	5.941	1.429	3.575	1.222	4.459
Anason	1.967	7.284	2.658	10.603	2.152	8.760	2.642	9.842
Meyan kökü	897	2.722	1.090	3.168	1.126	3.495	1.056	3.475
Toplam	49.413	149.592	76.935	232.959	70.605	230.703	56.242	173.761

Kaynak: TÜİK, 2021.

Türkiye'nin yıllar itibariyle defne yaprağı ihracatının ülkeler bazında dağılımı Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre, Türkiye'nin 2020 yılında defne ihracatı yaptığı ilk beş ülke sırasıyla; Çin (8,7 milyon USD), Vietnam (5,7 milyon USD), ABD (4,3 milyon USD), Brezilya (2,2 milyon USD), ve Polonya'dır (1,8 milyon USD). Söz konusu beş ülkeden elde edilen toplam defne yaprağı ihracat geliri 22,7 milyon USD olup, Türkiye'nin toplam defne yaprağı ihracat gelirinin yaklaşık %51'ini karşılamaktadır.

Tablo 3. Türkiye'nin Ülkelere Göre Defne Yaprağı İhracat Miktar ve Değerleri

Ülke	2018		2019		2020	
	İhracat Miktarı (ton)	İhracat Değeri (1000\$)	İhracat Miktarı (ton)	İhracat Değeri (1000\$)	İhracat Miktarı (ton)	İhracat Değeri (1000\$)
Çin	36	76	1.903	3.305	4.904	8.677
Vietnam	8.748	18.041	4.420	8.659	3.023	5.725
ABD	676	2.521	818	2.785	973	4.308
Brezilya	642	1.452	680	1.547	961	2.165
Polonya	320	1.661	360	2.007	365	1.845
Almanya	352	1.479	410	1.612	401	1.635
Japonya	203	1.082	258	1.507	237	1.393
İspanya	187	801	162	814	182	944
Avusturya	112	944	142	1.136	100	891
Romanya	203	1.040	155	936	164	826
G.Kore	154	643	142	600	175	708
Senegal	274	628	394	909	171	323
Diğer	2.682	9.827	3.669	12.418	4.757	15.233
Toplam	14.589	40.195	13.513	38.235	16.413	44.673

Kaynak: TÜİK, 2021.

Türkiye'nin yıllar itibariyle seçilmiş bazı tıbbi ve aromatik bitkilerdeki ithalat rakamları Tablo 4'te verilmiştir. Buna göre, Türkiye'nin 2020 yılında ithal ettiği başlıca ürünler sırasıyla; karabiber (10,4 milyon USD), keçiboynuzu (6,6 milyon USD), zencefil (6,2 milyon USD), kimyon (5,9 milyon USD), ve kekik'tir (4,7 milyon USD). Türkiye 2020 yılında 772 bin USD karşılığında 751 ton defne yaprağı ithal etmiştir. Türkiye'nin defne yaprağı ithalatının büyük bir bölümü yeniden ihraç (re-export) amaçlı olarak Suriye ve Gürcistan gibi ülkelere sağlanmaktadır.

Tablo 4. Türkiye'nin Seçilmiş Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerde İthalat Rakamları

Bitki Adı	2017		2018		2019		2020	
	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)	Miktar (Ton)	Değer (1000\$)
Karabiber	6.288	15.087	3.679	7.312	6.249	11.362	5.826	10.375
Keçiboynuzu	5.640	7.655	2.462	4.167	3.528	9.480	4.186	6.645
Zencefil	2.933	3.237	2.991	3.295	2.983	3.304	4.873	6.240
Kimyon	2.295	6.089	1.004	3.291	2.520	5.582	3.740	5.862
Kekik	1.517	3.963	1.788	4.749	2.165	6.166	1.831	4.709
Anason	2.273	4.763	3.613	6.589	1.817	3.122	1.448	3.787
Adaçayı	942	1.824	744	1.621	1.073	2.646	1.171	3.104
Çörekotu	5.501	5.558	2.429	2.512	2.648	2.532	3.407	2.033
Meyan kökü	915	1.540	1.102	1.985	1.093	2.249	926	1.950
Şerbetçiotu	118	1.534	181	2.210	161	2.297	107	1.516
Defne	1.330	1.795	989	1.523	333	473	751	772
Toplam	29.752	53.045	20.982	39.254	24.570	49.213	28.266	46.993

Kaynak: TÜİK, 2021.

3.3. Hatay Yöresinde Defne Üretimi

Hatay yöresinin yüz ölçümünün yaklaşık 5.400 km² olup, bunun yaklaşık 2.000 km²'si ormanlık alanlardan oluşmaktadır (OGM, 2022). Defne ağacı, Hatay yöresinin ormanlık alanlarının büyük bir kısmında doğal olarak yayılış göstermektedir. Yıllar itibariyle üretim miktarında dalgalanmalar olmakla birlikte, Orman Genel Müdürlüğü'nün resmi rakamlarına göre, yörede yıllık ortalama 1.500 ton defne yaprağı üretilmektedir. Hatay yöresinde yıllar itibariyle üretilen defne yaprağı miktarları ve Türkiye'nin toplam üretimi içerisindeki payları Tablo 5'te verilmiştir. Hatay yöresinde üretilen defne yaprağı miktarı yıllar itibariyle artmaktadır. 2018 yılında Hatay yöresinde yaklaşık 28,6 ton defne yaprağı elde edilmiş olup, bu miktar Türkiye'nin toplam defne yaprağı üretiminin %5,33'ünü oluşturmaktadır.

Tablo 5. Hatay İlinde Yıllar İtibariyle Defne Yaprakı Üretimi

Kriterler	2014	2015	2016	2017	2018
Türkiye toplamı (ton)	15.578	21.634	21.788	27.678	28.582
Hatay ili toplamı (ton)	947	1.547	2.019	1.253	1.524
Hatay ilinin payı (%)	6,08	7,15	9,26	4,53	5,33

Kaynak: Antakya Orman İşletme Müdürlüğü, 2019; OGM, 2018.

Hatay yöresinde defne ve tıbbi ve aromatik bitkiler sektörünün geliştirilmesine yönelik olarak yapılan çalışmalar

1. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Müzesi

Türkiye'nin ilk tıbbi ve aromatik bitkiler müzesi, 19. yüzyıldan kalma tarihi bir Antakya evinin restore edilmesi suretiyle, 2012 yılında ziyarete açılmıştır (Resim 3).



Resim 3. Hatay, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Müzesi

Kaynak: Hatay Valiliği, 2018.

Müzede, yörede yetişen yüzlerce tıbbi ve aromatik bitki ve bitki yağları kavanozlar içerisinde sergilenirken, müzede bulunmayan bitkilerin resimlerinin yer aldığı resim odalarının yanı sıra, İbn-i Sina gibi, Türk tarihinde yer alan ve bitkisel tedaviler üzerine çalıştığı bilinen tanınmış karakterlerin balmumu heykellerinin sergilendiği odalar da bulunmaktadır.



Resim 4. *Hatay, Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Müzesi*

Kaynak: Hatay Valiliği, 2018.

2. 2015 yılında, Tarım ve Orman Bakanlığı, Hatay Valiliği ve Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı (DOĞAKA) gibi kurumların katkılarıyla, “Hatay Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Çalıştayı” düzenlenerek, bir eylem planı hazırlanmıştır.

3. Hatay Defne Sabunu, mahreç ürün olarak 2017 yılında coğrafi işaret almıştır

4. Defne yağının coğrafi işaretinin alınmasına yönelik başvuru süreci devam etmektedir.

5. Türkiye’de defne yaprağı üretiminin geliştirilmesine yönelik olarak, Orman Genel Müdürlüğü tarafından 2016-2020 Defne Eylem Planı hazırlanmıştır. Bu kapsamda, Hatay yöresinde yapılması planlanan başlıca çalışmalar arasında; defne alanlarının ulaşım altyapılarının geliştirilmesi, defne alanlarının envanterinin yapılması, orman köylülerinin eğitilmesi, tüketime yönelik tanıtım çalışmalarının artırılması, defne alanlarının rehabilitasyonu gibi farklı başlıklar bulunmaktadır (OGM, 2016).

6. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü bünyesinde, defne ağaçlarının ıslahına yönelik çeşitli projeler yürütülmektedir.

7. Hatay ili, Defne İlçe Belediyesi tarafından, Hatay ilinin ve defne-nin marka kimliğini öne çıkarmak amacı ile “Apollon ve Defne” anıtının yapımı için bir proje çalışması yürütülmektedir.

Hatay yöresinde defne'nin değerlendirme şekilleri

- Defne Yapraklarının Kurutularak Baharat Olarak Değerlendirilmesi
- Eterik Yağ Elde Edilmesi (Kozmetik ve İlaç Sanayi)
- Hatay Defne Sabunu Üretimi



Resim 5. Hatay Defne Sabunu

Kaynak: Çelik, 2019.

Hatay yöresinde defne üretim ve pazarlanmasında yaşanan başlıca sorunlar

1. Aşırı ve bilinçsiz toplama, doğal alanların tahribatı: Doğal alanların aşırı sömürülmesi bazı bitki türlerini yok olma tehdidi ile karşı karşıya bırakmaktadır. Defne yaprağı özelinde, defne ağaçlarının dallarıyla hatta gövdeleriyle birlikte hasat edilmesi, yıllık üretim miktarlarında dalgalanmalara yol açmaktadır.

2. Kooperatifleşmenin olmaması: Yörede defne yaprağı üreticileri/toplayıcıları özelinde bir kooperatifleşmenin olmaması, üreticilerin yöredeki büyük tüccarlar karşısında pazarlık gücünü zayıflatmaktadır. Bu durum, pazarlama marjının artmasına, dolayısıyla üretici ve tüketici fiyatları

arasındaki makasın açılmasına neden olmaktadır (Çelik, 2019).

3. Tağşiş: Yarı mamul veya mamul ürünlere yabancı madde karıştırılması, defne sektörünün karşı karşıya olduğu en ciddi sorunlardandır. Kozmetik sektörü özelinde, defne sabununun hammaddesi olan defne yağına karıştırılan farklı ve kalitesiz yağlar, bir yandan insan sağlığını tehdit ederken diğer yandan defne sabununun ve yöre imajının zedelenmesi riskini taşımaktadır.

4. Merdiven altı üretim: Merdiven altı üretim, defne sabunu sektörünün yöredeki bir diğer önemli sorundur. Yörede merdiven altı üretim oldukça yaygın olup, standart dışı üretilen bu ürünler, yörede faaliyet gösteren kozmetik firmalarının faaliyetlerini ve yöre imajını olumsuz yönde etkilerken, cilt problemleri, kayıt dışılık ve vergi kaybı gibi farklı sorunlara neden olmaktadır.

5. Pazarlama organizasyonun yetersizliği: Hatay yöresinde kurutulan defne yapraklarının tamamına yakın bir kısmı yarı mamul şekilde, paketlenmek ve ihraç edilmek üzere Ege bölgesine yollanmaktadır. Defne sabunu gibi işlenmiş kozmetik ürünler ise, yöredeki yetersiz pazarlama altyapısı nedeniyle, fason olarak başka firmalar adına üretilmektedir. Bu durum, yöredeki firmaların markalaşma açısından sorunlar yaşamasına neden olmaktadır.

6. Yeterli miktarda kaliteli hammaddeye erişimde yaşanan zorluklar: Yörede faaliyet gösteren kozmetik firmaları, defne sabunu imalatı için ihtiyaç duydukları defne yağını orman köylülerinden temin etmektedirler. Bu durum, kaliteli ve yeterli hammaddeye erişimi sınırlarken, buna bağlı olarak düşük kapasite kullanım oranı gibi sorunlara yol açmaktadır.

7. Defne sabununun yasal statü sorunu: Defne sabunu, Hatay yöresine özgü bir ürün olup, üretilen sabunun kalitesi, Hatay'ın doğal iklim ortamında üretilmesi ve kurutulmasına bağlıdır. Ancak denetlemeler esnasında sanayi sabunu kategorisi altında değerlendirilen defne sabunu, diğer sanayi sabunlarının tabii olduğu standartlarda üretilmeleri ve depolanmaları durumunda, kendine has doğal özelliklerini kaybetmektedirler. Bu nedenle, defne sabununun yöresel ürün statüsünde değerlendirilmesine yönelik bir mevzuat çalışmasının yapılması yöredeki firmaların en önemli taleplerinden biridir (Çelik, 2019).

8. Yetersiz tanıtım: Hatay yöresi gerek tarihi açıdan gerekse doğal flora açısından oldukça zengin bir yapıya sahip olmasına rağmen, yörenin bilinirliği halen istenilen düzeyde değildir. Hatay yöresine özgü defne sabununun dünya da Halep sabunu olarak bilinmesi bunun örneklerinden sadece bir tanesidir. Medeniyetler tarihi boyunca büyük bir öneme sahip olan Hatay yöresi, yeterli tanıtım ve reklam çalışmaları yapılması durumunda,

doğal güzellikleri açısından da rahatlıkla turist cazibesi yaratılabilecek bir potansiyele sahiptir.

4. Sonuç ve Tartışma

Defne başta olmak üzere, Türkiye’de pek çok tıbbi ve aromatik bitki doğadan toplama yolu ile elde edilmektedir. Doğadan toplayıcılığın yol açtığı en önemli sorun ise şüphesiz ki doğal alanların tahribatıdır. Türkiye’de ve Hatay ilinde defne yaprağını ormanlık alanlardan toplayarak geçimini sağlayan üreticilerin eğitim seviyeleri genelde düşük düzeydedir. Bu nedenle, orman köylülerinin defne yaprağı hasadı konusunda eğitilmelerine yönelik çalışmaların yürütülmesinin yanı sıra, ormanlık alanlardaki denetimlerin artırılması, doğal alanların tahribatının önlenmesi açısından önem taşımaktadır.

Defne yaprağı üretici/toplayıcılarının faaliyetlerini bir kooperatif çatısı altında yürütmeleri, daha sağlıklı ve sürdürülebilir bir yapının oluşturulması ve üretici gelirinin artırılması bakımından önemli bir rol oynayacaktır.

Başta kozmetik ürünler olmak üzere, defne bitkisinden elde edilen ürünlerin standardizasyonu küresel rekabet açısından büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, küresel taleplere uygun üretim standartları getirilerek, bu yönde üretim teşvik edilmelidir. Bununla birlikte, Hatay defne sabunu gibi, kalitesi ve kendine has özellikleri yöresel iklim koşullarına bağlı olan ürünlerin, sanayi ürünü statüsü yerine, yöresel ürün statüsünde değerlendirilmeleri gerekmektedir.

Sektörde koordinasyonun sağlanması amacıyla, defne ağacının yayılış gösterdiği illerde, Valilik bünyesinde, yöredeki paydaşların (Tarım İl Müdürlüğü, üniversiteler, işletmeler, üreticiler, kalkınma ajansları, vb.) temsil edildiği ve ortak kararların alındığı bir defne koordinasyon ve yönlendirme biriminin oluşturulması yararlı olacaktır.

Yeterli miktarda ve kalitede defne yağı üretimini sağlamak ve taşıması önlemek amacı ile defne yağı üretimine yönelik bir tesisin kurulması, sabun ve kozmetik sektörünün hammadde ihtiyacını karşılamak açısından önem taşımaktadır.

Defne yaprağı dahil olmak üzere, Türkiye’nin tıbbi ve aromatik bitkiler dış ticareti çoğunlukla katma değeri düşük baharat ihracatına yöneliktir. Başta kozmetik ürünler olmak üzere, mamul ürün odaklı üretimin yaygınlaştırılarak, iç ve dış hedef pazarların belirlenmesi, bu pazarlara yönelik stratejilerinin geliştirilmesi ve yapılacak destek ve teşvikler ile sektörel alt yapının güçlendirilmesi ve katma değeri yüksek ürünlerin ihraç edilmesine yönelik adımların atılması gerekmektedir.

Yörenin tanıtımı açısından ise, dünyada ve Türkiye’de çeşitli örnekleri bulunan (Isparta ili, Kuyucak köyü, lavanta bahçeleri gibi) başarılı peyzaj çalışmalarına benzer çalışmalar yapılarak, yörenin hali hazırdaki tarihi ve kültürel zenginlikleri, doğal zenginlikleri ile görsel açıdan harmanlanarak cazibeli hale getirilmesi, yörenin tanıtımına önemli katkılar sağlayabilir.

Kaynaklar

- Anonim, 2017. Defne Yaprağı, Hatay Gastronomi. (Erişim: <https://hataygastro-nomi.com/arsivler/2852#>)
- Antakya Orman İşletme Müdürlüğü. 2019. Antakya Orman İşletme Müdürlüğü Kayıtları.
- Alma, M.H., 2011. Usage of Microwave Technique for Producing Essential Oil from *Laurus nobilis* Leaves from Turkey. Türkiye’de Orman Tali Ürünleri ve Kullanım Yerleri Ders Notları. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (yayınlanmamış).
- Hatay Valiliği, 2018. Erişim: <http://www.hatay.gov.tr/tibbi-ve-aromatik-bitkiler-muzesi>. Erişim Tarihi: 03.12.21.
- Çelik, A.D.**, 2019. Hatay İlinde Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Piyasası ve Geliştirilmesi İmkanları. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Defne Belediyesi, 2022. Harbiye Şelalesi. Erişim: <https://www.defne.bel.tr/harbiye-selalesi/>. Erişim Tarihi: 07.03.2022.
- Ensarioğlu, S.A., 2020. Bernini’nin “Apollo ve Daphne” Heykeli. Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi L, 2020/3, 460-478.
- Karaoğlu, E., Ertaş, M., Altuntaş, E. ve Alma, M.H., 2012. Karadeniz ve Akdeniz Bölgesinde Yetişen Defne (*Laurus nobilis*)’nin Kimyasal İçeriği. KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, Özel Sayı, 74-77.
- Konukçu, M., 2001. Ormanlar ve Ormancılığımız. Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, DPT (KB) Yayın No: 2630, Ankara. s.238.
- Leakey, R.B., Temu, A.B., Melynk, M. and Vantomme, P., 1996. Domestication and Commercialization of Non-Timber Forest Products. Non-Wood Forest Products Series 9, Rome. 92-5-103935-6.
- OGM, 2016. Orman Genel Müdürlüğü, 2016-2020 Defne Eylem Planı. Erişim: https://web.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Defne_Eylem_Planı.pdf. (Erişim Tarihi: 05.12.21).
- OGM, 2018. Orman Genel Müdürlüğü. Ormancılık İstatistikleri. Erişim: <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sayfalar/Istatistikler.aspx>. (Erişim Tarihi: 15.02.2018).
- OGM, 2022. Orman Genel Müdürlüğü. İllere Göre Orman Varlığı. Erişim: <https://web.ogm.gov.tr/Sayfalar/Ormanlarımız/Illere-Gore-Orman-Varligi.aspx>. (Erişim Tarihi: 02.03.2022).
- Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020. Erişim: <https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/4560/Tarim-Ve-Orman-Bakanligi-2019da-32-Bin-600-Ton-Defne-U-retimi-Gerceklestirdi%E2%80%A6> (Erişim Tarihi: 02.12.2021).

- TÜİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu Veri Tabanı. Erişim: <https://data.tuik.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 15.10.2021).
- Url-1. Erişim: <https://www.tarihkolik.com/apollon-ile-dahpne-efsanesinin-perde-arkasi-buyuk-ask-hikayesi-ve-eros/>. (Erişim Tarihi: 07.03.2022).
- Url-2. Erişim: <https://www.mevzusanat.com/bir-dehanin-eseri-apollondaphne/>. (Erişim Tarihi: 07.03.2022).



BÖLÜM 8

SEKONDER METABOLİTLER VE NEMATİSİDAL ETKİLERİ

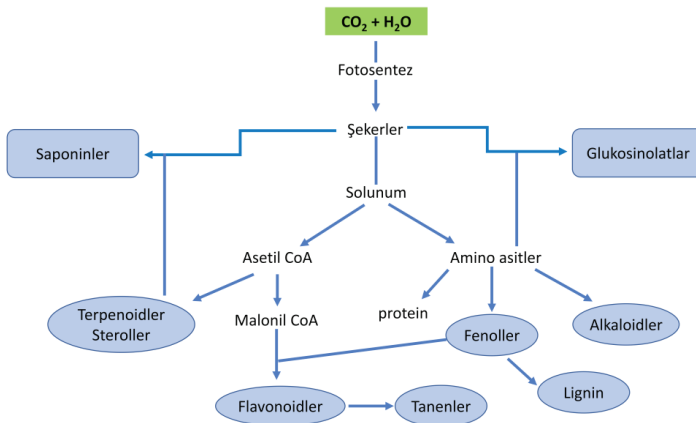
Mehmet Ali TEMİZ¹

Elif YAVUZASLANOĞLU²

1 Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali TEMİZ, Karamanaoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Karaman. ORCID: 0000-0002-4680-3023

2 Doç. Dr. Elif YAVUZASLANOĞLU: Karamanaoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Karaman. ORCID: 0000-0002-5836-7011

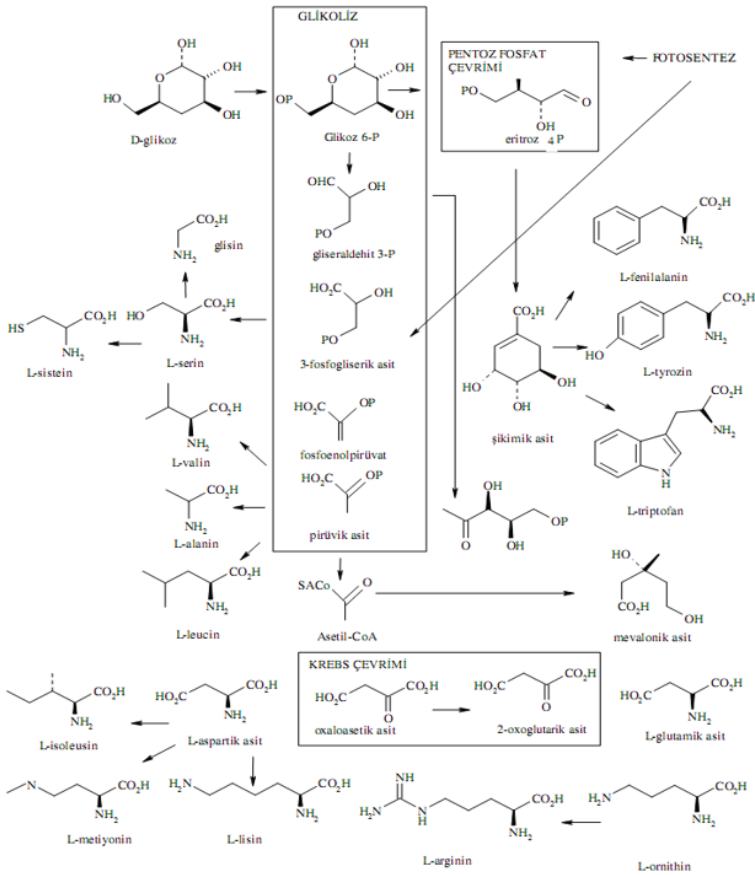
Bitkiler bin yıllardır varlığını sürdüren ve değişen doğa koşullarına göre çok hızlı adapte olup yaşamını devam ettiren bir canlı grubudur. Bitkiler, birincil üretici olarak fotosentez vasıtasıyla kendi besinlerini üretebilen, biyolojik çeşitlilik açısından hayvanlar aleminden sonra en fazla türe sahip çok büyük bir canlılar alemidir. Ekolojik dengenin sağlanması ve sürdürülebilir olmasında canlılar alemi için önemli ve hayati rollere sahiptirler (Anderson ve Song, 2020). Çünkü bitkiler fotosentez vasıtasıyla temelde diğer canlılar için enerjinin ve yaşamın kaynağıdır. Fotosentez güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürüp besin ve oksijen üreterek yaşam döngüsünün temelini oluşturur. Diğer taraftan fotosentez süreci bitkide üretilecek diğer pek çok öncül metabolitlerin de kaynağını oluşturmaktadır. Bitkinin büyümesi, gelişmesi ve üremesi için gerekli olan metabolitler enzim aracılı kimyasal reaksiyonlar sonucu sentezlenen elzem ve spesifik fonksiyonlara sahip organik bileşiklerdir. Yani bunlar normal fizyolojik süreçlerin sürdürülmesinde önemli bileşenlerdir. Bu organik bileşiklerin asimilasyonu ve parçalanarak diğer ara metabolitlere dönüşüm süreci kilit role sahip primer metabolit yolu olarak ta bilinen merkez karbon metabolizması vasıtasıyla gerçekleşmektedir (Pott ve ark., 2019). Primer metabolitler, bitkiler aleminde evrensel olarak bulunurlar çünkü bunlar, glikoliz, Krebs döngüsü, Calvin döngüsü vb. gibi temel metabolik yolların veya döngülerin bileşenleri veya ürünleridir. Enerji açısından zengin sukroz ve nişasta, yapısal bileşen selüloz, bilgi taşıyıcı DNA ve RNA, klorofil gibi pigmentler, bazı amino asitler primer metabolitlere örnektir. Bitkiler ayrıca primer metabolit yollarının modifikasyonu vasıtasıyla direkt büyüme ve gelişmede rolü olmayan ancak çok çeşitli fonksiyonlara sahip sekonder metabolit olarak adlandırılan organik bileşiklerinde üretilmesi sağlar (Şekil 1) (Rani ve ark., 2018).



Şekil 1. Primer metabolitlerden sekonder metabolitlerin türevlenmesi (Rani ve ark., 2018)

1. Sekonder Metabolitler

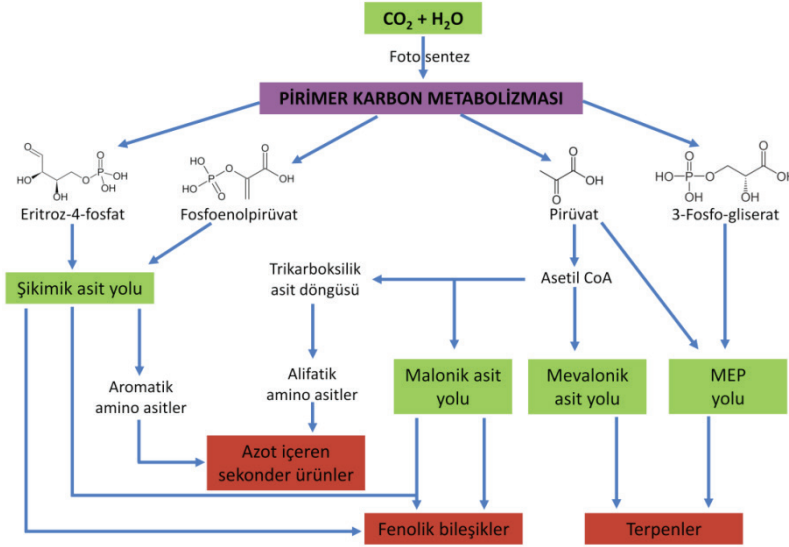
Sekonder metabolitler genel olarak biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı koruyucu olarak üretilmektedirler. Aktif büyümeden durağan faza geçiş sırasında çok daha yüksek miktarlarda üretilirler (Pott ve ark., 2019). Sekonder metabolitlerin çoğu antibiyotikler, insektisitler, fitoaleksinler ve diğer savunma ile ilgili bileşikler olarak bitkiye hizmet ederler. Bazıları ise adaptasyonunun arttırılması ve tozlayıcılık için ya da bitkilerin diğer organizmalar ile etkileşimine aracılık eder. Ayrıca aroma, renk, koku ve besin değeri gibi organoleptik özellikler de sekonder metabolitler sayesinde ortaya çıkar (Rani ve ark., 2018; Pott ve ark., 2019).



Şekil 2. Sekonder metabolitlerin biyosentez şeması. (Kabera ve ark., 2014)

Sekonder metabolitlerin biyosentezi için en yaygın yollar glikozitler ve polisakkaritler için pentoz; fenoller, tanenler ve alkaloidler için şikimik asit; yine fenoller ve alkaloidler için asetat-malonat; terpenler, steroidler ve alkaloidler için mevalonik asit aracılığıyla gerçekleştirilir. Şekil 2'de gösterildiği gibi şema, fotosentez, glikoliz ve Krebs döngüsü sürecinden gelen metabolitlerin, biyosentetik ara ürünler sağlamak için enerji

üreten süreçten nasıl ayrıldığını özetlemektedir. Sekonder metabolitlerin biyosentezinde kullanılan en önemli yapı taşları, asetil CoA, şikimik asit, mevalonik asit ve 1-deoksiksiluloz 5-fosfattır. Sekonder metabolitlerin 3 temel sınıfını azot/sülfür içeren bileşikler, terpenler ve fenolik bileşikler oluşturur (Şekil 3).

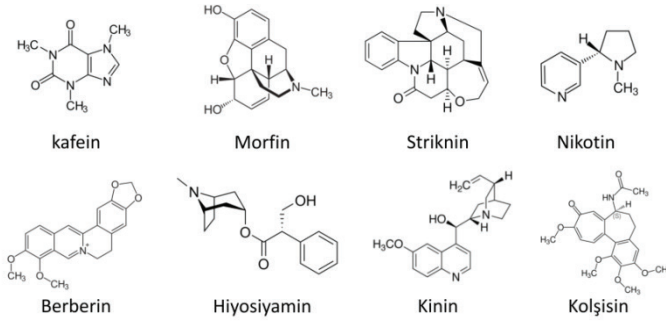


Şekil 3. Sekonder metabolitlerin sınıflandırılması (Rani ve ark., 2018)

1.1. Azot/Sülfür içeren bileşikler

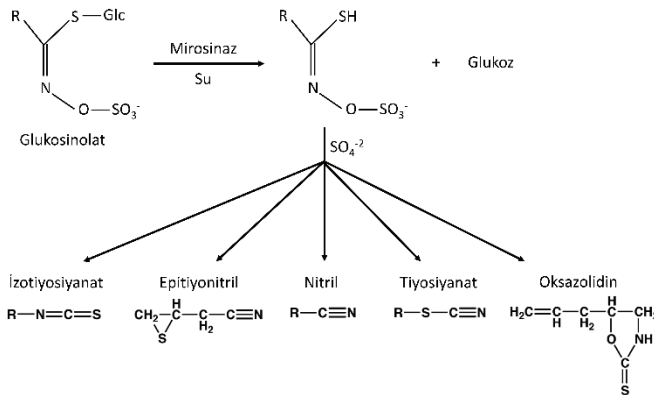
Azot içeren bileşikler tirozin, lizin, triptofan ve aspartik asit gibi amino asitlerden türetilirler. Sülfür içeren bileşikler ise alanin, lösin, izolösin, valin, metiyonin, tirozin, triptofan ve fenilalanin gibi amino asitlerden türetilirler. Azot/Sülfür içeren bileşikler genel olarak alkaloidler ve glukosinolatlar olarak isimlendirilirler (Pagare ve ark., 2015; Chhajed ve ark., 2020). Alkaloidler yaprak ve meyve gibi bitki organlarında birikirler ve özellikle memeliler için son derece toksiktirler. Bu yüzden herbivorlara karşı toksisitelerinden dolayı savunmada etkilidirler. Alkaloidler güçlü sinirsel zehirleri, enzim inhibitörleri ve hücre zarı geçirgenliğini bozucu özellikleri ile etki gösterirler (Panche ve ark., 2016). En az bir nitrojen atomunun varlığı, alkaloidlerin genel bir kimyasal özelliğidir. Alkaloidler, heterosiklik halka sistemleri de dahil olmak üzere son derece farklı kimyasal yapıya sahiptir ve bitkilerden izole edilmiş yaklaşık 20.000'den fazla farklı molekülü kapsamaktadır. Diğer taraftan kolşisin, kafein ve paklitaksel önemli istisnalar arasındadır. Alkaloidler genellikle moleküler iskeletlerine göre sınıflandırılır. Örneğin en büyük iki grup olan ve her biri 4000'den fazla bileşik içeren indol alkaloidleri ve izokinolin alkaloidleridir. Diğer önemli gruplar, yaklaşık 300 bileşik içeren tropan alkaloidler,

yaklaşık 450 bileşik içeren steroidal alkaloidler, yaklaşık 250 bileşik içeren piridin ve yaklaşık 750 bileşik içeren pirolizidin alkaloidleridir. Alkaloidler aynı zamanda mikroorganizmalar, algler, dinoflagellatlar ve balon balığı gibi deniz organizmalarında ve böcekler, semenderler ve kara kurbağaları gibi karasal hayvanlarda da bulunmaktadır (Verpoorte, 2005).



Şekil 4. Bazı farklı tipteki alkaloidlerin yapısı

Glukosinolatlar ise bir β -tiyoglukoz parçası, bir sülfonatlı oksim parçası ve bir amino asitten türetilen değişken bir aglikon yan zincirinden oluşur. Glukosinolatlar farklı amino asit öncülerinin yapısına göre alifatik glukosinolatlar, indol glukosinolatlar ve aromatik glukosinolatlar olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar. Glukosinolatların bileşimi ve içeriği, bitki çeşiti, genotip, iklim, tozlaşma, hasat zamanı, bitki pozisyonu dahil yetiştirme koşullarından etkilenir (Ishida ve ark., 2014). Bitki dokusu hasarı meydana geldiğinde, glukosinolatlar mirosinaz enzimi ile hızlı bir şekilde hidrolize edilerek pH ve diğer koşullara bağlı olarak izotiyosiyanatlar, tiyosiyanatlar, nitriller, goitrin ya da epitiyonitrillere parçalanırlar (Şekil 5).



Şekil 5. Glukosinolatların izotiyosiyanat, tiyosiyanat, nitril, goitrin ve epitiyonitrillere parçalanması

1.2. Terpenler

Terpenlerin ilk üyesi terebentin (turpentine) yağından izole edildiği için terpen veya terpenoid isimleri kullanılmıştır. Terpenler genel olarak izopren birimleri olarak adlandırılan tekrarlanan dallanmış izopentan iskeletinden türetilirler. Mono-, di-, tri-, seski- ve tetra-terpenler, saponinler, steroidler, kardiyak glikozitler ve steroller gibi çeşitli yapıları mevcuttur. Çoğu terpenin termal ayrışması, ürün olarak izopren gazı verir (Ahmed ve ark., 2017). Terpenlerin boyutu, beş karbonlu hemiterpenden binlerce izopren birimi içeren kauçuk gibi büyük boyutlu komplekslere kadar değişir. Tüm terpenler, çekirdek yapının beş karbonlu izopentan birimlerine göre sınıflandırılır. 5-C içeren terpenler hemiterpenler, 10-C ile monoterpenler, 15-C seskiterpenler, 20-C diterpenler, 25-C sesterterpenler, 30-C triterpenler, 40-C tetraterpenler ve üzeri politerpenlerdir (C5)ⁿ. Uçucu yağların çoğu terpen kökenli olmakla birlikte mono-, seski- ve diterpenler ve bunların oksijenli türevlerinden oluşmaktadır. Mentol, linalol, geraniol ve karyofilen gibi birçok aromatik molekül, iki izopren birimli monoterpenler ve üç izopren birimli seskiterpenler tarafından oluşturulur. Terpenlere en tipik birkaç örnek, monoterpenlerden kafur, okaliptol, mentol ve timol; diterpenlerden paklitaksel; triterpenlerden azadiraktin; ve politerpenlerden kauçuk verilebilir.

1.3. Fenolik bileşikler

Fenolik bileşikler, bir aromatik halkaya doğrudan bağlı bir veya daha fazla hidroksil grubuna (–OH) sahip hidrokarbon bileşikleridir. En basit fenol bir adet hidroksil grubu bağlı olan benzendir. Aromatik halka nedeniyle fenolik hidroksilin hidrojeni kararsızdır, bu da fenolleri zayıf asitler yapar. Polifenoller ise bir ya da daha fazla benzen halkasına birden fazla hidroksil grubu bağlı olan bileşiklerdir. Fenolik bileşikler bitkiler için karakteristiktir ve serbest bileşiklerden ziyade ester ya da glikozitler halinde bulunurlar. Fenolik bileşikler için çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır (Vucolo ve ark., 2019). Örneğin moleküldeki karbon sayısına göre sınıflandırma Tablo 1’de sunulmuştur. Diğer taraftan genel olarak fenolik bileşikler 1) flavonoidler ve flavonoid olmayanlar (fenolik asitler), 2) aromatik halka sayısına göre, 3) karbon iskeletine göre ve 4) temel kimyasal yapıya göre sınıflandırılabilir.

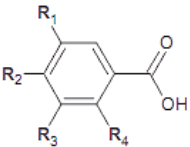
Tablo 1. Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması

Yapı	Sınıf
C6	Basit fenolikler
C6-C1	Fenolik asitler ve ilgili bileşikler
C6-C2	Asetofenonlar ve fenilasetik asitler
C6-C3	Sinamik asitler, sinamil aldehytler, sinamil alkoller

C6-C3	Kumarinler, izokumarinler, kromonlar
C15	Kalkonlar, auronlar, dihidrokalkonlar
C15	Flavanlar
C15	Flavonlar
C15	Flavanonlar
C15	Flavanonollar
C15	Antosiyanidinler
C15	Antosiyaninler
C30	Biflavoniller
C6-C1-C6 , C6-C2-C6	Benzofenonlar, ksantonlar, stilbenler
C6, C10, C14	Kuinonlar
C18	Betasiyaninler
Lignanlar, neolignanlar	Dimerler veya oligomerler
Lignin	Polimerler
Tanenler	Oligomerler veya polimerler
Flobafenler	Polimerler

Basit fenoliklere katekol, resorkinol, hidrokinon ve floroglusinol örnek olarak verilebilir ve tıbbi olarak kullanımları yaygındır. C6-C_n sınıfı daha yaygın bir sınıftır. C6-C1, benzoik asit ve benzaldehit türevlerini içeren sınırlı bir kategoriye sahiptirler. Temel iskeletleri hidroksi- veya metoksi-süstitüsyon modeli Tablo 2’de gösterilmektedir. Hidroksibenzoik asit bileşikleresi esas olarak glikozitler şeklinde bulunurken, *p*-hidroksibenzoik, vanilik ve şiringik asitlerin glikoz esterleri nadir olarak bulunur.

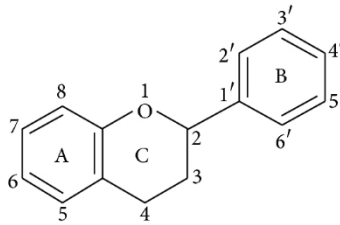
Tablo 2. C6-C1 Fenoliklerinin Temel İskeleti ve Hidroksi- veya Metoksi-Süstitüsyon Modeli (Tsimogiannis ve Oreopoulou, 2019)

	R1	R2	R3	R4	Fenolik Asit	Fenolik Aldehit
	H	OH	H	H	<i>p</i> -OH-benzoik asit	<i>p</i> -OH-benzaldehit
	H	H	H	OH	Salisilik asit	Salisilaldehit
	H	OMe	H	H	<i>p</i> -Anisik asit	<i>p</i> -Anisalaldehit
	OH	OH	H	H	Protokatekük asit	<i>p</i> -Protokatekükaldehit
	OH	H	OH	H	Gentisik asit	Gentisalaldehit
	OMe	OH	H	H	Vanilik asit	Vanilin
	OH	OH	OH	H	Gallik asit	Gallik aldehit
	OMe	OH	OMe	H	Şiringik asit	Şiringaldehit

C6-C2 sınıfı, feniletanoidler olarak adlandırılan fenilasetik asit, asetofenon ve fenetil alkolün hidroksillenmiş ve/veya metoksillenmiş türevlerini içerir. Feniletanoidlerin önemli bir üyesi olan hidroksitirosol, elenolik asit esteri oleuropeine benzer şekilde zeytin yaprağı ve zeytinyağında bulunan güçlü bir antioksidandır. C6-C3 sınıfı, fenilpropanoidleri, yani

hidroksisinnamik asitleri, sinnamik aldehitleri, monolignoller, fenil propenleri, kumarinleri, izokumarinleri ve kromonları içerir. Bunlar arasında bitkilerde yaygın olarak bulunan hidroksisinnamik asitler en önemli gruptur. En yaygın hidroksisinnamik asitler *p*-kumarik asit, kafeik asit, ferulik asit, 5-hidroksiferulik asit ve sinapik asittir. Sinnamik asitler bitkilerde genellikle kinik asit, şikimik asit ve tartarik asit esterleri olarak bulunur. Örneğin klorojenik asit; kafeik asit ve kinik asidin bir esteridir (Vermerris ve Nicholson, 2006).

Flavonoidler fenolik bileşiklerin en büyük grubunu oluşturur. Bitkisel gıdalarda bulunan 8000'den fazla fenolik bileşik içinde 6000'den fazla bileşik içerirler. Flavonoidler, tümü C6-C3-C6 yapısındaki bileşiklerdir ve isim olarak hem genel hem de alt sınıfı niteler. Flavonoidlerin her durumunda iki benzen halkası (aromatik A ve B halkası), üç karbonlu heterosiklik piran halkası (C halkası) ile birbirine bağlanmıştır (Şekil 6). Çoğunlukla flavonoidler, *O*- veya *C*-glikozitler ile konjuge edilirler. *O*-glikozitlerde glikoz, galaktoz, ramnoz, apioz, vb. şeker kalıntıları genellikle 3-, 7- veya 4-hidroksil gruplarına bağlanırken, *C*-glikozitlerde şeker kalıntıları doğrudan C-6 veya C-8'e bağlanır (Vuolo ve ark., 2019). Bileşiklerin nasıl sınıflandırıldığını belirleyen C3 grubunun düzenidir. Flavonoidler genel yapılarına göre üç büyük sınıfa ayrılabilir. Bunlar kalkonlar, auronlar ve flavonoidlerdir. Kalkonlar ve dihidrokalkonlar iki halkayı birbirine bağlayan lineer bir C3 zincirine sahiptir. Kalkonların C3 zinciri bir çift bağ içerirken, dihidrokalkonların C3 zinciri doymuştur. Çiçeklerdeki sarı pigmentler butein gibi kalkonlardır. Bir dihidrokalkon olan floridzin (florizin) çoğunlukla elma kabuğunda bulunur ve çeşitli farmakolojik özelliklere sahiptir (Temiz, 2021a). Auronlar, kalkonların siklizasyonu ile oluşturulur, burada meta-hidroksil grubu, beş üyeli bir heterosiklik bileşik oluşturmak üzere α -karbon ile reaksiyona girer. Auronlar da çiçeklerde bulunan sarı pigmentlerdir (Vermerris ve Nicholson, 2006).



Şekil 6. Temel flavonoid yapısı

Flavonoidler ise flavonoller, flavonlar, flavanonlar, flavanoller (ka-teşinler), izoflavonlar, flavanonoller ve antosiyanidinler gibi başlıca alt sınıflara ayrılırlar. A ve B halkalarındaki varyasyonlar, flavonoidler sınıfı içinde farklı bileşiklerin ortaya çıkmasına neden olur. Bu tür varyas-

yonlar, oksijenasyon, alkilasyon, glikozilasyon, sülfatlama ve asilasyon (açılma) olabilen süstitüsyonlardan kaynaklanmaktadır (Vuolo ve ark., 2019). Flavonoidlerin büyük bir kısmı kırmızıdan mora bir renge sahiptir. Bunun nedeni çiçeklerin, tohumların ve meyvelerin renk aralığından sorumlu olan molekülde bulunan konjuge kromoforlardır (Erlund, 2004). Örneğin, kırmızıdan macentaya kadar olan renklerden Siyanidin; turuncudan kırmızıya kadar Pelargonidin; macentadan mora kadar Delphinidin antosiyanidinleri sorumludur. Antosiyaninlerin aglikon kısmını oluşturan fenolik bileşiklerin yapısında –OH grubu sayısı arttıkça mavilik, OCH₃ (metoksi) grubu sayısı arttıkça kırmızılık artmaktadır. Flavonlar ve flavonoller genellikle kırmızı renkte bulunurken, flavanonlar renksiz, beyaz veya kahverengimsidir (Vuolo ve ark., 2019). Meyve ve sebzelerde bulunan flavonoidlerin çeşidi ve miktarı tür çeşitliliğine, tür özgüllüğüne, vejetasyon süresine, mevsime, edafoklimatik koşullara (ışık, su, sıcaklık, rakım ve toprak özellikleri vb.) ve olgunluk derecesine bağlı olarak değişebilir (Temiz, 2021b). Doğada en yaygın bulunan flavonoller kuersetin, kamferol ve mirisetindir. Bütün turuncu meyvelerinde bulunan hesperidin ve naringenin diğer önemli bir sınıfı oluşturan flavanonlara örnektir. İzoflavonoidler, flavonoidlerin büyük ve karakteristik bir alt grubudur. İzoflavonoidler bitkiler aleminde sadece sınırlı bir dağılıma sahiptir ve ağırlıklı olarak soya fasulyesi ve diğer baklagillerde bulunur. Genistein ve daidzein en yaygın izoflavonoidlere iyi bir örnektir (Panche ve ark., 2016).

2. Sekonder Metabolitlerin Bitki Savunmasındaki Etkileri

Sekonder metabolitler genel olarak bitkiyi biyotik ve abiyotik stres koşullarından korumaktadır. Patojenlere karşı savunmada, çeşitli iklimsel değişikliklere adaptasyonda, sinyal molekülü olarak, detoksifiye edici olarak, tozlayıcılık amaçlı ve/veya diğer organizmalar ile etkileşimde fonksiyon göstermektedirler.

Terpenlerin bitkilerde işlevleri genellikle hem ekolojik hem de fizyolojik olarak kabul edilir. Bunlar arasında allelopati, insektisidal, tozlayıcı ve hormon özellikleri sayılabilir. Terpenler fitol ve karotenoidler gibi bitkilerde fotosentetik pigmentler olarak; ubikinon ve plastokinon gibi elektron taşıyıcıları olarak; giberelinler ve absisik asit gibi hormon olarak ve steroller gibi hücre zarlarının yapısal bileşenleri olarak çeşitli fonksiyonel roller oynarlar (Ahmed ve ark., 2017). Monoterpenlerin pek çok türü patojenlere karşı bitki savunmasında önemli araçlardır. Piretroidler, *Chrysanthemum* türlerinin yapraklarında oluşan ve yaban arıları, böcekler ve güveler gibi birçok böcek için nörotoksik insektisidal aktivite gösteren monoterpen esterleridir. Ayrıca memeliler için düşük toksisiteye sahip oldukları için ticari insektisitlerde de kullanılırlar. Monoterpenler ayrıca gimnospermilerin reçine kanallarında α -pinen, β -pinen, miresin ve limonen formunda bulunur ve bu da onları özellikle de kabuk böceği gibi ciddi

zararlılar için toksik etki gösterir (Pagare ve ark., 2015). Euphorbiaceae ailesinde bulunan diterpen esterleri olan forbol cilt tahriş edici ve memeliler için toksin etki gösterir. Tetraterpenlerden olan karotenoidler, diğer pigmentler için sadece foto-oksidatif koruyucular değil, aynı zamanda gelişimsel ve stres tepkilerini modüle eden absisik asidin öncüleridir (Ahmed ve ark., 2017).

Kumarinler, otçullara karşı toksisite gösterirler. Örneğin dikumarol antikoagülan özelliklere sahiptir. Ayrıca kumarinlerin acı tatlarından dolayı otçulları, bu bileşiği büyük miktarda içeren bitkileri yemekten de caydırır. Tanenler genellikle ağaçların kabuklarında ve yapraklarında yüksek konsantrasyonda bulunur. Hoş olmayan, acı tat ve proteini denatüre etme özellikleri, tanenleri böceklerle karşı bitki koruması sağlamak için olağanüstü bir bileşik haline getirir (Kulbalt, 2016).

İzoflavonoidler bitki mikrop etkileşimleri sırasında fitoaleksinlerin gelişimi için öncül önemli bir rol oynamaktadırlar. İzoflavonoidler, bir dizi hastalıkla savaşmak için muazzam bir potansiyel sergiler (Panche ve ark., 2016). Genel olarak stres ve enfeksiyon esnasında oluşan stres metabolitleri fitoaleksin olarak adlandırılır. Fitoaleksin patojenlere karşı spesifik bir toksisite gösterir. Fitoaleksinlerin çoğu flavonoid ve izoflavonoidler grubundadır ve antimikrobiyal ve antioksidan aktivite sergilerler (Vermerris ve Nicholson, 2006). Fitoaleksinler hücre duvarını parçalayabilir, metabolizmayı bozabilir ve patojenik mikroorganizmaların büyümesini önleyebilir. Trans-resveratrol, üzümde *Botrytis cinerea*'nın büyümesini engelleyebilen bir fitoaleksindir (Timperio ve ark. 2012). Asma bitkisi de *Plasmopara viticola* enfeksiyonuna karşı bir fitoaleksin olan δ -viniferin salgılayarak mücadele eder (Favaron ve ark., 2017). Gallik asit, kafeik asit, şiringik asit ve kamferol *Agrobacterium*'da *vir* geni indükleyicileri olarak fonksiyon göstermektedir. Yine genistein, daidzein ve kuersetin *Agrobacterium*'da *nod* geni indükleyicileri olarak fonksiyon göstermektedir (Bhattacharya ve ark., 2010).

Flavonoidler UV filtresi olarak, simbiyotik azot fiksasyonu ve çiçek pigmentasyonda da fonksiyon gösterirler. Ayrıca kimyasal mesajcı, fizyolojik düzenleyici ve hücre döngüsü inhibitörleri olarak ta işlev gösterebilirler (Kabera ve ark., 2014). Flavonoidlerin dona dayanıklılıkta, kuraklığa dirençte, bitkinin ısı iklimlendirmesinde ve donma toleransında fonksiyonel bir rol oynayabilirler (Samanta ve ark., 2011). Glukosinolatlar da kendilerine özgü mirosinaz enzimi vasıtasıyla toksik etkili metabolitler olan izotiyosiyanatlara parçalanarak hem böcek caydırıcı hem de nematisidal etki gösterirler (Chhajed ve ark., 2020).

3. Nematodlar ve Bitkilere Zararları

Nematodlar ökaryotik hücre yapısına sahip yuvarlak segmentsiz mikroskobik solucanlardır. Denizlerin ve okyanusların derinlikleri, toprağın organik madde bakımından zengin üst tabakası, sıcakkanlıların ve böceklerin organları ve bitkilerin dokularına kadar çok çeşitli habitatlarda yaşamlarını sürdürmektedirler. Yaşamlarını sürdürebilmeleri için mutlaka su filmine ihtiyaç duyarlar. Boyutları bulundukları habitata ve beslenme şekillerine göre değişiklik göstermektedir. Tuzlu sularda serbest yaşayan nematodların boyları 83 µm ile 50 mm arasında, tatlı sularda ve karasal ekosistemlerde serbest yaşayan nematodların boyları ise 150 µm ile 10 mm arasındadır. Bitki paraziti türler 250 µm ile 12 mm arasında değişirken, hayvan paraziti türlerin boyları 1 mm ile 6 m arasındadır (Koutsovoulos, 2015).

Nematodlar, taksonomik olarak hayvanlar âlemi içinde Nematoda şubesinde sınıflandırılırlar. Nematodların alt taksonomik gruplandırılması, bilimsel araştırmalarda elde edilen yeni genetik bilgiler ile değişiklik göstermektedir ve türlerin çok az bir kısmının taksonomik sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Varlığı bilinen bir milyon türün sadece 26 bininin tür isimleri belirlenmiştir (Koutsovoulos, 2015).

Nematodlar okyanus tabanındaki tüm hayvanların % 90'ını oluşturlar. Karasal ekosistemlerdeki tür çeşitliliğinin ise % 80'inden sorumludurlar (Danovaro ve ark., 2008). Toplamda, 4.4×10^{20} nematodun dünya üzerinde yaşadığı tahmin edilmektedir. Nematod bolluğunun % 39'unun boreal ormanlar ve tundura iklim bölgelerinde, geri kalan kısmının da serin iklim kuşağı (%25) ile tropikal ve subtropikal iklim kuşağında (% 21) dağılım gösterdiği belirlenmiştir (van den Hoogen ve ark., 2019).

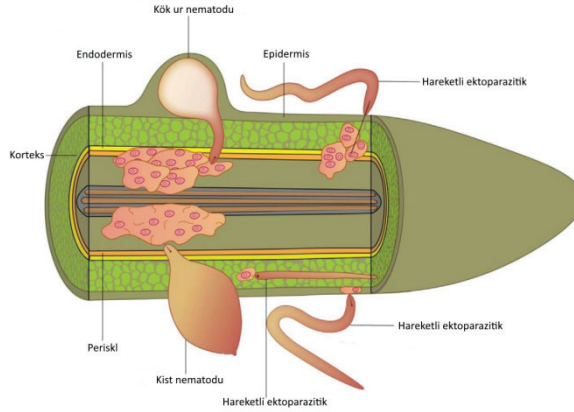
Günümüzde nematodlar genetik özelliklerine göre 5 gruba ayrılmaktadır. Genetik benzerliklerine göre taksonomik gruplandırmada *Enoplia*, *Dorilaimia* ve *Chromadoria* 3 sınıf olarak belirlenmiştir. *Enoplia* sınıfında yer alan nematodlar çoğunlukla tuzlu suların tabanında planktonlarla beslenmektedir. Bunun yanında karasal ekosistemlerde de bulunurlar. *Triplonchida* takımında *Trichodoridae* familyası içinde bitki paraziti türleri içermektedir. *Dorilaimia* sınıfı, böcek, hayvan ve bitki paraziti türler ile avcı nematodları içermektedir. *Chromadoria* sınıfında *Rhabditida* takımında yer alan diğer 3 grup (*Spirurina*, *Tylenchina* ve *Rhabditina*) alt takım olarak temsil edilmektedir (Tablo 3). *Spirurina* hayvan ve böcek paraziti nematod türlerini içermektedir. *Tylenchina* alt takımı önemli bitki paraziti nematodların bulunduğu grubu oluşturmaktadır. Bunun yanında *Tylenchina* alt takımının diğer üyeleri ve *Rhabditina* alt takımı serbest yaşayan karasal nematodları içermektedir (Blaxter, 2011; Koutsovoulos, 2015).

Tablo 3. Nematoda şubesinde yer alan nematodların taksonomik sınıflandırılmasında bazı örnek familyalar (Koutsovoulos, 2015'den düzenlenmiştir).

Sınıf	Takım	Alt takım	İnfra Takım	Süper Familya	Familya
Enoplia (Grup II)	Enoplida	Enoplina		Enoploidea	Enoplidae
		Mermithida	Mermithina	Mermithoidea	Mermithidae
		Dorilaimida	Dorylaimina	Dorylaimoidea	Longidoridae
Dorylaimia (Grup I)		Mononchida	Mononchina	Mononchoidea	Mononchidae
		Trichinellida		Trichinelloidea	Trichinellidae Trichuridae
		Plectida		Plectoidea	Plectidae
				Dracunculoidea	Anguillicolidae
		Spirurina (Grup III)	Ascarimorpha	Ascaridoidea	Ascaridae
			Spiruromorpha	Filarioidea	Onchocercidae Setariidae
			Cephalobomorpha	Cephaloboidea	Cephalobidae
			Panagrolaimorpha	Panagrolaimoidea	Panagrolaimidae
				Strongyloidea	Strongyloidae
		Tylenchina (Grup IV)		Aphelenchoidea	Aphelenchidae Aphelenchoididae
			Tylenchomorpha		Heteroderidae Meloidogynidae
				Tylenchoidea	
			Diplogasteromorpha		Neodiplogasteridae
				Rhabditoidea	Rhabditidae
		Rhabditina (Grup V)			Ancylostomatidae
			Rhabditomorpha		Heterorhabditidae
				Strongyloidea	Strongyliidae Trichostrongyliidae

Nematodlar beslenme özelliklerine göre fonksiyonel olarak sınıflandırılmaktadırlar (Yeates ve ark., 1993). Serbest yaşayan türler bulundukları habitatta bulunan bakteri, mantar, planktonlar, mikroalgler ile beslenmektedir. Karasal ekosistemlerde yer alan serbest yaşayan nematodlar bitki besin elementlerinin mineralizasyonunu arttırmakta ve toprak sağlığı hakkında biyolojik indikatör organizma olarak bilgi sağlamaktadır (Neher, 2001). Avcı nematodlar ağızlarındaki diş oluşumu ile diğer nematodlar ile beslenmektedirler (Yeates ve ark., 1993). Yüksek yapılı omurgalı hayvanların kaslarında, lenf sisteminde ve bağırsaklarında parazit olarak yaşayan hayvan paraziti türler insanlarda da önemli hastalıklara neden olmaktadır (Türk ve Dölek, 2010; Anonim, 2022a). Entomopatojenik nematodlar hayat devirlerinin bir bölümünü toprakta bakteriyel beslenerek geçirirken bir bölümünde böcek larvalarında parazit olarak yaşam döngülerini sürdürmektedirler. Entomopatojenik nematodlar, böceklerin larvalarında taşınmaları sırasında, bağırsaklarında taşıdıkları endotoksin içeren bakteriler vasıtasıyla bitki zararlısı böcekler ile biyolojik kontrolde önemli bir paya sahiptirler (Georgis ve ark., 2012).

Bitkilerin toprak altı ve toprak üstü organlarında beslenerek kültür bitkilerinde kayıplara neden olan nematodlar bitki paraziti nematodlar olarak adlandırılmaktadır. Nematoda şubesinde teşhis edilen bütün nematodların % 15'lik kısmını oluşturan bitki paraziti nematodlar, bitkilerin dışında ektoparazitik olarak ve içinde endoparazitik olarak beslenerek ekonomik olarak önemli bitki türlerinde önemli kayıplara neden olmaktadır (Şekil 7). Bitki paraziti nematodların dünya üzerinde tarımsal üretimde % 12,3'lük verim kaybı ile 157 milyar \$ ekonomik kayba neden oldukları hesaplanmıştır (Sing ve ark., 2013).



Şekil 7. Nematodların bitki dokularında beslenme bölgelerinin ve bitki hücrelerinde oluşturdukları değişimlerin şematik gösterimi (Siddique ve Grundler, 2018).

Bitkisel üretimde ekonomik olarak önemli kayıpların büyük çoğunluğu endoparazitik nematodlar tarafından oluşturulmaktadır. Endoparazitik nematodlar bitki dokularında sabit beslenme bölgesi oluşturarak beslenen sedenter endoparazitler ve bitki dokularında hareket ederek farklı bölgelerinden beslenen hareketli endoparazitik ve yarı endoparazitik nematodlar olarak gruplandırılabilir (Decraemer ve Hunt, 2006).

Sedenter endoparazitik beslenerek, kültür bitkilerinde en fazla kayıplara neden olan nematodlar *Meloidogynidae* familyasında yer alan kök ur nematodlarıdır (*Meloidogyne* spp.) (Forghani ve Hajihassani, 2020). *Meloidogyne* cinsi içinde 93 adet tür bulunmaktadır (Jones ve ark., 2013). Dünyanın her yerine dağılmış olan bu türün konukçu spektrumu çok geniştir ve 3.000 bitki türü üzerinde gelişerek verim kaybına neden olmaktadır. Kök ur nematodlarının dağılımında ve hayatta kalmalarında iklim koşulları etkilidir (Forghani ve Hajihassani, 2020). Dünya üzerinde ekonomik olarak en fazla zarara neden olan türler tropikal koşullarda *M. arenaria*, *M. incognita* ve *M. javanica*'dır. Serin iklim koşullarında ise *M. hapla* en yaygın bulunan zararlı türdür (Jones ve ark., 2013). Türlerin bir kısmı mayotik ve mitotik partenogenez ile ürerken bazıları eşeyli üreme ile

çoğalmaktadır. Nematodların enfektif aşaması ikinci aşama larvalardır. Olumsuz **çevre koşullarını** jelatinimsi matriks içinde yumurta olarak atlatırlar. Sıcaklık ve nem koşulları uygun olduğunda yumurtaların açılmasıyla köklere penetrasyonları ve beslenme bölgesine yerleşme gerçekleşir. İkinci gömlek değiştirmeden sonra ergin olana kadar bitki içinde beslenmezler. Erginler beslenerek kökler üzerinde bitki türüne bağlı olarak değişen büyüklüklerde ırların oluşumuna neden olurlar (Şekil 8). Bitki besin elementlerinin beslenme bölgesine çekilmesiyle bitkinin verimimin düşmesine neden olurlar. Kök ur nematodlarının bitkiye verdiği zarar oranı başlangıç popülasyonu ve bitki türüne göre değişiklik göstermektedir. Kök ur nematodları domates ve patlıcanlarda % 60'a kadar verim kaybına neden olmaktadır. Sera koşullarında yetiştirilen hıyarlarda ise % 16-47 arasında ürün kaybına neden olduğu bildirilmektedir (Karssen ve Moens, 2006).



Şekil 8. Kök ur nematodu *M. incognita*’nın domates bitkisinin köklerinde oluşturduğu ırlar (Foto: Adem ÖZARSLANDAN)

Dünya üzerinde ikinci olarak en önemli ekonomik kayıplara neden olan nematodlar, yüksek oranda konukçusuna özelleşmiş, *Heteroderidae* familyasında yer alan kist nematodlarıdır. Kist nematodları içinde dünya üzerinde en fazla bitkisel üretim kayıplarına neden olan türler tahıl kist nematodlarından *Heterodera avenae* ve *H. filipjevi*; patates kist nematodlarından *Globodera pallida* ve *G. rostochiensis*; ve soya fasulyesi kist nematodu *Heterodera glycines*’dir (Jones ve ark., 2013). *Heterodera* cinsinin 78 türü bulunurken, *Globodera* cinsinde 12 tür bulunmaktadır. Kist nematodları dünya üzerinde yaygın olarak bulunurlar ve kök ur nematodlarından farklı olarak konukçusuna yüksek oranda özelleşmiş parazitlerdir. Eşeyli üreme gösterirler. Konukçu bitkinin köklerine ikinci aşama larvaları ile enfekte olurlar ve bitki gelişimine paralel olarak gelişim gösterirler. Yine

kök ur nematodlarından farklı olarak gelişimlerinin her aşamasında beslenirler. Larvalar bitki öz bölgesinin hemen dış kısmında beslenme bölgelerini oluştururlar. Beslenme bölgelerinde bitki hücrelerinin çeperlerinin dağılarak hücrelerin birleşmesiyle dev hücreler meydana gelir. Bitkinin hasat zamanına yakın ergin dişiler, vücudu şişkinleşmiş yumurtaların depo edildiği bir keseye dönüşmüştür. Olgunlaşan dişiler kahverengiye dönüşür ve kökler üzerinden toprağa düşer. Olumsuz çevre koşullarını kist içinde yumurta kılıfında ikinci aşama larva olarak geçirirler. İkinci aşama larvaların yumurta kılıfının içinden çıkması için çevre koşulları özellikle sıcaklık ve nem koşulları çok etkilidir. Bazı türlerin larva çıkışları için konukçu bitkinin kök salgılarına ihtiyaç vardır. Enfekte bitki kökleri enfeksiyon noktasında aşırı dallanma gösterir ve kök uzaması yavaşlar. Kök uzamasının azalmasına bağlı olarak su ve besin elementlerinin alımı azalır ve bitki toprak üstü aksamının gelişimi geriler. Bodur, sararmış ve erken olgunlaşmış bitkiler oluşur (Şekil 9). Buğday çeşidi, çevre koşulları ve nematodun türüne bağlı olarak tahıl kist nematodların buğday üzerinde %4-90 arasında verim kaybına neden olduğu tespit edilmiştir (ve ark., 2021). Patates kist nematodlarının her ikisinin de dünyada % 70'lere varan verim kayıplarına neden olduğu bildirilmektedir (Turner ve Rowe, 2006). Soyafasulyesi kist nematodunun ise Amerika'da % 28-31 oranında soyafasulyesi verim kaybına neden olduğu belirlenmiştir (Noel, 2008).



Şekil 9. Tahıl kist nematodu *H. filipjevi*'nin buğday bitkisinin köklerinde oluşturduğu aşırı dallanma ve küt kök oluşumu ile gelişim geriliği ve tarlada enfeksiyon belirtileri (Foto: Elif YAVUZASLANOĞLU)

Bitkilerde hareketli endoparazitik türler arasında, dünya üzerinde önemli ekonomik bitkisel ürün kayıplarında üçüncü sıradaki nematodlar *Pratylenchidae* familyasında yer alan kök yara nematodları (*Pratylenchus* spp.) olarak bildirilmektedir. Cins içerisinde 68 tür teşhis edilmiştir (Castillo ve Volvas, 2007). Dünyada yayılış gösteren en önemli kök yara nematodu türleri *P. penetrans*, *P. thornei*, *P. neglectus*, *P. zaeae*, *P. vulnus* ve *P. coffeae*'dir (Jones ve ark., 2013). Kök yara nematodları bütün gelişim aşamalarında bitki köklerine saldırarak enfeksiyon gerçekleştirmektedir.

Kök yara nematodlarının konukçu spektrumunun çok geniş olması ve bir bitki gelişim dönemi boyunca birden fazla döl vermeleri nedeniyle zarar potansiyelleri yüksetir (Dababat ve Fourie, 2018). Buğdaygiller, baklagiller, muz, kahve, mısır ve yerfıstığı gibi tek yıllık bitkilerin yanında çok yıllık meyve ağaçlarını da içeren çok sayıda bitki türünde zarara neden olmaktadır (Castillo ve Volvas, 2007). Ayrıca kök yara nematodları toprak kökenli hastalık kompleksi olarak değerlendirilmektedir (Castillo ve Volvas, 2007). Çoğunlukla ikinci olarak bakteriyel ve fungal enfeksiyonlara yol açmaktadırlar. Kökler içinde beslenmeleri ve gezinmeleri sırasında mekanik olarak ve stiletlerinden salgıladıkları enzimler ile köklere zarar vererek yaralara neden olmaktadır (Şekil 10) (Jones ve ark., 2013). Kök yara nematodlarından en yaygın olan *P. thornei* ve *P. neglectus* türlerinin buğdaygillerde % 12-85 oranında verim kaybına neden oldukları belirlenmiştir (Seid ve ark., 2021)



Şekil 10. Kök yara nematodunun buğday bitkisinin köklerinde oluşturduğu çürüklük belirtileri (Foto: Julie NICOL)

Kozmopolitan olarak dağılış gösteren ve önemli ekonomik kayıplara neden olan hareketli endoparazitik türleri içeren bir diğer familya *Anguinidae*'dir. Bu familyada yer alan nematodlar bitkilerin toprak üstü aksamında parazit olarak gelişmektedir. Familyada yer alan soğan sak nematodu ve gövde nematodu olarak adlandırılan *Ditylenchus dipsaci* dünyada dördüncü sırada en zararlı tür olarak kabul edilmektedir. Soğan sak nematodu farklı bitkilerde gelişim gösteren ırkları içeren tür kompleksi olarak kabul edilmektedir (Subbotin ve ark., 2005). Soğan ırkı gibi bazı ırkların konukçu spektrumu çok geniş iken, çavdar ırkı gibi ırkların konukçu spektrumu dardır (Janessen, 1994). Bitkilerin yapraklarındaki stoma ve lentiseller gibi doğal açıklıklardan ve enzimatik olarak epidermis hücrelerini delerek bitki dokularına giriş yapmaktadır. Dördüncü aşama larvalar infektif aşama olmakla birlikte bütün aşamaları bitki içine girebilmektedir. Bitki dokuları arasında gezinmeleri sırasında salgıladıkları enzimler ile bitki dokularının dağılmasına ve çürüklüklere neden olmaktadır. İlave olarak stiletlerinden salgıladıkları bitki büyüme hormonu

benzeri maddeler ile bitki hücrelerinde düzensiz hücre çoğalmalarına neden olmaktadır (Jones ve ark., 2013). Bitkilerde enfeksiyon bölgelerinde buruşukluk ve kıvrıklıklar, çürüklük ve gelişme geriliği tipik belirtilerdir (Şekil 11) (Yavuzaslanoglu ve Aksay, 2021). Türkiye’de soğan bitkisinde % 65’lere varan kayıplara neden olduğu gösterilmiştir (Mennan ve Ecevit, 2002; Yavuzaslanoglu ve ark., 2015).



Şekil 11. Soğan sak nematodu *D. dipsaci*’nin hıyar bitkisinin yapraklarında oluşturduğu buruşukluk ve gelişim geriliği belirtileri (Foto: Elif YAVUZASLANOĞLU ve Gamze AKSAY)

Tylenchomorpha infra takımında dünya üzerinde kozmopolitan dağılıma sahip olarak önemli bitkisel üretim kayıplarına neden olan türlerin yanında *Aphelencoideidae* familyasında hareketli endoparazitik nematod türlerini içeren *Aphelenchoides* ve *Bursaphelencus* cinsleri dünya üzerinde sınırlı dağılıma sahip olmakla birlikte ekonomik olarak önemli bitki türleri üzerinde ciddi kayıplara neden olmaktadır (Duncan ve Moens, 2006). Aynı şekilde *Dolicodoridae*, *Hoplolaimidae* ve *Criconeematidae* familyalarında ektoparazitik olarak gelişen nematod türlerinin de ekonomik kayıplara neden oldukları bildirilmektedir (Decraemer ve Geraert, 2006).

*Namto*da şubesinde *Dorilaimida* ve *Triplonchida* takımı içinde yer alan nematod türleri bitki köklerinde ektoparazitik olarak beslenmeleri ile kök dokularında hasara ve köklerde kararmalara neden olmaktadır (Decraemer ve Geraert, 2006). Bunun yanında bu nematodlar bitki patojeni virüslere vektörlük etmeleri nedeniyle de ekonomik olarak öneme sahiptir (Şevik ve Akyazı, 2008).

4. Nematodlar ile Mücadele

Bitki paraziti nematodlar mikroskobik canlılar oldukları ve çoğunlukla bitkilerde bitki besin eksikliklerinde ortaya çıkan gelişim geriliği ve sararma gibi belirtiler gösterdiği için teşhisleri zordur. Bitki zararının nedeninin bitki paraziti nematodlar olduğunun belirlenmesi için laboratuvarlarda bitki ve topraktan ayrışmaları ve mikroskopta incelenmeleri gerekmektedir (Hallman ve Subbotin, 2005). Bitki koruma uygulamalarının en

önemli adımını zararlının teşhisi oluşturmaktadır. Sonrasında zarar seviyesinin ve ekonomik zarar eşiğinin tespiti ve ekonomik analizler sonrası mücadele uygulamalarının gerçekleştirilmesi gelmektedir. Nematodlarla mücadele için tarla koşullarında kimyasal kullanımı ekonomik olmamaktadır (Jatala ve Bridge, 1990). Diğer taraftan kimyasal mücadelede pestisit kullanımı sonucu toprakta kalıntı olması ve bunların yeraltı ve yerüstü kaynak sularına ulaşması sonucu suların kirlenmesi ve hedef olmayan canlıların da bu zarardan etkilenmeleri söz konusudur.

Çevreye ve dolaylı olarak insanlara verdiği zararlar göz önünde bulundurulduğunda nematodlarla mücadelede koruyucu tedbirlere azami önem vererek nematod popülasyon seviyesinin zarar eşiğinin altında tutulması için entegre zararlı yönetimi uygulamaları gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Günümüzde araştırmacılar tarafından belirli bir coğrafi bölgede baskın olan bitki paraziti nematod türüne karşı bitki türlerine özel olarak entegre mücadele stratejileri geliştirilmektedir (Sikora ve ark., 2021).

Entegre mücadele stratejilerinde kültürel, fiziksel, biyolojik mücadele yöntemlerinin birlikte kullanılması yöntemlerin etkinliğini arttırmakta ve nematod zarar seviyesinin düşürülmesinin yanında tarımsal alanların sürdürülebilirliğine büyük katkı sağlamaktadır.

Bitki paraziti nematodların mücadelesinde ön plana çıkan kültürel mücadele uygulamaları; konukçu olmayan bitki türleri ve dayanıklı çeşitler ile rotasyon uygulamaları ve nadas uygulamalarıdır (Vanstone ve ark., 2008). Konukçu olmayan bitkiler ile mücadele kist nematodları gibi konukçu spektrumu dar olan nematod türleri için çok faydalı olmakla birlikte konukçu spektrumu geniş olan nematod türleri için de en etkili yöntemlerden biridir. Konukçu spektrumu çok geniş olan kök ur ve kök yara nematodlarına karşı konukçu olmayan bitkiler ile rotasyon uygulamalarının çıplak nadastan daha etkili olduğu gösterilmiştir (Chen ve Tsay, 2006). *Pratylenchus* türlerine aspir, ayçiçeği ve şalgam gibi kazık kök yapısına sahip bitkilerin zayıf konukçu olduğu ve rotasyon programına dahil edilmeleri önerilmektedir (Smiley ve ark., 2014). Aynı şekilde soğan sak nematoduna karşı ana konukçu olan soğan ve sarımsak bitkileri ile rotasyonlu olarak yetiştirilebilecek bitki türleri önerilmiştir (Yavuzaslanoglu ve Aksay, 2021).

Bitki paraziti nematodlara karşı doğal dayanıklılık bitki tarafından nematodun bitki içinde üremesinin engellenmesi olarak tarif edilmektedir (Cook ve Evans, 1987). Kök ur ve kist nematodları gibi sedenter endoparazitik nematodlara karşı doğal dayanıklılığa sahip bitkilerde nematodun bitki içine girişi engellenememekle birlikte beslenme bölgelerinin oluşumunun engellendiği tespit edilmiştir. Kök ur nematodlarına karşı domates bitkisinde dayanıklılık sağlayan Mi geninin dev hücre oluşum bölgesinde

hipersensitivite reaksiyonunu tetiklediği belirlenmiştir. Benzer olarak patates kist nematodu *G. rostochiensis*'e karşı da H1 dayanıklılık geni vasisası ile hipersensitivite benzeri reaksiyonların geliştiği tespit edilmiştir. Şeker pancarında dayanıklılık sağlayan gen Hs1^{pro-1} olarak adlandırılmış ve etki mekanizması olarak hücre çeperlerinde madde birikimi ile nematodun bitki içinde yayılmasının engellenmesi olarak tarif edilmiştir (Jung ve Wyss, 1999). Buğdaygillerde tahıl kist nematodlarına karşı dayanıklılıktan sorumlu cre genleri olarak adlandırılan 9 adet gen tanımlanmıştır (Seid et al., 2021).

Nematodların mücadelesinde son zamanlarda toprakların sürdürülebilirliğinin sağlanması için yaygınlaştırılmaya çalışılan korunumlu toprak işleme yöntemlerinin topraktaki serbest yaşayan nematod bolluğunu arttırarak zararlı nematod popülasyonunu baskıladığına dair ekolojik çalışmalardan olumlu sonuçlar alınmıştır (Neher ve ark., 2019; Flower ve ark., 2019)

Toprak ekosisteminde yararlı organizmaların bitki paraziti nematodların biyolojik kontrolündeki etki mekanizmaları; predatör aktivite, parazitik aktivite, yer ve besin için rekabet, rizosfer kolonizasyonu, sekonder metabolitler ile antogonistik etki, indüklenmiş bağışıklık ve bitki gelişimini uyarıcı etki olarak sıralanabilir (Jatala, 1986). Nematodların sedenter dişilerinin, yumurtalarının ve vermiform yapılarının parazitlenmesine neden olan, nematodları yakalayan yapışkan hif yapısına sahip olmaları ile fungusların bitki paraziti nematodları biyokontrol aktiviteleri çok yüksektir (Li ve ark., 2020). Nematodlara karşı parazitik aktivitesi en çok çalışılan bakteri *Pasteuria penetrans*'dır (Abd-Elgawad ve ark., 2018). Sebzelerde *P. penetrans*'ın *M. arenaria* ırk1'inin baskı altına alınmasında önemli bir etmen olduğu arazi koşullarında gösterilmiştir (Akyazı ve ark., 2014). Bunun yanında *Bacillus* ve *Pseudomonas* türü toprak bakterilerinin toprak ekosisteminde çeşitli metabolik aktiviteleri ile bitki paraziti nematodların biyolojik kontrolünde önemi büyüktür (Li ve ark., 2020). Toprak ekosisteminde bitki kökleri ile simbiyotik etkileşim ile bitki sistemik dayanıklılığının teşviki çeşitli antioksidan maddelerin salınmasının uyarılması gibi aktiviteleri ile bitki paraziti nematodların biyokontrolünde Mikorizal mantarların etkinliğine araştırmacıların ilgisi büyüktür (Morandi, 1996). Mikrobiyal biyokontrol ajanlarının çoğu, ticari preparat haline getirilmiş ve mikrobiyal gübre olarak piyasada kolaylıkla ulaşılmaktadır. Tarım topraklarının biyolojik dengesinin sağlanması için ticari mikrobiyal gübreler çok önemli katkı sağlamaktadır.

Organik gübreler toprak yapısının düzenlenmesi, su tutma kapasitesinin arttırılması ve organik madde miktarını arttırması gibi etkileri ile toprak verimliliğine önemli katkılar sağlamaktadır. Organik gübreler hammaddelerine göre çok farklı kompozisyonlara sahip olabilmektedir. Bitki paraziti nema-

todlara karşı özellikle hayvansal menşeli gübrelerin yüksek azot oranından dolayı daha etkili oldukları bildirilmektedir (Akhtar ve Malik, 2000). İlave-ten, organik gübrelerin içeriğinde bulunan amonyum, nitrit, organik asitler ve hidrojen sülfid gibi bileşiklerin de nematisidal aktiviteye sahip olduğu bildirilmektedir (Akhtar ve Malik, 2000; Thoden ve ark., 2011;).

5. Bitkilerin Nematisidal Etkileri

Dilimizdeki karşılığı dumanlama ya da genel olarak kullanımı gazlama olan “fumigasyon” özellikle tarımsal ürünlerde zararlı olan organizmaların zehirli gaz salınımı ile bertaraf edilmesidir. Ancak fumigasyon için kullanılan fumigant etkili maddelerin yüksek derecede toksik, geniş spektrumlu, kansere neden olmaları ve hem bitki hem de toprakta kalıntı oluşturmaları nedeniyle kullanımlarında dezavantajları bulunmaktadır. Kimyasal maddeler yerine bitkilerin belirli yeşil aksam oluştırdıktan sonra bitkinin etkili kimyasal metabolitleri en fazla ürettiği dönemde, genellikle çiçeklenme aşamasında, toprağa karıştırılması ile topraktaki hastalık ve zararlı etmenleri ile yabancı otların azaltılması biyofumigasyon olarak adlandırılmaktadır (Kirkegaard ve Matthiessen, 2004).

Biyofumigasyon uygulamaları topraktaki zararlıları azalttığı gibi toprak organik madde miktarını arttırmakta topraktaki antagonistik organizmaların artmasını da sağlamaktadır. Biyofumigasyon uygulamalarında lahanagiller en fazla kullanılan bitki türüdür (Kaşkavalcı ve ark., 2009; Ngala ve ark., 2014). *Brassicaceae* familyasındaki bitkiler doğal bağışıklıklarının bir parçası olarak glikosinolat sekonder metabolitini üretmektedirler. Hücre içinde vakuollerde birikmiş olan glikosinolat molekülü, hücrenin parçalanmasıyla açığa çıkmakta ve mirosinaz enzimiyle su ortamında parçalanarak zehirli izotiyosiyanat gazına dönüşmektedir. Bu gazın etki mekanizması metil bromide benzemektedir (Anonim, 2022b).

Nematodlarla mücadelede önemli bir yere sahip olan biyofumigasyon genel olarak örtücü bitkiler olarak adlandırılan bitkilerin rotasyonlu olarak veya birlikte ekim şeklinde kullanılması ile bu bitkilerin yeşil gübre olarak toprağa karıştırılması şeklinde uygulanmaktadır. Örtücü bitkilerin kökleri tarafından toprağa salınan gazlar nematodlar üzerinde öldürücü etkiye sahiptir. Hardal (*B. juncea*) bitkisinin örtücü bitki olarak kullanılması ile kök ur nematodu *Meloidogyne incognita* popülasyonu %23-91 oranında, yem şalgamı olarak bilinen *B. rapa* ile %41 azalmıştır (Monfort ve ark., 2007). Bitkilerin köklerinden salgılanan kök salgıları birçok bitki paraziti nematodlar üzerinde farklı etkilere neden olabilmektedir. Kök salgıları vasıtasıyla kist nematod yumurtalarının açılmasını sağlayıcı etkiye sahip bitkiler, tuzak bitki olarak, bitki koruma amacıyla kullanılabilir. Sikder ve Vestergård (2020) tarafından kök salgılarının nematodlar üzerinde uyarıcı ve baskılayıcı etkilerine dair çalışmalar derlenmiştir.

Brassica türleri dışında, sorgum sudan otu, fiğ, keten ve *Tagetes* türlerinin de nematisidal aktivitesinin olduğu bildirilmektedir (Dutta ve ark., 2019). Leontopoulos ve arkadaşları (2020) zeytinde bulunan polifenollerin, yağının çıkarılmasından sonra posasında bol miktarda kaldığını ve bunların nematisidal aktivitesinin bulunduğunu bildirmiştir. *Caenorhabditis elegans* nematoduna karşı en etkili terpenoidler arasında karvakrol, timol, nerolidol, α -terpinen, geraniol, sitronellol, farnesol, limonen, psödoionon ve ugenol yer almaktadır (Abdel-Rahman ve ark., 2013). 4-hidroksifenilglisin, *t*-bütilhidrokinon, L-3-(3,4-dihidroksifenil)alanin, sesamol, 2,4-dihidroksiasetofenon ve *p*-anisaldehit gibi fenolik bileşikler domates kök ur nematodu *M. incognita*'na karşı *in vitro* ve *in vivo* etkili bir nematsidal etki gösterdiği rapor edilmiştir (Oliveira ve ark., 2019). *Stevia rebaudiana* bitkisinin domates kök ur nematodu *M. Incognita* ve *M. javanica*'na karşı paralyze edici etkisinin olduğu bildirilmiştir (Ntalli ve ark., 2020).

Sonuç

Bitkiler büyüme, gelişme, üreme ve yaşam koşullarına adaptason için üretmiş oldukları elzem ve spesifik fonksiyonlara sahip sekonder metabolitler üretirler. Çok çeşitli kimyasal yapıda olabilen sekonder metabolitler biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı etkili bir koruyucu fonksiyon göstermektedirler. Bu sayede günümüz hasas tarım uygulamalarında çeşitli amaçlar için oldukça kullanışlı bir ürün olma potansiyeline sahiptirler.

Bitkiler gerek birlikte ekim, ön bitki veya tuzak bitki olarak yetiştirilmeleri, gerekse yeşil gübre ve biyolojik nematisitler olarak kullanılmaları ile bitki patojeni nematodlar üzerinde potansiyel olarak önemli bir baskılayıcı etkiye sahiptir. Bitkilerin zengin tür çeşitliliği ve biyolojik aktivite bitkileri nematisitlerin ana kaynağı durumuna getirmektedir.

Bitkilerin yeşil gübreleme ile pratik olarak kullanımlarına ilave olarak daha kolay uygulanabilir formülasyonlar haline getirilerek kullanımlarının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bitkilerin ekonomik olarak değerli kısımları alındıktan sonra kalan kısımları ve endüstri bitkilerinin işlenmesinden sonra kalan artıklar, bitkisel nematisitlerin piyasaya bol miktarda ve ucuz olarak kolay sunulabilmeleri için önemli bir kaynağı oluşturmaktadır.

Günümüzde teknoloji kullanımı tarım alanında da giderek yaygınlaşmaktadır. Son yıllarda geliştirilen nanoteknoloji tarım alanında da kullanıma girmiştir. Özellikle zararlı böceklerle karşı feromon emdirilmiş nanoteknolojik biyoteknik mücadele tuzakları ticari olarak piyasada yaygın olarak bulunmaktadır. Literatürde nanopartikül oluşumunun bitki ekstraktlarının nematisidal etkinliğini arttırdığı *in vitro* olarak belirlenmiştir (Abbassy ve ark., 2017). Nanopartikül oluşumunun bitki koruma ürünü olarak kullanılan kimyasal miktarını azalttığı, böylece çevreye daha az zarar-

lı olduğu ve ekonomik olduğuna vurgu yapılmaktadır (Baronia ve ark., 2020). Bunun yanında nanopartikül oluşumu ile molekülün stabilitesinin arttığı ve etkili ajanın yavaş salınımının gerçekleştirildiği ve nanopartikül formunda uzun süre etkili olduğu belirtilmektedir (Yang ve ark., 2017).

Hassas tarım uygulamaları ile bitki koruma uygulamalarında bitki paraziti nematodların toprakta yoğun olarak bulunduğu bölgeler infrared kameralar kullanılarak uzaktan algılama teknolojisi ile tespit edilerek, sadece enfeksiyon bölgesine değişen oranlarda, gerektiği kadar nematosisit uygulamalarının gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır (Lawrence ve ark., 2007; Rich ve ark., 2022).

Gelişen bu teknolojilerin biyolojik nematisitlerle birlikte kullanılması ile bitki paraziti nematodlara karşı daha etkili, ekonomik ve ekolojik olarak güvenli bitki koruma uygulamalarının gerçekleştirilmesi mümkündür.

Kaynakça

- Abbassy, M.A., Abdel-Rasoul, M.A., Nassar, A.M.K., Soliman, B.S.M. (2017). Nematicidal activity of silver nanoparticles of botanical products against root knot nematode, *Meloidogyne incognita*. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 50(17-18): 909-926. DOI: 10.1080/032335408.2017.1405608
- Abdel-Rahman, F.H., Alaniz, N.M., Saleh, M.A (2013). Nematicidal activity of terpenoids. Journal of Environmental Science and Health-Part B, 48(1): 16–22.
- Abd-Elgawad, M.M.M., Askary, T.H. (2018). Fungal and bacterial nematicides in integrated nematode management strategies. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 28:1-24.
- Ahmed, E., Arshad, M., Khan, M.Z., Amjad, M.S., Sadaf, H.M., Riaz, I., Sabir, S., Ahmad, N.S. (2017). Secondary metabolites and their multidimensional prospective in plant life. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 6(2): 205–214.
- Akhtar, M., Malik, A. (2000). Roles of organic amendments and soil organisms in the biological control of plant parasitic nematodes: a review. Bioresource Technology, 74: 35-47.
- Akyazi, F., Dickson, D.W. (2014). *Pasteuria penetrans* suppression of root-knot nematode *Meloidogyne arenaria* race1 in vegetables. Türkiye Entomoloji Dergisi, 38(2): 173-180.
- Anderson, J.T., Song, B.H. (2020). Plant adaptation to climate change—Where are we? Journal of Systematics and Evolution, 58(5): 533–545.
- Anonim, (2022a). İnsanlarda hastalığa neden olan nematodlar, <https://www.msmanuals.com/professional/infectious-diseases/nematodes-roundworms> (Erişim tarihi: 28.02.2022)
- Anonim, (2022b). <http://www.farmiturkey.com/tr/biyofumigasyon-nedir.html> (Erişim tarihi: 28.02.2022)
- Baronia, R., Kumar, P., Singh, S.P., Walia, R.K. (2020). Silver nanoparticles as a potential nemticide against *Meloidogyne graminicola*. Journal of Nematology, 52: 1-9.
- Bhattacharya, A., Sood, P., Citovsky, V. (2010). The roles of plant phenolics in defence and communication during Agrobacterium and Rhizobium infection. Molecular Plant Pathology, 11(5): 705–719.
- Blaxter, M. (2011). Nematodes: The Worm and Its Relatives, Plos Biology, 9(4): 1-9.
- Castillo, P., Vovlas, N. (2007). *Pratylenchus* (Nematoda, Pratylenchidae): Diagnosis, biology, pathogenicity and management. Nematology Monographs and Perspectives, 6: 1-530.

- Chen, P., Tsay, T.T. (2006). Effect of Crop Rotation on *Meloidogyne* spp. and *Pratylenchus* spp. populations in strawberry fields in Taiwan. *Journal of Nematology*, 38(3): 339-344.
- Chhajed, S., Mostafa, I., He, Y., Abou-Hashem, M., El-Domiaty, M., Chen, S. (2020). Glucosinolate Biosynthesis and the Glucosinolate–Myrosinase System in Plant Defense. *Agronomy*, 10(1786): 1–25.
- Cook, R., Evans, K., (1987). Resistance and Tolerance. In: Brown, R.H., Kerry, B.R. (Eds.), *Principles and Practice of Nematode Control in Crops*, Academic Press, Sydney, pp. 179-231.
- Dababat, A.A., Fourie, H. (2018). Nematode parasites of cereals. In: Sikora RA, Coyne D, Hallmann J, Timper P (Eds.) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, England, pp. 163-221.
- Danovaro, R., Gambi, C., Dell’Anno, A., Corinaldesi, C., Frascchetti, S., Vanreusel, A., Vincx, M., Gooday, A.J. (2008). Exponential decline of deep-sea ecosystem functioning linked to benthic biodiversity loss. *Current Biology*, 18(1): 1–8.
- Decraemer, W., Hunt, D.J. (2006). Structure and Classification. In: Perry, N.R., Moens, M. (Eds.) *Plant Nematology*, CAB International, London, pp. 4-32.
- Decraemer, W., Geraert, E. (2006). Ectoparasitic Nematodes. In: Perry, N.R., Moens, M. (Eds.) *Plant Nematology*, CAB International, London, pp. 154-181.
- Duncan, L.W., Moens, M. (2006). Migratory Endoparasitic Nematodes. In: Perry, N.R., Moens, M. (Eds.) *Plant Nematology*, CAB International, London, pp. 123-142.
- Dutta, T.K., Khan, M.R., Phani, V. (2019). Plant-parasitic nematode management via biofumigation using brassica and non-brassica plants: Current status and future prospects. *Current Plant Biology*. 17: 17-32.
- Erlund, I. (2004). Review of the flavonoids quercetin, hesperetin, and naringenin. Dietary sources, bioactivities, bioavailability, and epidemiology. *Nutrition Research*. 24:851–874.
- Favaron, F., Lucchetta, M., Odorizzi, S., Pais da Cunha, A., Sella, L. (2017). The role of grape polyphenols on trans-resveratrol activity against *Botrytis cinerea* and of fungal laccase on the solubility of putative grape PR protein. *Journal of Plant Pathology*, 91:579–588.
- Flower, K.C., Hüberli, D., Collins, S.J., Thomas, G., Ward, P.R., Cordingley, N. (2019). Progression of plant-parasitic nematodes and foliar and root diseases under no-tillage with different crop rotations. *Soil and Tillage Research*, 191: 18-28.
- Forghani, F., Hajihassani, A. (2020). Recent Advances in the Development of Environmentally Benign Treatments to Control Root-Knot Nematodes. *Frontiers in Plant Science*, 11(1125): 1-13.

- Georgis, R., Koppenho, A.M., Lacey, L.A., Be'lair, G., Duncan, L.W. Grewal, P.S., Samish, M., Tan, L., Torr, P., van Tol, R.W.H.M. (2006). Successes and failures in the use of parasitic nematodes for pest control. *Biological Control*, 38: 103-123.
- Hallmann, J., Subbotin, S.A. (2005). Methods for extraction, processing and detection of plant and soil nematodes. In: Luc, M., Sikora, R. A., Bridge, J. (Eds.). *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*, CABI Publishing, London, pp. 87-119.
- Ishida, M., Hara, M., Fukino, N., Kakizaki, T., Morimitsu, Y. (2014). Glucosinolate metabolism, functionality and breeding for the improvement of Brassicaceae vegetables. *Breeding Science*, 64:48–59.
- Jatala, P. (1986). Biological control of plant-parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology*, 24: 453-489
- Jatala, P., Bridge, J. (1990). Nematode parasites of root and tuber crops. In: Luc, M., Sikora, R.A., Bridge, J. (Eds.) *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, England, pp. 137 -180.
- Jones, J.T., Haegeman, A., Danchin, E.G.J., Gaur, H.S., Helder, J., Jones, M.G.K., Kikuchi, T., Manzanilla-Lopez, R., Palomares-Rius, J.E., Wesemael, W.M.L., Perry, R.N. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 14: 946-961.
- Jung, C., Wyss, U. (1999). New approaches to control plant parasitic nematodes, *Applied Microbiology and Biotechnology*. 51: 439-446.
- Kabera, J.N., Semana, E., Mussa, A.R., He, X. (2014). Plant Secondary Metabolites: Biosynthesis, Classification, Function and Pharmacological Properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2:377–392.
- Karssen, G., Moens, M. (2006). Root-knot Nematodes. In: Perry, N.R., Moens, M. (Eds.) *Plant Nematology*, CAB International, London, pp.60-87.
- Kaşkavalcı, G., Tüzel, Y., Dura, O., Öztekin, G.B. (2009). Effects of alternative control methods against *Meloidogyne incognita* in organic tomato production. *Ekoloji*, 72: 23-31.
- Kirkegaard, J.A., Matthiessen, J.N. (2004). Developing and refining the biofumigation concept. *Agroindustria*, 3: 233-239.
- Koutsovoulos, G.D. (2015). Reconstructing the phylogenetic relationships of nematodes using draft genomes and transcriptomes. Doctor of Philosophy Thesis, Institute of Evolutionary Biology School of Biological Sciences. University of Edinburgh, 221 p.
- Kulbalt, K. (2016). The role of phenolic compounds in plant resistance. *Biotechnology and Food Sciences*. 80(2): 97–108.
- Lawrence, G.W., Doshi, R.A., King, R.L., Lawrence, K.S., Caceres, J. (2007). Nematode Management using Remote Sensing Technology, Self-Organ-

zed Maps and Variable Rate Nematicide Applications. The World Cotton Research Conference-4 (September 10-14, 2007), Lubbock, TX

Leontopoulos, S., Skenderidis, P., Vagelas, I.K. (2020). Potential Use of Polyphenolic Compounds Obtained from Olive Mill Waste Waters on Plant Pathogens and Plant Parasitic Nematodes. In: Mérillon, J.M., Ramawat, K.G. (Eds.) Plant Defence: Biological Control. Progress in Biological Control, vol 22. Springer, Cham, pp. 137-177. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51034-3_6

Li, J., Borneman, J., Ruegger, P., Liang, L., Zhang, K. (2020). Molecular mechanisms of the interactions between nematodes and nematophagous microorganisms. In: Mérillon, J.M., Ramawat, K.G. (Eds.), Plant Defence: Biological Control, Progress in Biological Control 22, Springer Nature, Switzerland, pp. 421-441.

Mennan, S., Ecevit, O. (2002). Investigations on effectiveness of different preparations on onion race of *Ditylenchus dipsaci*. Journal of OMU Faculty of Agriculture, 17(16): 20-24.

Monfort, W.S., Csinos, A.S., Desaegeer, J. Seebold, K. Webster, T.M., Diaz-Perez, J.C. (2007). Evaluating *Brassica* species as an alternative control measure for root-knot nematode (*M. incognita*) in Georgia vegetable plasticulture. Crop Protection, 26: 1359-1368.

Morandi, D. (1996). Occurrence of phytoalexins and phenolic compounds in endomycorrhizal interactions and their potential role in biological control. Plant and soil, 185(2): 241-251.

Neher, D.A. (2001). Role of nematodes in soil health and their use as indicators. Journal of 335 Nematology, 33: 161-168.

Neher, D.A., Nishanthan, T., Grabau, Z.J., Chen, S.Y. (2019). Crop rotation and tillage affect nematode communities more than biocides in monoculture soybean. Applied Soil Ecology, 140: 89-97.

Ngala, B.M., Haydock, P.P.J., Woods, S., Back, M.A. (2004). Biofumigation with *Brassica juncea*, *Raphanus sativus* and *Eruca sativa* for the management of field populations of the potato cyst nematode *Globodera pallid*. Pest Management Science, 71(5): 759-769.

Noel, G.R. (2008). IPM of soyabean scyst nematode in USA, In: Ciancio, A., Mukrji, G. (Eds.) Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes, pp. 119-126.

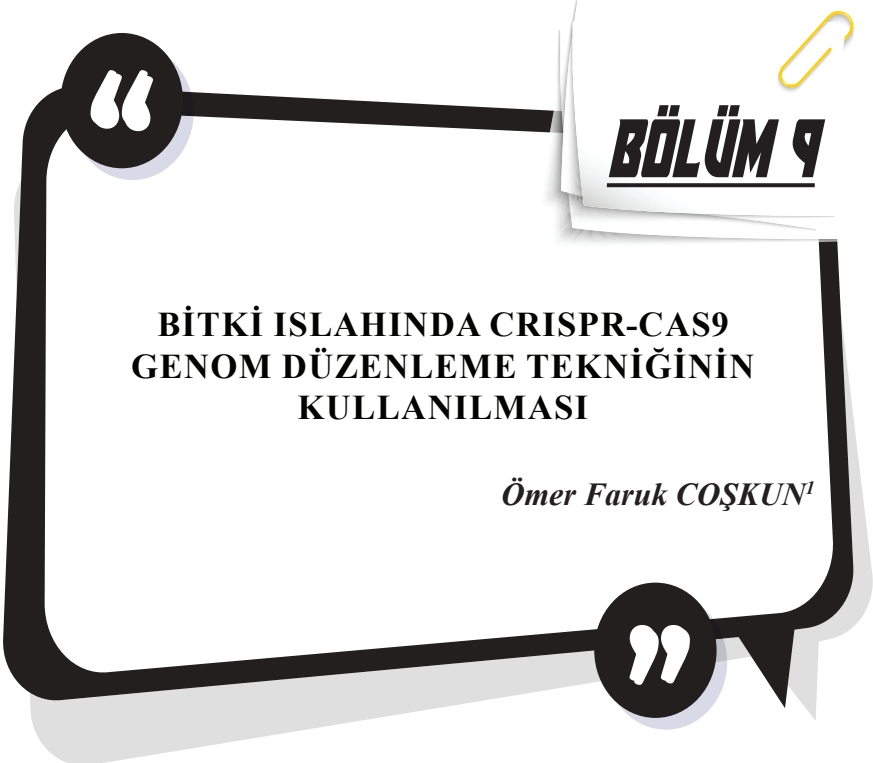
Ntalli, N., Kasiotis, K.M., Baira, E., Stamatis, C.L., Machera, K. (2020). Nematicidal Activity of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) Assisted by Phytochemical Analysis. Toxins, 12: 319.

Oliveira, D.F., Costa, V.A.; Terra, W.C., Campos, V.P., Paula, P.M., Martins, S.J. (2019). Impact of phenolic compounds on *Meloidogyne incognita* in vitro and in tomato plants. Experimental Parasitology, 199: 17–23.

- Pagare, S., Bhatia, M., Tripathi, N., Pagare, S., Bansal, Y.K. (2015). Secondary Metabolites of Plants and their Role: Overview. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 9(3):293–304.
- Panche, A.N., Diwan, A.D., Chandra, S.R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5 (e47):1–15.
- Pott, D.M., Osorio, S., Vallarino, J.G. (2019). From Central to Specialized Metabolism: An Overview of Some Secondary Compounds Derived From the Primary Metabolism for Their Role in Conferring Nutritional and Organoleptic Characteristics to Fruit. *Frontiers Plant Science*, 10:835–854.
- Rani, A.S., Neelima, G., Mukhopadhyay, R., Jyothi, K.S.N., Sulakshana, G. (2018). In Silico Characterization of Plant Secondary Metabolites, In *Silico Approach for Sustainable Agriculture*. Choudhary, D.K. (Ed.), 251-273.
- Rich, J., Baird, R., Dunn, R., Wright, D. (2022). Using GIS/GPS for Variable-Rate Nematicide Application in Row Crops. *Extension Service of University of Florida*, ENY6.
- Samanta, A., Das, G., Das, S. (2011). Roles of flavonoids in plants. *International Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 6:12–35.
- Seid, A., Imren, M., Ali, A.M., Toumi, F., Paulitz, T., Dababat, A.A. (2021). Genetic resistance of wheat towards plant-parasitic nematodes: current status and future prospects. *Biotech Studies*, 30(1): 43-62.
- Siddique, S., Grundler, F.M.W. (2018). Parasitic nematodes manipulate plant development to establish feeding sites. *Current Opinion in Microbiology*, 46: 102-108.
- Sikder, M.M., Vestergård, M. (2020). Impacts of Root Metabolites on Soil Nematodes. *Frontiers in Plant Science*, 10(1792): 1-18. doi: 10.3389/fpls.2019.01792
- Sikora, R.A., Molendijk, L.P.G., Desaegeer, J. (2022). Integrated nematode management and crop health: Future challenges and opportunities. In: Sikora, R.A., Desaegeer, J., Molendijk, L.P.G. (Eds.), *Integrated Nematode Management: State-of-the-art and visions for the future*, CABI Publishing, London, pp. 3-11.
- Singh, S., Singh, B., Singh, A.P. (2015). Nematodes: A Threat to Sustainability of Agriculture. *Procedia Environmental Sciences*, 29: 215-216.
- Smiley, R.W., Yan, G.P., Gourlie, J.A. (2014). Selected Pacific Northwest crops as hosts of *Pratylenchus neglectus* and *P. thornei*. *Plant Disease*, 98: 1341-1348.
- Subbotin, S.A., Madani, M., Krall, E., Sturhan, D., Moens, M. (2005). Molecular diagnostics, taxonomy and phylogeny of the stem nematode *Ditylenchus dipsaci* species complex based on the sequences of the inter transcribed spacer-rDNA. *Phytopathology*, 95(11): 1308-1315.

- Şevik, M.A., Akyazı, F. (2008). Bitki patojeni virüslerin bitki paraziti nematodlarla taşınması. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25(2): 1-12.
- Temiz, M.A. (2021a). Antioxidant and antihyperglycemic activities of *Scorzone-
ra cinerea* radical leaves in streptozocin-induced diabetic rats. *Acta Pharmaceutica*. 71:603–617.
- Temiz, M.A. (2021b). Investigation of Phenolic Composition, Antioxidant Capacity, and Antidiabetic Effect of *Ornithogalum lanceolatum* L.: An in vitro Study. *International Journal of Secondary Metabolite*, 8 (2):94–103.
- Thoden, T.C., Korthals, G.W., Termorshuizen, A.J. (2011). Organic amendments and their influences on plant parasitic and free living nematodes: a promising method for nematode management? *Nematology*, 13(2): 133-153.
- Timperio, A.M., D'Alessandro, A., Fagioni, M., Magro, P., Zolla, L. (2012). Production of the phytoalexins trans-resveratrol and delta-viniferin in two economy-relevant grape cultivars upon infection with *Botrytis cinerea* in field conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 50:65–71.
- Tsimogiannis, D., Oreopoulou, V. (2019). Classification of Phenolic Compounds in Plants. In: *Polyphenols in Plants*, 2nd Ed. pp. 263–284.
- Turner, S.J., Rowe, J.A. (2006). Cyst Nematodes. In: Perry, N.R., Moens, M. (Eds.) *Plant Nematology*, CAB International, London, pp. 92-121.
- Türk, E, Dölek, N. (2010). *Ascaris lumbricoides*' in neden olduğu barsak tıkanıklığı: nadir görülen bir olgu. *Gülhane Tıp Dergisi*, 52: 225-228.
- van den Hoogen, J., Geisen, S., Routh, D., Ferris, H., Traunspurger, W., Wardle, D. A., de Goede, R.G.M., Adams, B.J., Ahmad, W., Andriuzzi, W.S., Bardgett, R.D., Bonkowski, M., Campos-Herrera, R., Cares, J.E., Caruso, T., de Brito Caixeta, L., Chen, X., Costa, S.R., Creamer, R., ... Crowther, T.W. (2019). Soil nematode abundance and functional group composition at a global scale. *Nature*, 572: 194-206.
- Vanstone, V.A., Hollaway, G.J., Stirling, G.R. (2008). Managing nematode pests in the southern and western regions of the Australian cereal industry: continuing progress in a challenging environment. *Australasian Plant Pathology*, 37: 220-234.
- Vermerris, W., Nicholson, R. (2006). *Phenolic Compound Biochemistry*. Springer, Dordrecht. pp. 1–15.
- Verpoorte, R. (2005). Alkaloids. *Encyclopedia of Analytical Science* (Second Edition), Elsevier, 56–61.
- Vuolo, M.M., Lima, V.S., Maróstica Junior, M.R. (2019). Phenolic Compounds: Structure, Classification, and Antioxidant Power. Ed. Campos, M.R.S. In: *Bioactive Compounds*. pp. 33–50.

- Yang, Y.F., Cheng, Y.H., Liao, C.M. (2017). Nematode based biomarkers as critical risk indicators on assessing the impact of silver nanoparticles on soil ecosystems. *Ecological Indicators*, 75: 340-351.
- Yavuzaslanoglu, E., Dikici, A., Elekcioglu, I.H. (2015). Effect of *Ditylenchus dipsaci* Kühn, 1857 (*Tylenchida: Anguinidae*) on onion yield in Karaman Province, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(2): 227-233.
- Yavuzaslanoglu, E., Aksay, G. (2021). Susceptibility of different plant species to two populations of *Ditylenchus dipsaci* Kühn, 1857 (*Tylenchida: Anguinidae*) from Turkey. *Turkish Journal of Entomology*, 45(1): 77-86.
- Yeates, G.W., Bongers, T., de Goede, R.G.M., Freckman, D.W., Georgieva, S.S. (1993). Feeding habits in soil nematode families and genera- an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology*, 25: 315-331.



BÖLÜM 9

BİTKİ ISLAHINDA CRISPR-CAS9 GENOM DÜZENLEME TEKNİĞİNİN KULLANILMASI

Ömer Faruk COŞKUN¹

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi,
Bahçe Bitkileri Bölümü, Hatay, Türkiye, omerfaruk.coskun@mku.edu.tr, OR-
CID:0000-0001-5398-5737

GİRİŞ

İklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilikte azalma gibi etmenler dünya nüfusunun beslenebilmesi ile ilgili problemleri artırmaktadır (Foley vd, 2011). Nüfus artışıyla birlikte modern tarım sistemi kullanılarak daha az maliyet ile birim alandan daha yüksek verim ve kaliteli ürün elde etme gerekliliği artmıştır. Ayrıca artan dünya nüfusu ile birlikte çevre değişiklikleri de küresel gıda güvenliğini tehlikeye atmaktadır (Bangira, 2018). Her iki koşul altında tarımın sürdürülebilirliğinin sağlanması gerekmektedir. Tarımda sürdürülebilirlik, artan insan nüfusuna yetecek kadar ve kaliteli gıda üretimi sağlanarak gerçekleştirilebilir. Bunun için mevcut tarım alanlarının artırılması ya da mevcut tarım alanlarında yetiştiriciliği artıracak ya da verim artışı sağlayacak yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Dünya genelinde tarım alanlarının artışının sağlanmasının aksine şehirleşme, erozyon gibi sebeplerle mevcut tarım alanları giderek azalmaktadır. Bu nedenle verim ve kalite artışı sağlanması tarımsal üretimde en önemli amaçlardan biri olmuştur. Ayrıca insanların beslenme rejimi değişmiş, farklı gıda ürünlerine ulaşım talebi giderek artmaktadır. Bu durum da gıda ürünlerinde çeşitliliğin ve kalitenin artışının gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Küresel iklim değişiklikleri ve su kıtlığı problemleri mevcut gıda ürünlerinin verim ve kalitesi üzerinde olumsuz etkilere sahip olan en büyük etkenlerdir. Hem verim ve kalite kaybının önüne geçmek hem de ihtiyaç duyulan kadar bitkisel üretim sağlamak amacıyla ıslah çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bitki ıslahı çalışmaları ile bitkisel üretimde verim artışlarının sağlanması, değişen iklim koşulları nedeniyle artan biyotik ve abiyotik stres koşulları ile baş edebilecek yöntemler geliştirilmesi amaçlanmakta ve bitkilere istenilen özelliklerin kazandırılması sağlanmaya çalışılmaktadır. Islah sonucu bitkilerde olması istenen özellikler verim artışı, kalite artışı, hastalıklar ve zararlılara dayanıklılık ve abiyotik stres faktörlerine karşı toleranstır. Bu amaçla klasik ıslah ve moleküler ıslah çalışmaları gerçekleştirilebilmektedir.

Doğada doğal seçim mekanizması sonucu çevreye uyum sağlayan çeşitlerin sayısında artış meydana gelmiştir. Aynı zamanda insan eliyle istenilen karakterde olan çeşitlerin yapay olarak seçilmesi binlerce yıldır gerçekleşmektedir. Yapay seçim ve ıslah amacıyla gerçekleştirilen melezlemeler, yeni genetik kaynak eldesine sebep olmuştur. Aynı zamanda kendiliğinden olan ya da yapay olarak gerçekleştirilen mutasyon çalışmaları da farklı özelliklere sahip genetik kaynakların oluşmasına neden olmuştur (Jo vd., 2019). Bitki ıslahında yapay seçim ve melezleme çalışmaları ilk başvurulan yöntemlerdir. Bitki büyümesi için olumsuz koşullardan kaçınmak ya da bitkisel üretimde verim ve kaliteyi artırmak için, bilim adamları melezleme ile birlikte mutasyon ıslahını kullanmışlardır (Kharkwal vd, 2004). Ancak bu ıslah hedefini gerçekleştirmek zaman alıcı ve yoğun iş-

gücü gerektirmektedir (Bado vd., 2015). Ayrıca moleküler markır yardımcı seleksiyon ıslahı çalışmaları geliştirilmiştir. Farklı genetik özelliklere sahip çeşitlerin elde edilmesi için gerçekleştirilen melezleme, mutasyon ve moleküler markır yardımcı seleksiyon çalışmalarında verimlilik her zaman sağlanamamakta, istenilen sonuçlar elde edilmeyebilmektedir. Toplumun sürekli artan talepleri sonucu yeni çözümler bulma arayışı artmıştır.

Son yıllarda bazı araştırmacılar klasik ıslah yerine dış gen transferi yoluyla istenen özelliği oluşturmak için transgenik yetiştirme sistemini kullanmayı başlamışlardır (Anwar ve Kim, 2020). Genetiği değiştirilmiş (GM) ürünler, bilinen fonksiyona sahip genlerin veya gen elementlerinin elit çeşitlere aktarılmasıyla elde edilmektedir. Ancak, genetik modifikasyon çalışmalarıyla ilgili bazı etik sorunlar ortaya çıkmıştır (Robinson, 1999). Bu ürünler, kullanımları, ithalatı ve ihracatı ile ilgili katı düzenlemelere tabidir. Son yıllarda ortaya çıkan genom düzenleme teknolojileri sayesinde bu etik sorun ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Çünkü genomu düzenlenmiş olan çeşitlerin geleneksel ıslah teknolojileri ile elde edilen çeşitlerden farkı bulunmadığı ifade edilmektedir (Songstad vd., 2017). Bu teknoloji kullanılarak tarım ürünlerinin iyileştirilmesinde hızlı ve verimli yeni çeşitler geliştirilebilmektedir. Büyük boyutlu ve karmaşık yapısı nedeniyle tüm bitki genomuyla uğraşmak çok zordur (Chen vd., 2019; Mushtaq vd., 2018). Bu nedenle bitkilerde bölgeye özgü genom düzenlemesi ile kesin, güvenilir ve kullanışlı bir teknik ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Genom düzenleme teknikleri ile genomdaki spesifik bölgelerde ekleme, silme, değiştirme gibi modifikasyonlar gerçekleştirilebilmektedir. Bu teknoloji, yabancı DNA eklemekten genetik delesyonlara veya değiştirmelere olanak tanıdığı için, son ürün genetiği değiştirilmiş bir organizma sayılabılır. Ancak genom düzenlemeleri de genetiği değiştirilmiş organizmalar gibi genetik modifikasyonlara yol açmaktadır. Bu durum teknik ve son ürün özelliği anlamında bazı ülkelerde genom düzenleme yöntemleri uygulanan tarım ürünlerinin GDO olarak değerlendirilmesine neden olmuştur.

GEN DÜZENLEME TEKNİKLERİ

Bitki ıslahı çalışmalarında son yıllarda birçok genetik mühendisliği çalışması gerçekleştirilmektedir. Ancak genom düzenleme çalışmaları diğer gen mühendisliği çalışmalarına göre daha kesin sonuçlar ortaya koymaktadır (Rostoks, 2021). Gen düzenleme teknikleri, bitkilerde istenilen özelliklerin kazandırılması için uygulanan en etkili yöntemlerden biridir. Klasik ıslah ve moleküler ıslah sonucu elde edilmesi istenen sonuçlar benzerdir. Islah hedeflerini oluşturan en önemli parametreler verim ve kalite artışı ile stres faktörlerine dayanıklılık kazandırabilmektir. Bu hedeflere gen düzenleme teknolojileri kullanılarak daha kısa sürede ve daha yüksek doğrulukta ulaşılabilmektedir. Ayrıca klasik ıslah bir karakterde kazanımla sonuçlanırken, başka bir karakterin kaybına sebep olabilmektedir. Gen dü-

zenleme teknolojileri ile bu risk de bertaraf edilmektedir. Canlı organizmalarda gerçekleştirilen genom düzenlemenin yüksek doğrulukta gerçekleştirilmesi için biyoteknolojik yöntemler kullanılmaktadır (Zhang vd., 2018). Bu teknolojiler kullanılarak genomda belirli noktalara genetik materyal eklenebilmekte, çıkarılabilmekte ya da değiştirilebilmektedir.

Genom düzenlemeleri uygulamaya koymanın temel stratejisi, hedeflenen genomik bölgede diziye özgü bir nükleaz (SSN) ile çift zincirli kırılmalar (DSB) üretmektir. Çift zincirli DNA kırıklarının (DSB) oluşmasının ardından bu kırıklar hataya yatkın olan Homolog Olmayan Uç Birleştirme (NHEJ) veya hatasız Homoloji Yönlendirmeli Onarım (HDR) yollarıyla tamir edilmektedir. Yüksek ökaryotların somatik hücrelerindeki DSB'lerin onarımı, ağırlıklı olarak homolog olmayan uç birleştirme (NHEJ) yolu ile yapılmakta ve insersiyon/delesyon ile sonuçlanmaktadır. HDR yolu ise kesin genomik düzenlemelerin elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Bölgeye özgü çift zincir kırıklarını (DSB) üretmek için kullanılan dört ana genom düzenleme aracı geliştirilmiştir. Bu genom düzenleme araçları: ZFN (Çinko Parmak Nükleazları), TALEN (Transkripsiyon Aktivitörü Benzeri Ektör Nükleazlar), CRISPR/Cpf1 (CRISPR/ Prevotella ve Francisella 1) ve CRISPR/Cas9 (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats-Düzenli Aralıklarla Bölünmüş Palindromik Tekrar Kümeleri ile İlişkili Protein 9)'dur. ZFN'lerin, genom modifikasyonlarının hepsinde çift zincirli DNA kırıklarını verimli bir şekilde oluşturamaması bir dezavantajdır. ZFN tabanlı yöntemlerde genomda istenen her sekansın hedeflenememesi en büyük sınırlayıcı faktördür (Osakabe ve Osakabe, 2015). Bunların tasarımı ve montajı teknik olarak zordur ve ZFN modüllerinin ticari olarak elde edilmesi pahalıdır. Bu gibi nedenler, ZFN'nin bilim insanları tarafından yaygın olarak kullanılmamasına neden olmuştur (Ramirez vd., 2008). TALEN'ler, herhangi bir DNA dizisini hedeflemek üzere tasarlanabilir ve birleştirilebilir, ancak metilasyona duyarlı olmaları dezavantajdır (Deng vd., 2012; Kaya vd., 2017). Ayrıca hedef dışı mutasyonların ortaya çıkabilmesi TALEN yönteminin en belirgin dezavantajıdır. TALEN'lerin birleştirilmesi ZFN'lerden daha kolaydır, bu nedenle ZFN'ler daha geniş düzeyde kullanılmıştır (Wang vd., 2014; Nicolai vd., 2015; Jung ve Altpeter, 2016). ZFN'ler ve TALEN'lerin hedeflenmesi, DNA bağlayıcı proteinlerin DNA dizisi tanımasına dayanırken, CRISPR/Cas9 teknolojisi yeni bir RNA kılavuzlu hedefleme yaklaşımı kullanmaktadır.

CRISPR TEKNIĞİ

CRISPR-Cas9 teknolojisi 2013 yılında geliştirilmiş bir genom düzenleme aracıdır (Horii vd, 2013). Bakteri ve arkeaların direnç mekanizması bu teknolojinin geliştirilmesinde öncül olmuştur. Bakteriler ve arkealar farklı koşullara dayanıklılık sağlayabilmelerine rağmen fajlar tarafından enfekte edilebilmektedir. Sonuç olarak enfekte olan bakterileri ve arkeala-

rın %50'si ölebilmektedir. Fajlar tarafından oluşturulan bu öldürücü etkinin önlenmesi için bakteriler ve arkealer çeşitli direnç mekanizmaları geliştirmiştir. CRISPR ve CRISPR ile ilişkili (Cas) proteinler arkea ve bakterilerdeki adaptif bağışıklık sisteminin bir parçasıdır. Bu proteinler plazmitlerden ve fajlardan gelen invazif nükleik asitlere karşı savunmak için kullanılmaktadır. Söz konusu direnç mekanizmalarından biri olan CRISPR/Cas sistemi RNA ve protein bileşenlerinden oluşmaktadır (Jinek vd., 2012). Bakterilerin %40 ve arkeaların %90'ında bulunan CRISPR sistemi, bakteri ve arkeayı viral enfeksiyonlara karşı koruyan bir savunma mekanizmasıdır (Richter vd., 2012; Szczepankowska, 2012). Bakteriler kendilerini virüsten korumak için adaptif immünsistem kullanmaktadırlar. Bakteriler her gelen virüsün DNA parçasına ait bilgiyi düzenli aralıklarla genomunda saklamaktadır. Buna CRISPR bölgesi lokusu adı verilmektedir. Kılavuz RNA cas9 enzimi vasıtasıyla ilgili DNA'yı bulmakta, çift zinciri kırarak parçalanmasını sağlamaktadır. Böylece bakteriler kendini enfeksiyondan korumuş olmaktadır. Bu bilgiden faydalanılarak ilgili genomdaki lokusun parçalanabilmesi, nükleotid ekleme ve çıkarma yapılabilmektedir. 1993 yılında, CRISPR'lar ilk kez arkeada gözlemlenmiştir (Mojica vd., 1993). 2002 yılında Jansen tarafından farklı bakteri ve arkeada birkaç benzer yapı tespit edildikten sonra CRISPR kısaltması önerilmiştir (Jansen vd., 2002). 2000'lerin başında, CRISPR spacer bölgeleri ile bakteriyofajlar, arkeal virüsler ve plazmitler arasındaki dizi benzerliğinin keşfi CRISPR'ın bir bağışıklık sistemi olabileceğini düşündürmüştür. 2005 yılında, virüs ve plazmitlerin bakterilerle homoloji gösteren aralayıcılar keşfedilmesi dönüm noktası olmuştur. Daha sonra Mojica vd. (2005) CRISPR yapısının ve bununla ilişkili proteinin bağışıklık savunma fonksiyonlarına sahip olabileceğini ve virüslere karşı korunmada önemli roller oynayabileceğini ifade etmişlerdir. CRISPR ile ilişkili protein 9 (Cas9) genom düzenleme sisteminin mekanizması Charpentier tarafından ilk kez açıklanmıştır (Deltcheva vd., 2011). 2012 yılında, CRISPR ilişkili (Cas) sistemi ilk olarak in vitro programlanabilir RNA kılavuzlu genom düzenleme için kullanılmıştır (Jinek vd., 2012). Ertesi yıl, CRISPR kullanılarak genom düzenleme, bir memeli sisteminde başarıyla gösterilmiştir (Cong vd., 2013; Mali vd., 2013). 2012 yılında Jennifer Doudna ve Emmanuelle Charpentier'in Cas proteinlerinin ve Tip II CRISPR sisteminin moleküler mekanizmasını aydınlatmasıyla CRISPR çalışmalarını ileri seviyeye taşımışlardır (Jiang ve Doudna, 2015). 2013 yılında bitki genom düzenlemesinde CRISPR'nin ilk gösterilmesinden sonra (Nekrasov vd., 2013; Shan vd., 2013), temel bitki bilimi ve ürün iyileştirmede çok fazla ilerleme kaydedilmiştir (Chen vd., 2019; Zhang vd., 2018). CRISPR, genetik manipülasyon için çok yönlü, basit ve ucuz bir sistem olarak, o zamandan beri genom düzenleme alanına hâkim olmuştur. CRISPR-Cas9 teknolojisi artık hassas genom düzenleme sistemindeki en güvenilir araçlardan biri haline gelmiştir (Dey, 2021). Bazı

genlerin susturulması, hastalık direnci, çeşitli abiyotik stres faktörlerine adaptasyon, kalite ve verim iyileştirmeleri gibi üstün özelliklerin bu teknolojiler ile sağlanabilmesi kolaylaşmıştır. CRISPR/Cas9 aracılı genom düzenleme, bitki ıslahında bitki geliştirmek için büyük bir potansiyele sahiptir (Zaidi vd., 2016). CRISPR/Cas teknolojisi farklı bitki türlerinde başarılı bir şekilde uygulanmıştır (Zhang vd., 2016). CRISPR-Cas9 genom düzenlemesini keşfetmeleri ve geliştirmeleri nedeniyle Emmanuelle Charpentier ve Jennifer Doudna 2020 Nobel Kimya Ödülü'nü almışlardır.

CRISPR/Cas9 teknolojisinin RNA kılavuzlu hedefleme yaklaşımı sunması, bu tekniğin tasarlanmasının ve uygulanmasının daha basit olmasını ve diğer genom düzenleme teknolojilerinden daha ucuz olması avantajlarını ortaya çıkarmaktadır. ZFN veya TALEN kullanarak birden fazla gende mutasyon oluşturmak verimsiz, yoğun ve zaman alıcı iken CRISPR/Cas9 sistemi aracılığı ile birden fazla gende mutasyon taşıyan bitkiler üretilmektedir. Bu teknik ZFN veya TALEN ile karşılaştırıldığında, daha ucuz, daha hızlı, daha verimli ve kullanımı daha kolaydır. Gen mutasyonunun hassas bir şekilde kontrol edilebiliyor olması da bu teknolojinin öne çıkmasına neden olmaktadır. CRISPR/Cas9, belirli bir genetik diziyi hassas bir şekilde kesmek, çıkarmak veya değiştirmek için kullanılabilen bir araçtır. Cas9 proteini, kolayca değiştirilebilen bir RNA kılavuzu tarafından belirli genetik hedefe yönlendirilen bir çift moleküler makas işlevi görmektedir. Cas9, belirli bir genetik diziyi aramakta ve bu diziyi bulduğunda onu kesmektedir. Hedef DNA kesildikten sonra silinebilmekte veya değiştirilebilmektedir. CRISPR/Cas9 sistemi ile, bitkilerin genetik kodlarının değiştirilerek iyileştirme çalışmaları yapılabilir. Burada, gen değiştirme, yabancı genin yeni özelliklerini dahil etmek için orijinal organizmaya sokulduğu transgenik yöntemin aksine, organizmanın kendisi tarafından istenen özelliklerle gerçekleştirilerek sağlanmaktadır (Jiang ve Doudna, 2017; Mushtaq vd., 2018). Bu teknoloji ile yabancı DNA eklenmesi de genetik kod değiştirilmektedir. Ancak GDO analizlerinde son üründe diğer türlerden DNA dizilerinin varlığına odaklanılmaktadır. Bu nedenle CRISPR/Cas9 teknolojisi ile ürünlerin genetik kodları değiştirilmekte, ancak yabancı DNA ilavesi bulunmamaktadır.

CRISPR/Cas9 teknolojisi organizmaların genetik materyallerini değiştirme olasılıklarını ve hızını yüksek doğrulukta artırmaktadır (Kawall vd., 2020). Birçok bitki türü, büyüklük ve organizasyon açısından önemli ölçüde değişen karmaşık genomlara sahiptir. Bu karmaşıklık bitki ıslahını zorlaştıran etmenlerdir. CRISPR/Cas genom düzenleme araçları, daha önce imkânsız olan genomlarda karmaşık değişiklikler yapılmasını olanaklı hale getirmektedir (Scheben vd., 2017). CRISPR uygulamaları kullanılarak gen değiştirilebilir, bir gende baz değiştirilebilir, genomda bir baz değişimi yapılabilir, transkripsiyona ekspresyonu artırılabilir ya da azaltı-

labilir, epigenom düzenlemesi yapılabilir ve gen yeri belirlenebilmektedir. CRISPR/Cas9 teknolojisi geliştirilmesinden bu yana biyoteknoloji, ilaç, gıda, tarım, sağlık, teşhis, terapi, kozmetik ve gen terapisi sektörlerinde kullanılmaya başlanmıştır.

CRISPR-Cas9 UYGULAMALARI

CRISPR-Cas9 sistemi insan sağlığı çalışmalarında, hayvan ve bitki yetiştiriciliğinde geniş bir çalışma alanı bulmuştur (Zhang vd., 2021). Bitki ıslahı programlarında DNA'nın hassas bir şekilde hedeflendiği ve değiştirildiği CRISPR-Cas9 sistemi kullanılabilir. İlk CRISPR-Cas9 gen düzenleme deneyleri, model organizmalarda ve tarım için hayati önem taşıyan ürünlerde gerçekleştirilmiştir. Tarım alanındaki CRISPR/Cas9 uygulamaları 'biyotik stres faktörlerine dayanıklı bitki geliştirilmesi', abiyotik stres faktörlerine toleranslı bitki geliştirilmesi' ve 'bitkilerde verim ve kalite iyileştirilmesi' aşamalarında bitki ıslahında kullanılmaktadır.

Biyotik Stres Faktörlerine Dayanıklı Bitki Geliştirilmesi

Biyotik stres faktörleri verim ve kalite parametreleri üzerinde olumsuz etkilere neden olmakta, toplu ürün kayıpları ortaya çıkabilmektedir. En yaygın biyotik stres faktörleri arasında virüs, bakteri ve mantarlar gibi fitopatogenler ile böcekler, akarlar ve nematodlar gibi zararlılar sayılabilir (Diaz, 2018). Ürün geliştirme çalışmaları için biyotik stres faktörlerine dayanıklı çeşit kullanılabilir. Ayrıca ıslah çalışmaları veya gen düzenleme çalışmaları ile bitkilerin savunma sistemi geliştirilebilir. Aynı zamanda herbisite dayanıklı çeşit geliştirmek için genom düzenleme teknolojileri kullanılabilir (Ricroch vd., 2016). Hastalıklara karşı dirençli bitki geliştirilmesi çalışmalarına örnek olarak: CRISPR/Cas9 tekniği kullanılarak buğday bitkisinde TaMLO geni düzenlenerek, *Blumeria graminis*'in neden olduğu külleme hastalığına karşı dirençli hatlar elde edilmiştir (Wang vd., 2014). Başka bir çalışmada SWEET13 geninin hedeflenerek oluşturulan mutasyon sonucunda bakteriyel yanıklık hastalığına dirençli bitkiler elde edilmiştir. (Zhou vd., 2015). APETELA2/ethylene response factor (AP2/ERF) tip transkripsiyon faktör ailesine ait OsERF922 geninin CRISPR/Cas9 aracılı susturulması ile yaprak yanıklık hastalığına dirençli bitkiler elde edilmiştir. (Wang vd., 2016). Jia vd. (2017) yaptıkları çalışmada CRISPR/Cas9 sistemi kullanılarak *Citrus paradise* CsLOB1 genin promotöründe mutasyon sonucunda transkripsiyon faktörü (TF) tespit edilmiş ve CsLOB1 geninde oluşturulan mutasyon, *Xanthomonas citri*'ye karşı direnci arttırmıştır. Nekrasov vd. (2017) yaptıkları çalışmada MLO'nun CRISPR/Cas9 tabanlı geliştirilen domates mutantları, külemeye karşı direnç göstermiştir. *Nicotiana benthamiana* ve domates (*Solanum lycopersicum*) bitkilerini, domates sarı yaprak kıvrıcılık virüsüne karşı bağışıklık kazandırmak için CRISPR/Cas9 sisteminin etkinliği doğrulanmıştır (Tashkandi vd., 2018).

Abiyotik Stres Faktörlerine Toleranslı Bitki Geliştirilmesi

Abiyotik stres faktörleri bitkisel üretimde verim ve kalite üzerinde olumsuz değişikliklere neden olabilmektedir. Bu nedenle abiyotik stres faktörlerine tolerans gösteren çeşitlerin belirlenmesi ve/veya ıslah çalışmaları ile toleranslı çeşit geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Abiyotik stres koşullarına tolerans durumu genellikle çok gen ile kontrol edilmekte, bu durum da klasik ıslah çalışmaları ile sonuç alınmasını sınırlandırmaktadır. Genom düzenleme tekniklerinin abiyotik stres toleransı bakımından da kullanılabileceği ve bazı bitki türlerinde genom düzenleme tekniklerinin abiyotik strese karşı toleransı artırdığı tespit edilmiştir (Lv vd., 2020). CRISPR/Cas9 uygulamaları ile abiyotik stres faktörlerine bitki geliştirilmesi çalışmalarına örnek olarak: buğdayda abiyotik stresle ilişkili TaDREB3 ve TaDREB2 genleri düzenlenmiştir. Mutasyona uğramış bitkilerin yabani çeşitlere kıyasla kuraklığa karşı daha fazla tolerans gösterdiği belirlenmiştir (Kim vd., 2017). Pirinçte bulunan mitojen aktivated protein kinaz (OsMPK2) ve betain aldehid dehidrojenaz (OsBADH2) genleri, CRISPR/Cas9 tekniği kullanılarak düzenlenmiştir ve bu genlerin abiyotik stresle ilişkili olduğu ortaya konulmuştur (Shan vd., 2013). CRISPR/Cas9 aracılı temel düzenleme yoluyla herbisite dayanıklı karpuz hatları geliştirilmiştir (Tian vd., 2018).

Bitkilerde Verim ve Kalite İyileştirilmesi

Verim ve kalite, tarımsal üretimde üzerinde çalışılan en önemli özelliklerden biridir. Verimlilik birden fazla gen ile kontrol edilen kantitatif bir karakterdir. Bu nedenle klasik ıslah yöntemleri ile geliştirilmesi en zor özelliklerden biridir. Genom düzenleme teknikleri kullanılarak, özellikle verimi olumsuz yönde etkileyen genlerde susturma/kapatma işlemi yapılarak, verim artışı sağlanabilmektedir. Bitkilerde genom düzenleme araçları kullanılarak başarı sağlanabilir. Bitkilerin kimyasal bileşimini değiştirmek için genom düzenleme teknikleri önemli bir avantaj sağlayabilir (Eckerstorfer vd., 2019). Klasik ıslah çalışmaları ile hem kalite hem de verimde artış sağlayabilmek zordur. Bu çalışmalar ile bir karakter bakımından başarı sağlanırken, diğer karakter bakımından olumsuz sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. CRISPR/Cas9 uygulamaları ile bitkilerde verim ve kalitenin iyileştirilmesi çalışmalarına örnek olarak: Pirinçte tane boyutuna ve ağırlığına katkıda bulunan genleri aynı anda mutasyona uğratmak için multipleks genom düzenleme stratejisi kullanılmıştır (Xu vd., 2016). Yine pirinçte üç gen (Hd2, Hd4 ve Hd5) susturularak erken olgunlaşan pirinçler elde edilmiştir (Li vd., 2017). CRISPR/Cas9 tekniği kullanılarak genom düzenlemesine tabi tutulan domates meyvesindeki likopen içeriği başarıyla yaklaşık 5.1 katına çıkarılmıştır. Homozigot mutasyonlar, sonraki nesillere düzenli bir şekilde aktarılmıştır (Li vd., 2018). Başka bir çalışmada pirinçte besin değeri daha fazla amiloz sentezi ile sonuçlanan SBEIIb geninin

elimine edilmesi ile geliştirilmiştir (Sun vd., 2017). Gluteni kodlayan gen ailesinde α - gliadinin CRISPR/Cas9 aracılı ile susturarak glutensiz buğday elde edilmiştir (Sánchez-León vd., 2018). Soya fasulyesinin yağ kompozisyonunu iyileştirmek için, FAD2-1B ve FAD2-1A genlerini susturularak yüksek oleik asit seviyelerine sahip yüksek verimli soya fasulyesi bitkileri elde edilmiştir (Kim vd., 2017). Okuzaki vd. (2018) yaptıkları çalışma ile yüksek oleik asit konsantrasyonuna sahip *Brassica napus* çeşitleri elde etmiştir. Pirinçte tane ağırlığının negatif düzenleyicileri olan GW2, GW5 ve TGW6 genleri CRISPR/Cas9 tekniği ile susturularak/kapatılarak tane ağırlığında ve dolayısıyla verimde artış sağlanabilmiştir (Fiaz vd., 2019).

CRISPR/Cas9 gibi gen düzenleme teknikleri kullanılarak tarımsal ürünlerin üretimi, kalitesi ve beslenme özelliklerinin iyileştirilmesi sağlanabilir. Bu teknolojinin dünyada giderek artan gıda açlığı sorununun çözümüne katkı sağlaması beklenmektedir. CRISPR'nin trans -gen içermeyen monokot ve dikot bitkileri üretmek için protokollere sahip olması önemli bir avantajdır (Ma vd., 2015). Bu avantaj, bilim insanlarına, klasik olarak ıslah edilmiş bitkilere benzeyen tarım ürünleri üretme fırsatı sağlamaktadır (Khan vd., 2019). Bu durum, bitki biliminde CRISPR/Cas9 sistemlerinin kullanılmasını, bilimsel olmasının yanı sıra halkın kabulünü de kolaylaştırmaktadır (Kim ve Kim, 2016; Gao, 2018). CRISPR teknolojisinin gıda üretimi uygulamalarında benimsenmesinde kamuoyu kabulü ve değerlendirilmesi önemli bir rol oynamaktadır (Gao, 2018; Wolter ve Puchta, 2017). CRISPR ürünlerinin tüketilmesinin GDO'lu ürünlere göre güven daha fazladır. Bu durum tüketici talebi alanında tarımsal biyoteknoloji hakkındaki şüphecilik akışını azaltma fırsatını göstermesi bakımından önemlidir. Bazı ülkelerin CRISPR gen düzenlenmiş tarım ürünlerinin transgenik GDO'larla aynı şekilde etiketlenmesi ve düzenlenmesi gerektiği uygulamaları, tarımsal üretimde CRISPR gen düzenlemesinin ticari uygulanabilirliğine ve bu tür bir teknoloji ile üretilen gıdanın pazardaki uygulanabilirliğine olumsuz etkiye neden olmaktadır (Callaway, 2018; Stokstad, 2018). Sonuç olarak, farklı ülkelerdeki değişen düzenleyici hükümler nedeniyle, genetik kodu değiştirilmiş ürünlere ilişkin farklı algılar bulunmaktadır. Ülkeler arasında küresel bir bilimsel fikir birliği sağlanması ve tek tip düzenleyici önlemler alınması, gen düzenleme teknolojisinin yararlılığına katkı sağlayacaktır.

SONUÇ

Bitki yetiştirme ve ıslahında verim ve kaliteyi artırmak, olumsuz çevre koşullarına karşı dayanıklılığı sağlamak ve iklim değişikliklerine uyum ıslah hedeflerindendir. Zaman bakımından tasarruf sağlayan ve sürdürülebilir farklı ıslah yöntemleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bitki yetiştiriciliğinde hızlı sonuç alınabilen ve verimli yeni çeşitler geliştirilmesine olanak sağlayan yöntemlerden birisi de genom düzenleme teknikleridir.

Genom düzenleme ile organizmaların genomundaki spesifik bölgelerde, hedeflenen bölgeye yönelik ekleme, silme, değiştirme gibi genom modifikasyonları gerçekleştirilebilmektedir. Bu amaçla farklı genom düzenleme araçları kullanılmaktadır. CRISPR/Cas9, belirli bir genetik diziyi hassas bir şekilde kesmek, çıkarmak veya değiştirmek için kullanılabilen en etkili genom düzenleme aracı olarak değerlendirilebilmektedir. CRISPR/Cas9 tekniği, bitkilerde verim ve kalite artışı yanı sıra biyotik ve abiyotik streslere dirençli yeni çeşit geliştirme potansiyeli sunmaktadır. CRISPR/Cas9 gen düzenleme tekniği kullanılarak bazı bitkisel ürünlerde (buğday, mısır, kanola, pirinç, soya fasulyesi, karpuz ve domates) biyotik strese cevap, abiyotik strese cevap, veri ve kalite unsurlarıyla ilgili önemli avantajlar elde edilebilmiştir. Bu teknolojilerin bitki ıslahı çalışmalarında bir araç olarak kullanımı giderek artacaktır. Hızla gelişen genom düzenleme teknolojilerinin ıslahla birleşimi, tarımsal ürünlerin verim ve kalitesini büyük ölçüde artıracaktır. Ancak genom değişikliklerinin neden olabileceği biyogüvenlik değerlendirmesine ilişkin endişelerin çözülmesi gerekmektedir.

KAYNAK

- Anwar, A., Kim, J.K. 2020. Transgenic breeding approaches for improving abiotic stress tolerance: recent progress and future perspectives. *Int. J. Mol. Sci.* 21 (8), 2695.
- Bado, S., Forster, B.P., Nielen, S., Ali, A.M., Lagoda, P.J., Till, B.J., Laimer, M. 2015. Plant mutation breeding: current progress and future assessment. In: Janick, J. (Ed.), *Plant Breeding Reviews*. Wiley-Blackwell, Germany. 39, pp. 23–88.
- Bangira, C. 2018. Food Security as a Water Grand Challenge. *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 165 (1), 59-66.
- Cong, L., Ran, F.A., Cox, D., Lin, S., Barretto, R., Habib, N., Hsu, P.D., Wu, X., Jiang, W., Marraffini, L.A., Zhang, F. 2013. Multiplex genome engineering using CRISPR/Cas systems. *Science* 339, 819–823.
- Deltcheva, E., Chylinski, K., Sharma, C. M., Gonzales, K., Chao, Y., Pirzada, Z. A., Eckert, M. R., Vogel, J., Charpentier, E. 2011. CRISPR RNA maturation by trans encoded small RNA and host factor RNase III. *Nature*, 471 602.
- Deng, D., Yin, P., Yan, C., Pan, X., Gong, X., Qi, S., Xie, T., Mahfouz, M., Zhu, J. K., Yan, N., Shi, Y. 2012. Recognition of methylated DNA by TAL effectors. *Cell Research*, 22: 1502–1504.
- Dey, A. 2021. CRISPR/Cas genome editing to optimize pharmacologically active plant natural products. *Pharmacol. Res.* 164, 105359.
- Diaz, I. 2018. Plant defense genes against biotic stresses. *International journal of molecular sciences*, 19(8), 2446.
- Eckerstorfer, M.F., Dolezel, M., Heissenberger, A., Miklau, M., Reichenbecher, W., Steinbrecher, R.A., Waßmann, F. 2019. An EU perspective on biosafety considerations for plants developed by genome editing and other new genetic modification techniques (nGMs). *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 7, 31.
- Fiaz, S., Ahmad, S., Noor, M. A., Wang, X., Younas, A., Riaz, A., Ali, F. 2019. Applications of the CRISPR/Cas9 system for rice grain quality improvement: Perspectives and opportunities. *International journal of molecular sciences*, 20(4), 888.
- Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N.D., O’Connell, C., Ray, D.K., West P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockström, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D., Zaks, P.M. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478:337–42
- Gao, C. 2018. The future of CRISPR technologies in agriculture *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, 2 (2018)

- Horii, T., Tamura, D., Morita, S., Kimura, M., Hatada, I. 2013. Generation of an ICF syndrome model by efficient genome editing of human induced pluripotent stem cells using the CRISPR system. *International journal of molecular sciences*, 14(10), 19774-19781.
- Jansen, R., Van Embden, J.D.A., Gaastra, W., Schouls, L.M. 2002. Identification of genes that are associated with DNA repeats in prokaryotes. *Mol. Microbiol.* 43, 1565–1575.
- Jia, H., Zhang, Y., Orbović, V., Xu, J., White, F. F., Jones, J. B., Wang, N. 2017. Genome editing of the disease susceptibility gene CsLOB1 in citrus confers resistance to citrus canker. *Plant Biotechnology Journal*, 15, 817–823.
- Jiang, F., Doudna, J.A. 2015. The structural biology of CRISPR-Cas systems. *Current opinion in structural biology*, 30, 100-111.
- Jiang, F., Doudna, J.A. 2017. CRISPR-Cas9 structures and mechanisms. *Annu. Rev. Biophys.* 46, 505–529.
- Jinek, M., Chylinski, K., Fonfara, I., Hauer, M., Doudna, J. A. and Charpentier, E. 2012. A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. *science*, 337:6096, 816-821.
- Jo, Y.D., Kim, J.B. 2019. Frequency and spectrum of radiation-induced mutations revealed by whole-genome sequencing analyses of plants. *Quantum Beam Science*, 3(2), 7.
- Jung, J.H., Altpeter, F. 2016. TALEN mediated targeted mutagenesis of the caffeic acid O-methyltransferase in highly polyploid sugarcane improves cell wall composition for production of bioethanol. *Plant Molecular Biology*, 92: 131– 142.
- Kaya, H., Numa, H., Nishizawa-Yokoi, A., Toki, S., Habu, Y. 2017. DNA methylation affects the efficiency of transcription activator-like effector nucleases-mediated genome editing in rice. *Frontiers in Plant Science*, 8: 302
- Khan, M.Z., Zaidi, S.S., Amin, I., Mansoor, S. 2019. A CRISPR Way for Fast-Forward Crop Domestication. *Trends Plant Sci.* 24 (4), 293–296.
- Kharkwal, M.C., Pandey, R.N., Pawar, S.E. 2004. Mutation breeding for crop improvement. In: Jain, H.K., Kharkwal, M.C. (Eds.), *Plant Breeding*. Springer, Dordrecht, pp. 601–645.
- Kim, H., Kim, S. T., Ryu, J., Kang, B. C., Kim, J. S., Kim, S. G. 2017. CRISPR/Cpf1-mediated DNA-free plant genome editing. *Nature Communications*, 8: 14406.
- Kim, J., Kim, J.S. 2016. Bypassing GMO regulations with CRISPR gene editing. *Nat.Biotechnol.* 34 (10), 1014–1015.

- Li, X., Wang, Y., Chen, S., Tian, H., Fu, D., Zhu, B., Luo, Y., Zhu, H. 2018. Lycopene Is Enriched in Tomato Fruit by CRISPR/Cas9-Mediated Multiplex Genome Editing. *Front. Plant. Sci.*, 9, 559.
- Li, X., Zhou, W., Ren, Y., Tian, X., Lv, T., Wang, Z., Fang, J., Chu, C., Yang, J., Bu, Q. 2017. High-efficiency breeding of early-maturing rice cultivars via CRISPR/Cas9-mediated genome editing. *Journal of Genetics and Genomics*, 44,175–178.
- Lv, Z., Jiang, R., Chen, J., Chen, W. 2020. Nanoparticle-mediated gene transformation strategies for plant genetic engineering. *The Plant Journal*, 104 (4), 880-891.
- Ma, X., Zhang, Q., Zhu, Q., et al., 2015. A Robust CRISPR/Cas9 System for Convenient,High-Efficiency Multiplex Genome Editing in Monocot and Dicot Plants. *Mol. Plant*, 8, 1274–1284.
- Mali, P. et al. 2013. RNA-guided human genome engineering via Cas9. *Science* 339, 823–826.
- Mojica, F.J., Diez-Villasenor, C., Garcia-Martinez, J. and Soria, E. 2005. Intervening sequences of regularly spaced prokaryotic repeats derive from foreign genetic elements. *Journal of Molecular Evolution*, 60, 174–182.
- Mojica, F.J., Juez, G., Rodríguez-Valera, F. 1993. Transcription at different salinities of *Haloferax mediterranei* sequences adjacent to partially modified PstI sites. *Molecular Microbiology*, 9:613– 621.
- Mushtaq, M., Jammu, T., Bhat, J.A., Jammu, T., Mir, Z., Sakina, A. 2018. CRISPR/Cas approach: a new way of looking at plant-abiotic interactions. *J. Plant Physiol.* 1–29.
- Nekrasov, V., Staskawicz, B., Weigel, D., Jones, J.D.G., Kamoun, S. 2013. Targeted mutagenesis in the model plant *Nicotiana benthamiana* using Cas9 RNA-guided endonuclease. *Nat. Biotechnol.* 31, 691–693.
- Nekrasov, V., Wang, C., Win, J., Lanz, C., Weigel, D., Kamoun, S. 2017. Rapid generation of a transgene-free powdery mildew resistant tomato by genome deletion. *Scientific Reports*, 7, 482.
- Nicolia, A., Proux-Wera, E., Ahman, I., Onkokesung, N., Andersson, M., Andreasson, E., Zhu, L.H. 2015. Targeted gene mutation in tetraploid potato through transient TALEN expression in protoplasts. *Journal of Biotechnology*, 204: 17– 24.
- Okuzaki, A., Ogawa, T., Koizuka, C., Kaneko, K., Inaba, M., Imamura, J., Koizuka, N. 2018. CRISPR/Cas9-mediated genome editing of the fatty acid desaturase 2 gene in *Brassica napus*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 131, 63–69.
- Osakabe, Y., Osakabe, K. 2015. Genome editing with engineered nucleases in plants. *Plant and Cell Physiology*, 56:3, 389-400.

- Ramirez, C.L., Foley, J.E., Wright, D.A., Muller-Lerch, F., Rahman, S.H., Cornu, T.I., Winfrey, R.J., Sander, J. D., Fu, F., Townsend, J. A., Cathomen, T., Voytas, D. F., Joung, J.K. 2008. Unexpected failure rates for modular assembly of engineered zinc fingers. *Nature Methods*, 5: 374–375.
- Richter, C., Chang, J.T., Fineran, P.C. 2012. Function and regulation of clustered regularly interspaced short palindromic repeats (CRISPR) / CRISPR associated (Cas) systems. *Viruses*, 4(10): 2291–2311.
- Riccio, A.E., Ammann, K., Kuntz, M. 2016. Editing EU legislation to fit plant genome editing: the use of genome editing technologies in plant breeding requires a novel regulatory approach for new plant varieties that involves farmers. *EMBO reports*, 17 (10), 1365–1369.
- Robinson, J. 1999. Ethics and transgenic crops: a review. *Electron. J. Biotechnol.* 2 (2), 5–6.
- Rostoks, N. 2021. Implications of the EFSA Scientific Opinion on Site Directed Nucleases 1 and 2 for Risk Assessment of Genome-Edited Plants in the EU. *Agronomy*, 11 (3), 572.
- Sánchez-León, S., Gil-Humanes, J., Ozuna, C. V., Giménez, M. J., Sousa, C., Voytas, D. F., Barro, F. 2018. Low-gluten, nontransgenic wheat engineered with CRISPR/Cas9. *Plant Biotechnology Journal*, 16, 902–910.
- Scheben, A., Wolter, F., Batley, J., Puchta, H., Edwards, D. 2017. Towards CRISPR/Cas crops—bringing together genomics and genome editing. *New Phytologist*, 216 (3), 682–698.
- Shan, Q., Wang, Y., Li, J., Zhang, Y., Chen, K., Liang, Z., et al. 2013. Targeted genome modification of crop plants using a CRISPR-Cas system. *Nat. Biotechnol.* 31, 686–688.
- Songstad, D.D., Petolino, J.F., Voytas, D.F., Reichert, N.A. 2017. Genome editing of plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 36: 1–23.
- Stokstad, E. 2018. European court ruling raises hurdles for CRISPR crops. *Sci. News*.
- Sun, Y., Jiao, G., Liu, Z., Zhang, X., Li, J., Guo, X., Du, W., Du, J., Francis, F., Zhao, Y., Xia, L. 2017. Generation of High-Amylose Rice through CRISPR/Cas9- Mediated Targeted Mutagenesis of Starch Branching Enzymes. *Frontiers in Plant Science*, 8, 298.
- Szczepankowska, A. 2012. Role of CRISPR/cas system in the development of bacteriophage resistance. *Advance in Virus Research* 82: 289–338.
- Tashkandi, M., Ali, Z., Aljedaani, F., Shami, A., Mahfouz, M.M. 2018. Engineering resistance against Tomato yellow leaf curl virus via the CRISPR/Cas9 system in tomato. *Plant. Signal. Behav.*, 13, e1525996.
- Tian, S., Jiang, L., Cui, X., Zhang, J., Guo, S., Li, M.; Zhang, H., Ren, Y., Gong, G., Zong, M., et al. 2018. Engineering herbicide-resistant water-

melon variety through CRISPR/Cas9-mediated base-editing. *Plant. Cell Rep.*, 37, 1353–1356.

- Wang, F., Wang, C., Liu, P., Lei, C., Hao, W., Gao, Y., Liu, Y.G., Zhao, K. 2016. Enhanced rice blast resistance by CRISPR/ Cas9-Targeted mutagenesis of the ERF transcription factor gene OsERF922. *PLoS ONE*, 11, e0154027.
- Wang, Y., Cheng, X., Shan, Q., Zhang, Y., Liu, J., Gao, C., Qiu, J.L. 2014. Simultaneous editing of three homoeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew. *Nature Biotechnology*, 32: 947–951.
- Wolter, F., Puchta, H. 2017. Knocking out consumer concerns and regulator's rules: efficient use of CRISPR/Cas ribonucleoprotein complexes for genome editing in cereals *Genome Biol.*, 18 (2017), p. 43.
- Xu, R., Yang, Y., Qin, R., Li, H., Qiu, C., Li, L., Wei, P., Yang, J. 2016. Rapid improvement of grain weight via highly efficient CRISPR/Cas9-mediated multiplex genome editing in rice. *Journal of Genetics and Genomics*, 43, 529– 532.
- Zaidi, S.S.A., Tashkandi, M., Mansoor, S., Mahfouz, M.M. 2016. Engineering plant immunity: Using crispr/cas9 to generate virus resistance. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1673.
- Zhang, D., Li, Z., Li, J. 2016. Targeted gene manipulation in plants using the CRISPR/ Cas technology. *J. Genet. Genom.* 43, 251–262.
- Zhang, D., Zhang, Z., Unver, T., Zhang, B. 2021. CRISPR/Cas: A powerful tool for gene function study and crop improvement. *Journal of Advanced Research*, 29, 207-221.
- Zhang, Y., Massel, K., Godwin, I.D., Gao, C. 2018. Applications and potential of genome editing in crop improvement. *Genome Biol.* 19, 210.
- Zhou, J., Peng, Z., Long, J., Sosso, D., Liu, B., Eom, J. S., Huang, S., Liu, S., Vera Cruz, C., Frommer, W.B., White, F.F., Yang, B. 2015. Gene targeting by the TAL effector PthXo2 reveals cryptic resistance gene for bacterial blight of rice. *The Plant Journal: for Cell and Molecular Biology*, 82, 632–643.



BÖLÜM 10

İSPİNOZLAR (*FRİNGİLLA* SP.)

Serap ALPAY ÖLMEZ¹

¹ Serap ALPAY ÖLMEZ ORCID: 0000-0003-1574-5710, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Artvin, serap-alpay0105@hotmail.com

GİRİŞ

Ülkemizin en önemli doğal zenginliklerinden biri de yaban hayatıdır. Doğal yaşamın ve yaban hayatının önemli bir parçası da kuşlardır. Ülkemizde kuş göç yolları ve oldukça önemli sulak alanlar bulunmaktadır. Dolayısıyla ülkemiz birçok kuş türünü değişik habitatlarda barındırmaktadır.

Bu çalışmada ülkemizde ve farklı ülkelerde de yayılış gösteren *Fringilla* cinsine ait bilgiler derlenmiş ve özellikle ülkemizde yayılış gösteren bu cinse ait türler ve kısmen de ülkemiz dışında yayılış gösteren türler hakkında elde edilen bilgiler özetlenmeye çalışılmıştır.

Genel olarak İspinozgiller (*Fringillidae*) familyadaki bireyler tane ve tohumlarla beslendiklerinden konik, kısa ve sivri gagalı, güzel renkli ötücü kuşlardır. Büyük kısmı ağaçlık ve çalılık yaşama ortamlarına bağımlıdır. Yurdumuzda bulunan iki alt familya ve 5 cinse bağlı türlerdir. İspinozlar (*Fringilla*), keten kuşları (*Acanthis*), küçük isketeler (*Serinus*), şakrak kuşları (*Carpodacus*) ve çapraz gagalar (*Loxia*) cinslerine ait türler yurdumuzda yaşamaktadır (Turan, 1990).

İSPİNOZLAR (*Fringilla*)

Bu cinse ait kuşların hepsi güzel renkli küçük kuşlardır. Gagaları kısa, konik ve sivridir. Dalgalı ve şekilli uçarlar ve güzel öterler (Turan, 1990). Genel olarak serçe iriliğinde ötücü bir kuştur. Güzel sesinden ötürü kafeslerde de beslenmektedir. Tüyleri yeşilimtırak mavi, kırmızımsıdır. Tepe ve ensesi mavi-gri, kuyruk çıkıntısı ise yosun yeşilidir. Yerli, geçici ve göçücü olurlar. Böcek ve kurtçuk, taze ekin ve yem yerler. İspinozların ömrü yaklaşık 24 yıl kadardır (Anonim, 2020a).

Yaklaşık olarak boyları 16 cm olup, ağırlığı 20 g kadar ağırlıktadır. Bahçe ve orman kenarlarında bulunurlar. Erkekler dişilere göre daha parlak renklidir. Yuvasını park ve bahçelerdeki ağaçların çatallı dalları üzerine kurarlar. Yuvalarını dişiler yapar ve yuvaların dış kısımları yosun, böcek ve ağaç kabukları ile kaplandığından dışarıdan görülmesi oldukça zordur. İç kısımları ise kıl ve tüyler ile oldukça özenli hazırlanmıştır (Anonim, 2020a).

Yılda iki defa yumurta verirler. Üreme mevsimi ilkbahar ve yaz aylarına rastlar. Sadece dişiler kuluçkaya yatarlar. Kuluçka süresi 12-13 gün devam eder. Dişi, her defasında gri renkli, üzeri mor benekli 3-4 tane yumurta verir. Yavrularını tırtıl ve kurtçuklarla beslerler. Kısa zamanda gelişen yavrular 13-14 gün içinde yuvayı terk ederler (Anonim, 2020a).

İspinozlar çok hareketli ve kavgacı kuşlardır. Sıcaklığın en fazla olduğu öğle vakti biraz sakinleşirler. Çoğunlukla yağlı tohumlarla beslenen ispinozlar, yaz mevsiminde tırtıl ve böcek de yerler. Bazı zamanlarda bal

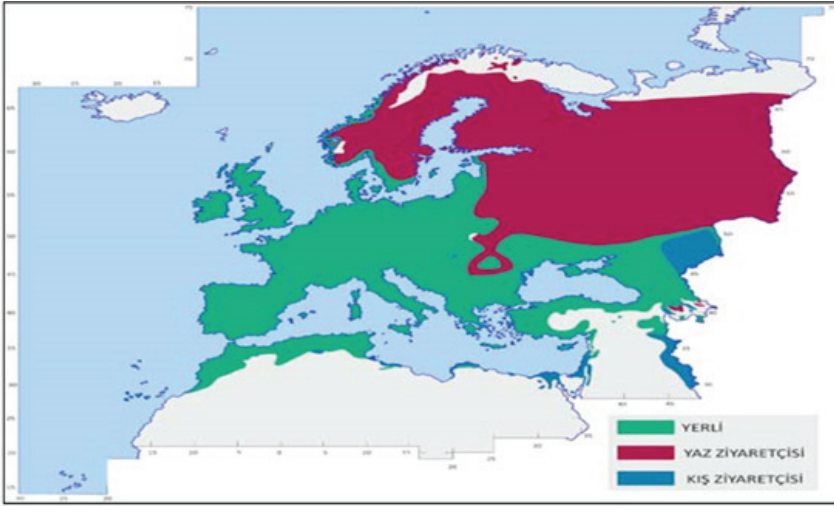
özünü almak için çiçekleri de parçalarlar (Anonim, 2020a).

Yaşadığı yere göre yerli veya göçmen kuşlardır. Kış mevsiminde sürü halinde dolaşırlar ve yerde buldukları tohumlarla beslenirler. Göçmen olan türleri kışı Orta Akdeniz bölgesinde geçirirler. Erkekler yerlerinde kalıcı olup göç etmezler. Göçe yalnız yavru ve dişiler katılır. İlkbaharda göçten dönüşlerinde tekrar yuvalarını arar ve bulurlar. İspinozlar Avrupa, Kuzey Afrika, Atlantik Adaları, Batı Asya ve Japonya'ya kadar yayılış gösterirler (Anonim,2020a).

IUCN Red List of Threatened Species'e göre 4 farklı türden bahsedilebilir. Koruma durumlarına göre bakıldığında, bunlardan *Fringilla coelebs*, LC, asgari endişe; *Fringilla montifringilla*, LC, asgari endişe; *Fringilla teydea*, NT, yakın tehdit ve *Fringilla polatzeki*, EN, nesli tükenmekte olan gruplarda yer almaktadır (Anonim, 2020b). Türkiye'de *Fringilla coelebs* ve *Fringilla montifringilla* türlerinin varlığından bahsedilmektedir (Turan, 1990; Anonim, 2020c).

Dağ İspinozu (*Fringilla montifringilla*)

Genel görünüşü ve özellikleri, ergin erkeklerde baş, ense ve sırt siyah, gerdan ve göğüs sarı kahverengi, karın ve kuyruk altı ile sırtın eriş beyazdır. Karın yanlarında dağınık siyah benekler bulunur. Omuz tüyleri portakal rengidir. Kanat uçuş tüyleri siyah, en uçtakilerin dip kısmında bir leke ve üst kısmında da sarı ve beyaz iki şerit bulunur. Kuyruk tüyleri siyahtır. Dişilerde baş, boyun ve sırt gri kahverengi, sırt kısmı boyuna koyu lekelidir. Gaga gri, ayaklar kahverengidir. Boyu yaklaşık 15 cm'dir (Turan,1990). Yaz giysisindeki erkeğin başı, gagası ve sırtı siyah, kanat lekesi açık turuncu, göğüs turuncu, karnı beyaz, kanatları siyah-beyaz, kuyruk sokumu uzun ve beyazdır. Kış giysisinde siyahın büyük bölümü, ilkbaharda solan kızıl-kirli sarı telek kenarları tarafından örtülür. Dişisi kış giysisindeki erkeğe benzer ancak daha donuk renklidir. Grimsi tepesinin kenarları koyu kahverengidir. Gagası sarı, gaga ucu koyudur (Şekil 1) (Hayman ve Hume, 2005).



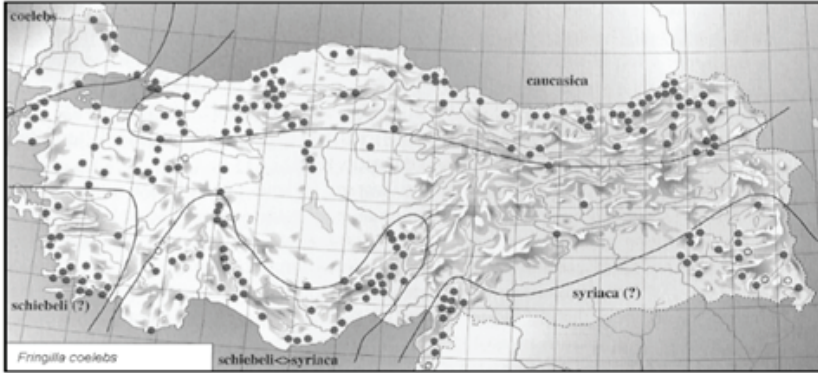
Şekil 2. *Fringilla coelebs*'in Batı Palearktık Bölge'deki dağılımı (Cramp ve ark., 1994'na atfen Perktas, 2007).

Coelebs grubu: Toplam 10 alt tür içermektedir. *F. coelebs coelebs* Linnaeus, 1758, İskandinavya'dan Hollanda, Fransa ve Sibirya'nın doğusuna, Pirene Dağları'nın güneyine, İtalya, Balkan ülkeleri, Girit adasını içine alacak şekilde Yunanistan, Trakya ve Rusya'nın Avrupa sınırına kadar yayılım göstermektedir. Solomkoi Menzbier ve Sushkin, 1913, Kırım, Azov denizinin doğu kıyıları, Karadeniz'in kuzey doğusu ve kesin olmamakla birlikte Kafkasların kuzey ucunda yayılım göstermektedir. Caucasica Serebrowski, 1925, Kafkaslar (güney-batı ucu hariç), Transkafkasya, Azerbeycan'ın İran sınırı ve Anadolu'nun kuzeyinde yayılım göstermektedir. Alexandrovi Zarudny, 1916, kuzey İran ve kış aylarında Orta Doğu'da, transcaspia Zarudny, 1916, kuzeydoğu İran, güneybatı Türkmenistan'da ve kış aylarında Orta Doğu'da, syriaca Harrison, 1945, Doğu Akdeniz, Kıbrıs ve kesin olmamakla beraber güney Türkiye'de yayılım göstermektedir. Gengleri Kleinschmidt, 1909, İngiltere ve İrlanda'da, balearica Von Jordans, 1923, Portekiz, İspanya ve Mayorka'da, tyrrhenica Schiebel, 1910, Korsika'da, sarda Rapine, 1925, Sardinya'da yayılım göstermektedir.

Spodiogenys grubu: *F. coelebs*, africana Levaillant, 1850, Fas, Ceza-yir, kuzeybatı Tunus'ta ve kesin olmamakla birlikte kuzeydoğu Libya'da, spodiogenys Bonaparte, 1841, Tunus (kuzeybatısı haricinde) ve kuzeydoğu Libya'da yayılım göstermektedir.

Canariensis grubu: *F. coelebs*, canariensis Vieillot, 1817, Tenerife, Gran Kanarya ve Gomera adalarında yayılım göstermektedir. Palmae Tristram, 1889, La Palma adasında, ombriosa Hartert, 1913, Hierro adasında, maderensis Sharpe, 1888, Maderia adasında, moreletti Pucheran, 1859, Azore adalarında yayılım göstermektedir.

İspinozun Türkiye dağılımı içinde, Roselaar (1995)'a atfen Perktas (2007) farklı bir alt tür ismi belirtmiştir. *F. coelebs schiebeli* Stresemann, 1925, Girit adasında yayılım göstermekte olan bu alt türün Ege Bölgesi'nin orta ve güney kıyılarında yayılım gösterebileceği belirtilmiştir (Şekil 3). İspinozun Türkiye dağılımı genellikle doğal ormanların bulunduğu bölgelerle sınırlandırmış gibi görünmesine karşın Kızıroğlu (1989)'na atfen Perktas (2007) tüm bölgelerde bulunduğunu belirtmiştir.



Şekil 3. *Fringilla coelebs*'in Türkiye dağılımı ve olası alt türleri (Roselaar, 1995'a atfen Perktas, 2007).

***Fringilla coelebs*'in Genel Özellikleri**

Vücut büyüklüğü 14.5 cm, kanat açıklığı 24.5-28.5 cm'dir. Büyüklük olarak ev serçesine benzer, ancak küçük, keskin bir gagaya sahiplerdir. Baş büyüklüğü özellikle erkeklerde daha küçüktür. Bununla birlikte uzun kanat ve kuyruk ispinoz için karakteristik özelliklerdir. Her iki eşeyde, tüm yaş aralıklarında kanat üzerinde beyaz bir panel görülmektedir. Avrasya erkekleri diğer Batı Paleartik Bölge erkeklerinden daha renklidir. Dişiler ve genç bireyler soluk renklidir, baş kısımları kahverengimsi yeşil renkle dikkat çekmektedir. Kanatlar ve kuyruk erkelerden daha soluk renklidir. Ses ve bazı ötüş tarzları ayırt edicidir. Mevsimsel varyasyona bağlı olarak eşeyler ayırt edilemeyebilir (Perktas, 2007).

Erkek bireylerde tüylenme sırasında renklenmede görülen farklılık üreme dışındaki tüylenme giysisine benzemektedir. Kafanın önünde siyah bir bant vardır. Bu bant erkek bireye ayırt edici bir yüz görüntüsü verir. Kanatlar karmaşık bir renklenmeye sahiptir. Üst örtü tüyleri genellikle koyu bir renklenmeye sahiptir. Hemen bunların üstündeki birincil örtü tüylerinde de net bir beyaz alan dikkat çekmektedir. Omuz bölgesi ve kanadın üst sınırı ise gri renklidir. Kanat altı beyazdır. Kuyruğun merkezi telekleri üzerinde belirgin bir grilik vardır. Teleklerin beyaz sınırları dikkat çekicidir ve geri kalan kısmında ise siyah renk hakimdir. Sonbahar giysisinin ilk

görüldüğü dönemlerde, üreme tüylenmesine göre bu dönemdeki tüylenme koyu ve yeşil görünümüyle önemli bir farklılık gösterir. Kafanın önü siyah renge göre koyu gridir, boyun bölgesi açık kahverengi, sırt koyu kahverengi, kuyruk üstü tüy örtüsü ise kahverengi gri renklidir. Baş kısmının ve tüm vücudun altı ise koyu ve soluk renklidir. Kanat altı ise sarımsı beyaz renkli ve tersiyerler parlak yeşil kahverengi renklidir. Gaga parlak çok açık kahverengi ve koyu bir uç kısmına sahiptir. Bacaklar da soluk gri kahverengidir (Perktaş, 2007).

Dişi bireylerde vücut ve baş tüylenmesinde görülen renklenme tekdüzedir. Erkek bireylerdeki gibi canlı renklere rastlamak mümkün değildir. Ancak kanat ve kuyrukta tanımlayıcı renklenme özellikleri görülebilmektedir. Baş bölgesi soluk gri, boyun bölgesi daha da soluk ve koyu bir renge sahiptir. Gözün önünde ve arkasında soluk kahverengimsi gri bir şerit bulunmaktadır. Sırt giysisi sarımsı ya da kahverengimsi yeşildir. Kuyruk üstü ise soluk sarı kahverengi olarak tanımlanabilir. Vücut altı genel olarak gri beyaz, karın ve kuyruk altı ise açık yeşilden gri kahverengi renge kadar değişim göstermektedir. Gaga soluk kahverengi ve ucu koyu renklidir. Tüy değiştirmenin ya da ilk tüylenmenin hemen sonrasında dış morfolojik renklenme erkeklerden çok az değişim gösterir. Baş ve vücudun üst kısımları kahverengimsi olur ve vücudun alt kısımları ise kirli kahverengi-gri renklerle tanımlanabilir. Kanatlar da koyu kahverengi bir renklenme gösterir (Perktaş, 2007). Şekil 4’te dişi ve erkek bireyler görülmektedir.

***Fringilla coelebs*’in Habitat Tercihi**

Batı Palearktik Bölge içinde ılıman orman alanlarında üremektedirler. Akdeniz habitatlarından, step habitat sınırına ve boreal alanlara doğru bir yayılım gösterirler. Genellikle temmuz ayının 12-30°C izotermeleri arasında yer alan habitatlarda üreyebilirler. Genellikle değişen iklimsel sınırlar içinde yer alırlar. İspinoz üreme alanı olarak yaprak döken, konifer özellik gösteren ormanlar ile her iki özelliği gösteren ormanları tercih etmektedir. İskandinav ülkelerinde ispinoz popülasyonlarının yaprak döken ormanlarda yoğunlaştığı ve bu bölgelerden farklı olarak *Picea* ve *Pinus* cinsine ait türlerin oluşturduğu ormanlık alanlarda da yoğun bir şekilde bulundukları belirtilmiştir (Cramp ve ark., 1994’na atfen Perktaş 2007). Kış mevsiminde ise kullanılan habitat önemli bir değişim göstermektedir. İspinozun erkek ve dişi bireyleri üreme dönemi dışında tarım alanlarını tercih etmektedirler. Son zamanlarda Türkiye haricinde, Avrupa’nın birçok ülkesinde ispinoz şehir yaşamına da uyum sağlamaya başlamıştır (Perktaş, 2007).



Şekil 4. Bayağı İspinoz (*Fringilla coelebs*) (Hayman ve Hume, 2005)

İspinozun Batı Palearktik Bölgedeki popülasyonlarına ilişkin önemli bir değişim bu güne kadar rapor edilmemiştir. Hırvatistan popülasyonu dışında tüm Avrupa ülkelerinde ispinoz popülasyonları stabil durumdadır (Anonim, 2004'e atfen Perktas, 2007).

Göç hareketlerini çoğunlukla gündüz, bununla birlikte daha seyrek olarak gece gerçekleştiren ispinozun erkek ve dişi bireyleri, göç davranışı açısından eşeysel dimorfizm göstermektedirler. İspinozun dişi bireyleri erkek bireylerine göre daha fazla göçmen özellik göstermektedir (Perktas, 2007).

***Fringilla coelebs*'in Besin Tercihi**

Özellikle tohumlar ve bitki materyalleriyle beslenirler. Ancak, üreme döneminde özellikle omurgasız canlıları tercih etmektedirler. *Fringillidae* familyasının besin tercihi oldukça geniş bir dağılım göstermektedir. Tohumlarla (temel olarak *Graminae*, *Crucifera*, *Fagaceae*, *Polygonaceae*, *Chenopodiaceae*) genellikle zeminden beslenmektedirler. Tohumları, çalılar ve ağaçlar dışında, direk olarak bitkiler üzerinden almamaktadırlar. İlkbahar ve yaz aylarında omurgasız canlılar üzerinden beslendikleri için, besinlerinin büyük bir kısmı ağaç dalları üzerinde; yılın diğer döneminde ise, besinlerinin çoğu zeminde yer almaktadır (Whittingham ve ark., 2010).

***Fringilla coelebs*'in Üreme Parametreleri**

Yumurta bırakma zamanı ilkbahar sıcaklığıyla ilişkilidir. Avrupa içinde yapılan çalışmalara göre üreme öncelikle güneybatı Avrupa'da, daha sonra da kuzeydoğu Avrupa'da başlar. Batı Paleartik Bölge içinde kuluçka zamanlarında farklılıklar bildirilmiştir. Birleşik Krallık'ta yapılan çalışmalara göre, nisan ayının sonlarında başlayan kuluçka zamanı haziran ayı ortalarına kadar sürer (Newton, 1964). Kaliningrad bölgesinde (Rusya), yumurtalar mayıs ayı başından haziran ayı başına kadar olan süre içinde bırakılır (Dolnik, 1982'e atfen Perktas 2007).

Yuvalama yeri olarak ağaç ve çalılardaki dalların üzerini ya da dalların çatallandığı bölgeleri tercih ederler. İngiltere'de yuva yeri olarak % 69 oranında meşe, % 15 oranında da söğüt ağaçlarını tercih etmektedirler. Yuvalar oldukça sıkı ve düzenli yapılandırılmış olup, derin fincan şeklindedir (Perktas, 2007) (Şekil 5).



Şekil 5. *Fringilla coelebs* yuvası (Anonim, 2020d)

Mavi İspinoz (*Fringilla teydea*)

Mavi ispinoz (*Fringilla teydea*), İspinozgiller (*Fringillidae*) familyasından ötücü bir kuş türüdür ve Kanarya Adaları'nda Tenerife'ye endemiktir. Bu kuş türü adanın doğal sembolüdür (Anonim, 2020e, Anonim, 2020f).

2015 yılına kadar, bu türün sınıflandırmasında, Gran Kanarya'da bulunan *Fringilla teydea* subsp. *polatzeki* ve Tenerife'de bulunan *Fringilla teydea* subsp. *teydea* olarak iki alttürünün olduğu belirtilmektedir. Oysa 2016 yılında yayınlanan bir çalışmada iki farklı tür olarak (*Fringilla teydea* ve

Fringilla polatzeki) ayrıldığı belirlenmiştir (Anonim, 2020e).



Şekil 6. Mavi İspinoz (*Fringilla teydea*)

Mavi ispinozun erkeği parlak mavi renkle bezeli, dişi genel olarak kahverengimsi yeşil sırtlı ve boz karınlıdır (Şekil 6). Genel olarak 1100–2000 m yükseltilerde yaşar, ancak kötü hava şartlarında alçak bölgelere inerler. Dişi bireyler bir ağaç çatalına yapmış olduğu yuvasına iki adet yumurta bırakır. Bu kuşlar göç etmezler. Temel besinleri tohumdur, ancak genç kuşların birçoğu böceklerle beslenmektedir. Ötüşü kısa olup bayağı ispinozdan zayıftır (Anonim, 2020f).

Gran Kanarya Mavi İspinozu (*Fringilla polatzeki*)

Gran Kanarya mavi ispinozu (*Fringilla polatzeki*), İspinozgiller (*Fringillidae*) familyasından ötücü bir kuş türüdür ve Kanarya Adaları'nda Gran Kanarya'da endemiktir. Yukarıda da belirtildiği gibi 2016 yılına kadar alt tür olarak kabul edilmiş, sonrasında tür olarak kayıtlara geçmiştir (Anonim, 2020g).

Boyutları *Fringilla teydea*'dan daha küçüktür. Diğer farklarından biri kanatlarında iki beyaz çizgi bulunmasıdır. Bu tür Gran Kanarya'da yüksek kesimlerde ve genel olarak Inagua Doğal Reserv alanında bulunmaktadır. Habitat olarak, adadaki 1000 m'de bulunan çam ormanlarında (*Pinus canariensis*) yaşlı ağaçlarda görülmektedir. Özellikle çam tohumlarıyla beslenmektedir, ancak genç bireyler böceklerle de beslenebilmektedir. Göçmen bir kuş değildir. *Fringilla polatzeki* dünyadaki tehlike altında olan kuşlardan en önemlilerinden biridir. *Fringilla teydea*'ya göre popülasyonu oldukça daralmış bulunmaktadır (Anonim, 2020g).

KAYNAKLAR

- Anonim, 2004, Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status, BirdLife International, Cambridge, UK.
- Anonim, 2020a. <https://www.biyomed.com/forum/isyonetimi/nedir-ne-demektir/ispinoz-nedir.html>
- Anonim, 2020b, IUCN Red List of Threatened Species, <http://www.iucnredlist.org/search?taxonomies=22674862&searchType=species>, 15.06.2020.
- Anonim, 2020c, Türkiye Kuşlar Listesi, [https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye_ku%C5%9Flar_listesi#%C4%B0spinozgiller_\(Fringillidae\)_\(21_t%C3%BCr\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye_ku%C5%9Flar_listesi#%C4%B0spinozgiller_(Fringillidae)_(21_t%C3%BCr)), 09.06.2020.
- Anonim, 2020d. Bayağı İspinoz (*Fringilla coelebs*), <http://www.eveteriner.net/hayvanlar-alemi/kuslar/bayagi-ispinoz-fringilla-coelebs/>, 17.06.2020.
- Anonim, 2020e, Tenerife Blue Chaffinch, https://en.wikipedia.org/wiki/Tenerife_blue_chaffinch, 17.06.2020.
- Anonim, 2020f. Mavi İspinoz, https://tr.wikipedia.org/wiki/Mavi_ispinoz, 17.06.2020.
- Anonim 2020g, Gran Canaria Blue Chaffinch, https://en.wikipedia.org/wiki/Gran_Canaria_blue_chaffinch, 17.06.2020.
- Cramp, S., Perrins, C.M., Brooks, D.J., 1994. Handbook of the Birds of Europe, The Middle East, and North Africa: The birds of the Western Palearctic, Volume VIII: Crows to finches, Oxford University Press.
- Dolnik, V.R., 1982. Population ecology of the chaffinch (*Fringilla coelebs*) (in Russian with English summary), Proceeding of Zoological Institute, Vol 90.
- Hayman, P., Hume, R., 2005. Kuş Gözlemcisinin Cep Kitabı, Avrupalı'nın Kuşları, Çeviri: Semizoğlu, B., Kuş Araştırmaları Derneği Yayınları, Birinci Basım, Semih Ofset, Ankara.
- Kızıroğlu, İ., 1989. Türkiye Kuşları, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Newton, I., 1964. Bud-eating by Bullfinches in relation to the natural food supply, Journal of Applied Ecology, 1, 265-279.
- Perktaş, U., 2007. İspinoz (*Fringilla coelebs*, L., 1758; Aves)'un Batı Paleartik Bölge'deki Coğrafi Varyasyonu ve Bazı Biyo-Ekolojik Özelliklerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Roselaar, C.S., 1995. Songbirds of Turkey: An Atlas of Biodiversity of Turkish Passerine Birds, Pica Press, UK.
- Turan, N., 1990. Türkiye'nin Av ve Yaban Hayvanları, Kuşlar, 2. Kitap, OGM Eğitim Dairesi Başkanlığı, Ankara.

- Whittingham, M.J., Bradbury, R.B., Wilson, J.D., Morris, A.J., Perkins, A.J., Siriwardena, G.M., 2010. Chaffinch *Fringilla coelebs* foraging patterns, nestling survival and territory distribution on lowland farmland, Bird Study, 48, 257-270.

BÖLÜM 11

SU ÜRÜNLERİ İŞLEMEDE FENOLİK BİLEŞİKLERİN KULLANIMI

Nur DEDE¹

Mustafa SAPMAZ²

1 Dr.Öğr. Üyesi Nur DEDE*, Kocaeli Üniversitesi, İzmit Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Gıda Teknolojisi Programı, Kocaeli, Türkiye. ORCID ID: 0000-0001-7759-4271

2 Gıda Müh. Mustafa SAPMAZ, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Kocaeli, Türkiye. ORCID ID: 0000-0003-1042-1143

* Sorumlu yazar: nuradede@kocaeli.edu.tr

1. Giriş

Su ürünleri grubundan olan balıklar içerdikleri yüksek miktarda protein ve yağ sayesinde insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olmakla beraber insan sağlığı üzerine de büyük faydaları bulunmaktadır. Günümüzde, özellikle gelişmiş ülkelerde insanlar, beslenmelerine çok dikkat etmekte ve beslenme rejimlerinde sağlık açısından uygun gıdaları seçmeye özen göstermektedirler. Bu gıdalar içerisinde de ilk sırayı çok doymamış yağ asitleri, esansiyel aminoasitler ve mineraller yönünden zengin olan balık ve diğer su ürünleri almaktadır. Hekimler, diyetisyenler ve gıda alanında çalışma yapan araştırmacılar sağlıklı yaşam için su ürünleri tüketiminin gerekli olduğunu vurgulamaktadırlar (Yalçın, 2004; Balıkçı,2015; Varlık,2011; Gülgün, Şengör ve Ceylan,2018).

Balıklarda protein düzeyi yaklaşık olarak %15-20 arasında değişmektedir. Balık proteinleri vücut dokularının korunması ve gelişmesi için gerekli esansiyel aminoasitlerin tamamını (lözin, izolözin, lizin, valin, fenilalanin, metionin, treonin, triptofan) bünyesinde bulundurur (Atar ve Alçiçek 2009; Turan, Kaya ve Sönmez 2006; Olgunoglu, 2010). Özellikle balık yağı omega-3 grubu yağ asitlerinden eikosapentaenoik asit (EPA, C20:5 n-3) ve dokosaheksaenoik asit (DHA, C22:6 n-3) gibi uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerini yüksek oranda içerir. Balık yağları, EPA ve DHA'nın tek kaynağı olup, özellikle yağda eriyen vitaminlerce (A, D, E, K) zengindir. Balık eti B grubu vitaminlerinden tiamin (B1), riboflavin (B2), niasin (B3), pridoksin (B6), ve B12 vitamininin iyi kaynağıdır. Balıklar içerdikleri mineral maddelerce de insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir ve iyot, selenyum, kalsiyum, magnezyum, çinko ve fosfor açısından oldukça zengin kaynaklardır (Özalp Özen, 2014; Turan vd., 2006; Varlık, 2011; (Yalçın, 2004).

Beslenmemizde insan sağlığı için gerekli ve önemli besin öğelerini içeren gıdaların başında gelmekte olan su ürünleri ne yazık ki kolay bir şekilde bozulabilmekte ve kalite kayıplarına uğramaktadır. Hasattan sonra kimyasal, mikrobiyolojik ve enzimatik bozulmalar kaynaklı olmak üzere bazı kalite kayıpları meydana gelmekte olup raf ömrü ve besin değeri azalmaktadır. Su ürünlerinin kalitesi, tür, avlama bölgesi, avlama teknikleri, teknede uygulanan, işleme teknikleri gibi faktörlerden etkilenmektedir. Su ürünlerinin bozulmasında diğer gıda maddelerinde olduğu gibi otolitik, oksidatif ve bakteriyel etkiler rol oynamaktadır. Su ürünlerinden kalite kaybına uğramadan yararlanabilmek için avlanma sonrası uygun koşullarda muhafaza edilmesi ve tüketiciye en iyi kalitede ulaştırılması amaçlanmalıdır (Varlık,1994; Hisar, Hisar ve Yanık,2004).

Kalite kayıplarına sebep olan bu bozulmaları azaltmak ve engellemek için antimikrobiyal ve antioksidan etkiye sahip gıda katkı maddeleri

kullanılmaktadır. Son zamanlarda, gıdalarda kullanılan sentetik antimikrobiyallerin ve antioksidanların tüketici sağlığına olan olumsuz etkilerine dikkat çekilmektedir ve yapay üretilen kimyasal katkı maddelerinin toksisiteleri üzerine yapılan eleştiriler artmıştır. Kanserojen etkileri gibi birçok sağlık riskine yol açabilmelerinden dolayı sentetik antimikrobiyal ve antioksidanların gıdalarda kullanımı yasal limitlerle sınırlandırılmıştır (Küçükgülmez, A. 2011). Tüketicilerin yapay üretilen katkı maddelerinin güvenirliliğine ilişkin negatif algıları nedeniyle doğal katkı maddelerine olan talep artmıştır. Bu durum gıda endüstrisini, doğala özdeş maddelerle gıdaların raf ömrünü uzatmayı amaçlayan araştırmalara sevk etmiş ve bu alanda önemli adımlar atılmıştır. Bitkisel kaynaklar doğal antimikrobiyal ve antioksidanların en önemli kaynağını oluşturmaktadır. Aynı zamanda bitkisel artıklarının değerlendirilmesine imkân vererek ekonomiye katma değer sağlanmaktadır.

Fenolik bileşikler antioksidan ve antimikrobiyal etkiye sahip olan maddelerden olup gıda endüstrisi başta olmak üzere birçok alanda ve balıklarda meydana gelen bozulmaları engelleyerek kalite kayıplarını azaltarak raf ömrünün arttırılmasında kullanılabilmektedirler. Fenolik bileşiklerin doğal yapıları sayesinde yapay olarak elde edilen antioksidanlar ve antimikrobiyal maddeler başta olmak üzere birçok katkı maddesinin yerine kullanımları her geçen gün artmaktadır. Fenolik bileşiklerin en önemli kaynağı tıbbi ve aromatik bitkiler, meyve ve sebze gibi bitkisel dokular olup bitkilerin çeşitli kısımlarında farklı oranlarda bulunabilmektedir. Fenolik bileşikler bu bitkilerden elde edilen ekstraktları veya bu kaynakların direkt kendileri gıdalarda kullanılarak antioksidan ve antimikrobiyal etkisi üzerine araştırmalar yapılmaktadır.

Günümüzde insanların güvenli ve sağlıklı gıda tüketme isteklerinden dolayı gıdaların daha uzun süre bozulmadan ve besin değerlerinde en az kayıplara sebep olacak şekilde güvenli ve doğal bir şekilde muhafaza edilmeleri önem taşımaktadır. Yapılan araştırmalar bitkiler veya bunların artıklarından elde edilen fenolik bileşiklerin su ürünlerinde meydana gelen çeşitli bozulmaları geciktirerek su ürünlerinde raf ömrünü arttırdığı aynı zamanda doğal olması sebebiyle insan sağlığına olumsuz etkisinin olmadığını göstermektedir. Gıdalarda kullanılan sentetik katkı maddelerinin güvenliği hakkında tüketici bilincinin artması sonucu oluşan endişeleri günümüzde doğal antioksidan ve antimikrobiyal maddelere ilgiyi artırmaktadır

2. Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler benzen halkası ile birlikte bir veya birden fazla hidroksil grubu içeren bileşiklerdir. Bir adet hidroksil grubu bulunduran benzen fenol olarak adlandırılmakta ve bu fenol en basit fenolik bileşiktir (Cemeroğlu, 2004). Fenolik bileşikler bitkilerin doğal gelişimleri sonucu sentez-

lenen ikincil metabolitler olup doğal gelişimleri dışında bitkinin enfekte olması, yaralanması ve UV ışığa maruz kalması sırasında da üretilmektedir (Naczık & Shahidi, 2004).

Fenolik bileşikler yapılarında bulunan hidroksil gurubunun sayısı, bulunduğu yer, hidrokarbonlarla ve organik asitlerle yaptığı bağlara göre sayısı oldukça fazla olup 30.000 den fazla fenolik bileşik olduğu tahmin edilmektedir (Uyar, Gezmen-Karadağ, Şanlıer ve Günyel, 2013). Bu fenolik bileşiklerin karmaşık yapıda ve sayılarının fazla olması sebebiyle belirli bir sistematik oluşmasını zorlaştırmıştır ancak gelişen teknoloji, alet-ekipman ve laboratuvar şartlarıyla başlangıçta yapılan sistematik zamanla gelişmiş olup birçok yeni fenolik bileşik tanımlanmıştır (Cemeroğlu, 2004).

Fenolik bileşikler bitkilerde daha çok meyve, sebzelerde bulunmakla birlikte çiçek, tohum, dal, yaprak, gövdede bulunurlar. Meyve ve sebzelerin çeşit, hasat zamanı, hastalıklı olup olmaması, çevresel ve iklim faktörleri, bulunduğu toprağın özellikleri, coğrafi özellikler, olgunluk durumu ve yetiştirme şekli başta olmak üzere birçok faktör fenolik bileşiklerin miktarı üzerine etkilidir (Nizamlioğlu ve Nas, 2010; Öztan, 2006; Uyar vd., 2013).

Fenolik bileşikler meyve ve sebzelerde lezzet, renk, tat, koku, tekstür üzerine etki ederek bazılarının acılık ve burukluk gibi önemli tat unsurunun oluşmasında bazılarının ise sarı, sarı-esmer, kırmızı-mavi renklerde olmalarını sağlamaktadırlar (Cemeroğlu, 2004; Nizamlioğlu ve Nas, 2010; Dereli, 2010; Öztan, 2006). Fenolik bileşiklerin bazı kaynakları Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Fenolik bileşiklerin bazı kaynakları (Naczık & Shahidi, 2004; Karakaya & El,1997; Artık, Anlı, Konar ve Vural, 2016; Panche, Diwan & Chandra, 2016; Dai & Mumper, 2010).

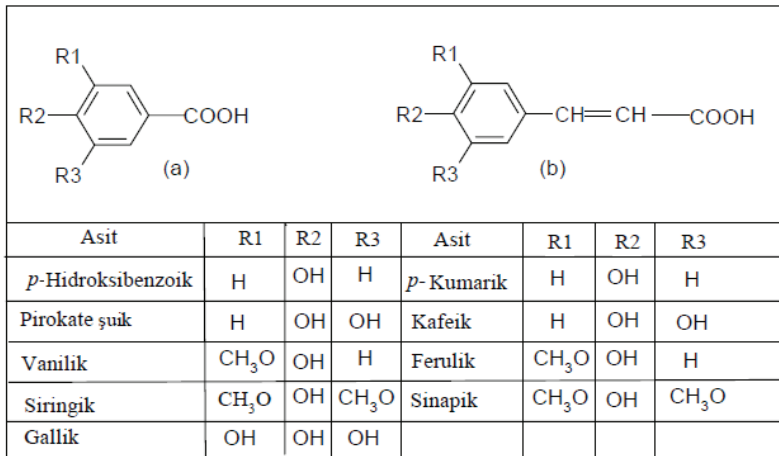
Fenolik Bileşik	Alt Grup	Kaynak
Fenolik Asitler	Hidroksisinamik Asit	Elma, Armut, Kiraz, Vişne, Erik, Şeftali, Kayısı, Çilek, Ahududu, Yaban mersini
	Hidroksibenzoik Asit	Çilek, Üzüm, Portakal, Greyfurt, Limon

Flavonoidler	Antosiyanidin	Üzüm, Kiraz, Vişne, Erik, Kızılcık, Çilek, Kuş üzümü, Kırmızı üzüm, Ahududu, Çilek, Yaban mersini, Böğürtlen.
	Flavonlar	Siyah frenk üzümü, Kereviz, Maydanoz, Kekik, Brokoli, Prinç kepeği, Havuç, Biberiye, Kekik, Meyve kabukları
	Flavonoller	Karalahana, Soğan, Elma, Çay, Vişne, Böğürtlen, Soğan, Brokoli, Kırmızı şarap, Patates, Soğan, Kabak, Salatalık, Ispanak, Şeftali, Ahududu, Domates
	Flavanonlar	Portakal, Limon, Greyfurt, Nohut, Kimyon, Nane, Limon, Kuş üzümü, Üzüm
	Kateşinler	Çay, Elma

Fenolik bileşikler iki ana gruba ayrılmakta olup bunlar fenolik asitler ve flavonoidlerdir. Fenolik asitler hidroksisinamik asit ve hidroksibenzoik asit olarak ikiye ayrılır. Flavonoidler ise fenolik bileşiklerin önemli kısmını oluşturur ve 1-Antosiyanidinler 2- Flavonlar veya Flavonoller 3- Flavanonlar 4- Kateşinler veya löykoantosiyanidinler (Flavanoller) 5- Proantosiyanidinler olmak üzere 5 gruba ayrılırlar (Cemeroğlu, 2004; Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

2.1. Fenolik Asitler

Fenolik asitler hidroksibenzoik asit ve hidroksisinamik asit olmak üzere 2 grup olup canlı bitkisel dokularda serbest halde bulunmazlar ve alkol, fenol, şeker ve organik asitler gibi bazı bileşiklerle esterleşmiş olarak bulunmaktadır (Bravo, 1998; Cemeroğlu, 2004; Kolaç, Gürbüz ve Yetiş, 2017; Nizamlioğlu ve Nas, 2010). Fenolik asitlerin genel yapısı Şekil 1'de gösterilmiştir

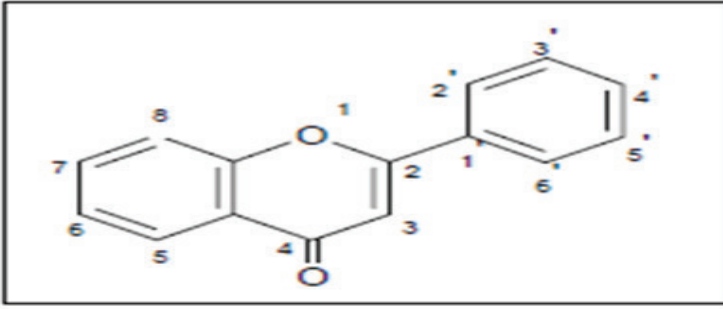


Şekil 1. Fenolik asitlerin genel yapısı: a) Benzoik asit türevleri b) Sinamik asit türevleri (Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Hidroksisinasamik asitler C6-C3 iskelet yapısında olup hidroksil grubu değişik sayı ve konumda fenilpropan halkasına bağlanarak farklı özellikteki hidroksisinasamik asitler meydana gelmektedir (Cemeroğlu, 2004; Kolaç vd., 2017). C6-C1 iskelet yapısına sahip olan yani fenilpropan olan hidroksibenzoik asitler hidroksisinasamik asitlere göre az miktarda bulunurlar (Cemeroğlu, 2004; Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

2.2. Flavonoidler

Flavonoidler fenolik bileşiklerin en büyük grubunu oluşturan C6-C3-C6 iskelet yapısında 15 karbon atomuna sahip düşük molekül ağırlıklı bileşiklerdir (Balasundram, Sundram & Samman, 2006; Cemeroğlu, 2004; Nizamlioğlu ve Nas, 2010; Kolaç vd., 2017). Flavonoidlerin genel yapısı Şekil 2’de gösterilmiştir.



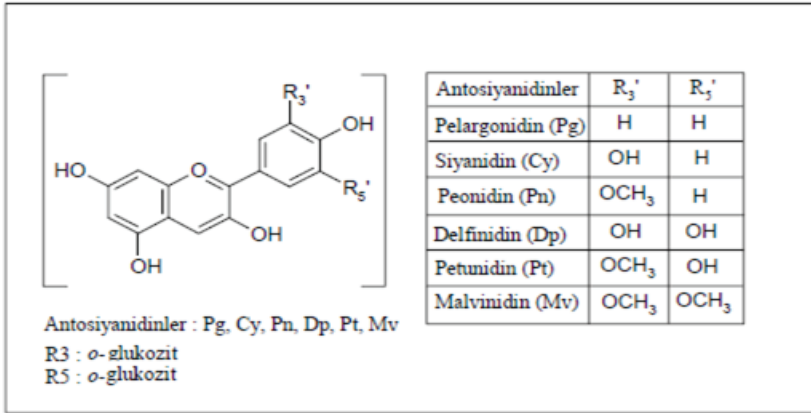
Şekil 2. Flavonoidlerin genel yapısı (Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Yapılan çalışmalar sonucunda 4000 den fazla flavonoid bitkilerden elde edilmiş, aynı zamanda hepsi antioksidan özellik göstermekte olup 50 tanesi gıdalarda bulunmaktadır (Özcan, 2006).

Flavonoidlerin sayısının fazla olması kimyasal yapılarındaki değişikliklerle ilgili olup esas olarak ortadaki piran halkasından kaynaklanmasıyla beraber bağlanan hidroksil gruplarının sayısı, doymamışlık derecesi ve üçlü karbon segmentinin oksidasyon derecesiyle alakalıdır (Cemeroğlu, 2004; Kolaç vd., 2017).

2.2.1. Antosiyanidinler

Latince dilinde çiçek ve mavi anlamlarında kullanılan serbest halde bulunmayıp şekerlerle birlikte glikozit yapmış olarak bulunmaktadır ve glikozit yapmış bu maddelere antosiyanin denilmektedir (Cemeroğlu, 2004; Kolaç vd., 2017).

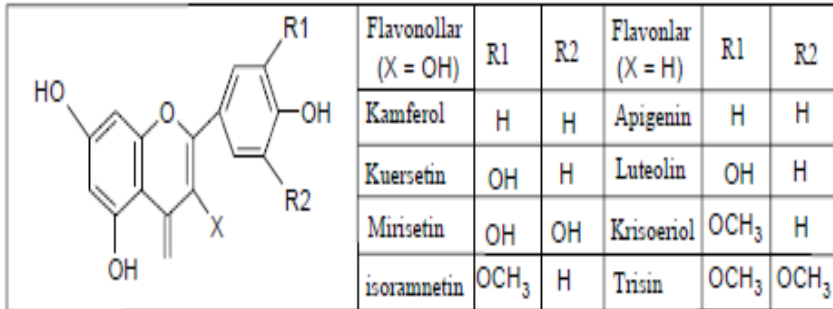


Şekil 3. Antosiyanidinlerin kimyasal yapısı (Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Antosiyanidinler meyve, sebze, bitki çiçek ve köklerinde bulunan pembe- kırmızı-mavi-mor gibi çeşitli tonlardaki renklerin oluşmasını sağlayan önemli doğal renk pigmentleridir (Cemeroğlu, 2004; Kolaç vd., 2017; Nizamlioğlu ve Nas, 2010; Öztan, 2006). Antosiyanidinlerin temelini 2-fenilbenzopirilium (flavilium katyonu) oluşturur. Doğada yaklaşık 20 civarında antosiyanidin bulunmaktadır ve bunların birbirinden farkı 3, 5, 6, 7, 3, 5' pozisyonuna bağlı grupların farklı olmasıyla ilgilidir (Cemeroğlu, 2004). Antosiyanidinlerin kimyasal yapısı Şekil 3'te gösterilmiştir.

2.2.2. Flavonlar ve Flavonoller

Flavonlar ve flavanoller orta halkada bulunan 3. Pozisyonadaki karbon atomuna bağlanan grubun değişmesiyle kimyasal yapıları birbirinden ayrılmaktadır ve flavonlarda karbon atomuna H, flavonollerde ise carbon atomuna OH bağlanmaktadır (Nizamlioğlu ve Nas, 2010). Flavonlar şekerlerle glikozit halinde bulunur ve hemen her bitkide açık rengin oluşmasında etkilidir ve en yaygın olanları apigenin, luteolin, tangeritin, krsin, baikalein, skutellarein, vagonin'dir (Kolaç vd., 2017; Nizamlioğlu ve Nas, 2010). Flavonoller ve flavonların kimyasal yapıları Şekil 4'te gösterilmiştir.



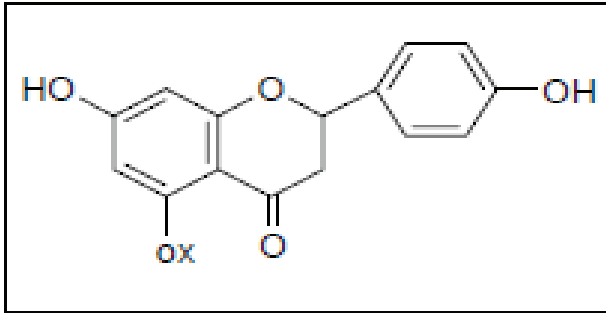
Şekil 4. Flavonoller ve flavonların kimyasal yapıları (Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Flavonollerde flavonlar gibi şekerlerle glikozit oluşturarak bulunurlar en yaygın olanı aglikon kuersetin, kamferol, mirisetin ve izoramnetin'dir. Flavonol glikozidleri hafif sarı renkte olup özellikle meyvelerin kabuk kısımlarında yoğun olarak bulunmaktadır (Cemeroğlu, 2004; Kolaç vd., 2017).

2.2.3. Flavanonlar

Fenol halkalarından orta halkada çift bağın bulunmaması flavanonların özelliklerinden olup glikozit formda bulunurlar ve butin, eriodisitiyol, hesperetin, hesperidin, naringenin, naringin, ponkirin, sakuranetin, sakuranin, sterubin doğada en çok bulunan flavanonlardandır (Cemeroğlu, 2004; Kolaç vd., 2017). Flavanonların kimyasal yapısı Şekil 5'te gösterilmiştir

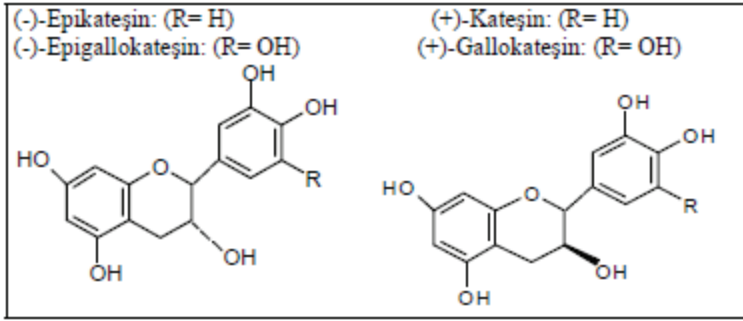
Turuncgil meyvelerinde naringin, hesperidin, naringenin gibi flavanonlar daha fazla bulunmakta olup naringin greyfurttaki acı tadı veren glikozit yapısındaki bir flavanondur (Cemeroğlu, 2004; Kolaç vd., 2017).



Şekil 5. Flavanonların kimyasal yapısı (Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

2.2.4. Kateşinler ve Löykoantosiyanidinler

Kateşinler flavonoidler içinde hemen hemen her meyvede bulunan renksiz, çoğunlukla serbest halde bulunan, kimyasal yapıları bakımından flavonoid üretiminde ara ürün olarak oluşan ve 3. karbon atomuna OH bağlandığı için flavan 3-ol olarak adlandırılan maddelerdir (Cemeroğlu, 2004; Kolaç vd., 2017). Kateşinlerin kimyasal yapısı Şekil 6'da gösterilmiştir.

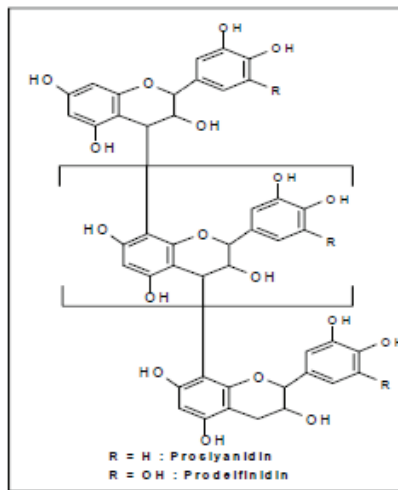


Şekil 6. Kateşinlerin kimyasal yapısı (Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Kateşinler kimyasal ve enzimatik olarak havanın oksijeni ile çok kolay reaksiyona girerler ve böylece proantosiyanidinleri oluştururlar ayrıca (+)—kateşin, (-)—epikateşin, (+)—gallokateşin ve (-)—epigallokateşin en çok bulunan kateşinlerdir (Cemeroğlu, 2004; Nizamlioğlu ve Nas, 2010). Löykoantosiyaninler hem 3. hemde 4. pozisyonda bulunan karbon atomlarında bir OH grubu bulundurdıkları için kateşinler gibi bir flavan türevi olup flavan-3,4-diol olarak adlandırılırlar ve serbest halde bulunmazlar (Cemeroğlu, 2004).

2.2.5. Proantosiyanidinler

Kateşinler ve löykoantosiyanidinler enzimatik veya kimyasal yolla oksijen ile kolay bir şekilde reaksiyona girerek dimer, oligomer ve polimerler oluşabilmekte olup kateşinlerden veya löykoantosiyanidinlerden oluşan bu yapılara proantosiyanidin adı verilmektedir ayrıca bu proantosiyanidinlere kondense tanenler de denilmektedir (Cemeroğlu, 2004).



Şekil 7. Proantosiyanidinlerin kimyasal yapısı. (Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Proantosiyanidinler eğer epikateşin/kateşin kondensasyonu ile oluşuyorsa buna prosiyanidin, veya kateşin/gallokateşin kondensasyonu ile oluşuyorsa bu yapıya da prodelfinidin adı verilmektedir (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

Proantosiyanidinlerin zincir uzunluğu kısa ise renksiz yapıda olup zincir uzunluğu arttıkça polimerizasyon düzeyi yükselir ve sarıdan başlayarak kahverengiye doğru değişebilen renkler oluştururlar (Cemeroğlu, 2004). Proantosiyanidinlerin kimyasal yapısı Şekil 7’de gösterilmiştir.

Proantosiyanidinler acı ve buruk tadın ortaya çıkmasında etkili olup meyve ve sebzelere kendilerine has tada sahip olasında etkilidirler (Cemeroğlu, 2004).

3. Fenolik Bileşiklerin Tat ve Koku Üzerine Etkisi

Fenolik bileşiklerin büyük çoğunluğu acılık ve burukluk üzerine etki ederek özellikle meyve ve sebzelerle birlikte bunlardan elde edilen ürünlerin lezzeti üzerinde önemli etkiye sahiptir (Cemeroğlu, 2004; Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

Balık kıymasından elde edilen salam, sosis, köfte gibi ürünlere eklenen aromatik baharatların içerdęi fenolik bileşikler sayesinde ürünlerin kendine has tat ve aromada olması sağlanır (Balıkçı, Akın ve Yavuzer, 2018).

Burukluk hissi uzun süre devam eder ve giderilmesi oldukça zordur bunun nedeni ise proteinlerle o-difenol grupları arasında ve dönüşsüz bir şekilde meydana gelen hidrojen köprüsünden ileri gelmektedir (Cemeroğlu, 2004).

Fenolik bileşikler acı veya buruk tadı verebilmeleri için belli bir miktarda bulunmaları gerekmektedir. Fenolik asitlerden olan pirokateşuik asit 30 ppm, siringik asit ise 240 ppm’lik konsantrasyona ulaştıklarında acı tat algılanmaktadır (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

Fenolik asitler birlikte sinerjik etki göstererek daha düşük konsantrasyonlarda acı tat algılanabilmektedir. Ekşi ve acı tadın algılanabilmesi için tek başlarına miktarlarının p-kumarik asit için 48 ppm ve ferulik asit için ise 90 ppm’e ulaşması gerekmektedir ancak bunlar birlikte bulundukları zaman acı ve ekşi tadın algılanabilmesi için miktarlarının 20 ppm’e kadar düşmesi yeterli olmaktadır (Nizamlıoğlu ve Nas, 2010).

Fenolik asitler üzümde çoğunlukla tartarik asidin esterleri şeklinde ve bir kısmının da glikozit yapı halinde bulundukları bildirilmiş olup bu bileşiklerin miktarları düşük oldukları durumda bile kendine has kokularıyla aromatik kalite üzerine katkı sağlamaktadırlar (Canbaş ve Cabaroğlu, 2000).

Proantosiyanidinler sahip oldukları acılık ve burukluk gibi duysal özellikleri sayesinde birçok meyvenin kendine has tadının oluşmasına katkı sağlamaktadır (Cemeroğlu, 2004). Trabzon hurmasının sahip olduğu kendine has burukluk hissi meyve olgunlaştıkça azalmakta ve bu burukluk hissinin kaynağı sahip olduğu antosiyanidinlerdir (Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

4. Fenolik Bileşiklerin Gıdalarda Renk Üzerine Etkileri

Suda çözünebilen doğal renk maddelerinden olan antosiyaninler meyve, sebze ve bunlardan elde edilen meyve suyu ve şarap gibi birçok ürüne pembe, kırmızı, mavi ve mor renklerini kazandıran önemli flavonoidlerdendir (Cemeroğlu, 2004; Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Diğer flavonoidlerden olan Flavonoller, flavonlar, kalkonlar, flavanonlar, izoflavanonlar ve biflavonoidler bitkilerin sarı veya fildişi renklerde olmasını sağlarlar (Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Antosiyanidinlerin üçüncü karbon atomundaki hidroksil grubuna; glukoz, galaktoz, ramnoz, ksiloz ve arabinoz gibi şekerlerden biri veya ikisinin bağlanması ile çok farklı renklerde antosiyaninler oluşarak birçok meyve, sebze, bitki ve çiçeklerin çok çeşitli renklerde olmasını sağlarlar (Kolaç vd., 2017; Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Antosiyaninden en çok bulunanlar pelargonidin, peonidin, petunidin, delfinidin, siyanidin ve malvinidin olup gıdalar için büyük önem taşımaktadır, bu antosiyanidinlerden Pelargonidin turuncu, siyanidin turuncu-kırmızı, delfinidin mavi, peonidin **kırmızı**, petunidin mavimsi kırmızı ve malvinidin ise kırmızımsı mavi renklerin oluşmasını sağlarlar (Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Flavonoidlerden proantosiyanidinlerin zincir uzunluğuna göre renk değişimi gözlenmektedir, kısa zincirli proantosiyanidinler zincir uzunluğu arttıkça sarı ve kahverengi arasında değişen renk kazanırlar. Proantosiyanidinler organik çözücüler varlığında seyreltik asitlerle ısıtıldıkları zaman kırmızı renkli antosiyaninlere **dönüşürler**, kateşinler ise bitkiler aleminde en çok bulunan flavonoidlerden olup renksizdirler ve çoğunlukla serbest halde bulunabilirler (Cemeroğlu, 2004).

5. Fenolik Bileşiklerin Sağlık Üzerine Etkileri

Fenolik bileşiklerin antioksidan, antimutajen, antikarsinojen, antimikrobiyal, antialerjik, antinflamatuar, antitrombotik, antiülser gibi özellikleri bulunmakta olup bunların içinde antioksidanlar sağlık üzerine çok büyük olumsuzluklara sebep olan serbest radikal oluşumunu durdurmak, oksijen ve metalleri bağlayarak oksidasyonun sebep olduğu zararları engelleyerek etki gösterirler (Wang, Cao, & Prior, 1996; Kolaç vd., 2017; Uyar vd.,

2013; Bacanlı, Taner, Başaran ve Başaran 2015; Kahraman, Serteser & Koken, 2002).

Fenolik bileşiklerin antimikrobiyal etki göstermeleri öncelikli olarak hücre enzimlerinin inaktive olması şeklinde olur aynı zamanda membran geçirgenliğinin membran fosfolipit bileşenleri ile fenolik bileşenlerin etkileşimi sonunda, değişmesinden meydana gelmektedir (Artık vd. 2016).

Fenolik bileşiklere biyoflavonoid de denilmesinin sebebi beslenme fizyolojisi açısından sağlığa büyük faydalarının olmasından kaynaklanır ve bu sebepten dolayı fenolik bileşiklere P faktörü (permeablite faktörü) veya P vitamini denilmektedir (Nizamlioğlu ve Nas, 2010; Kahraman, Serteser & Koken, 2002; Kasnak & Palamutoğlu, 2015).

Siyah çay, soğan ve elmadaki flavonoidlerin yüksek miktarlarda alınmasının yaşlılarda kalp hastalıklarına bağlı ölümleri azaltmada etkili olduğu ve bazı fenolik maddelerin hücre zarı çoklu doymamış yağ asitlerinin peroksidasyona duyarlılığını azalttığını ve kansere karşı koruyucu etki gösterdiklerini bildirmiştir (Yıldız ve Baysal, 2003).

Çay ve çay kateşinleri yüksek antioksidan etkiye sahip olmakla birlikte karsinojenler ile kanserin başlangıç, ilerleme ve transformasyon evrelerini inhibe ederek koroner kalp hastalıklarına karşı koruduğu bildirilmiştir (Tosun ve Karadeniz, 2005).

Kroner kalp hastalıklarına bağlı ölümlerin en popüler sebebi okside olmuş düşük yoğunluklu lipoproteinler (LDL) olabileceği ve rutin, kuersetin, morşın, fisetin gibi birçok fenolik maddenin oksidasyonu önlemede etkili olduğu ayrıca kuersetinin hücreleri okside olmuş düşük yoğunluklu lipoproteinin toksik etkisinden de koruduğu bildirilmiştir (Artık, Anlı, Konar ve Vural, 2016).

Kanser, kalp hastalıkları ve beyin damarlarıyla ilgili hastalıklarda ölüm oranı ve tümör oluşumunun diyetle yer alan meyve ve sebzelerin miktarıyla ters orantılı olduğu ve bol miktarda meyve ve sebze tüketen kişilerde kan basıncının da düştüğü, meyve ve sebzelerin bu etkiyi yapılarında bulunan antioksidanlarla sağladıkları, bu antioksidan etkinin ise C ve E vitamini ile α -karotenden çok fenolik maddelerden kaynaklandığı belirtilmiştir (Yıldız ve Baysal, 2003).

Siyah çay ve özellikle yeşil çayın antimutajenik ve antikarsinojenik etkiye sahip olduğu ve bu etki çayda bulunan kateşin, kuersetin, miristin, kaemferol gibi fenolik maddelerden sağlanmaktadır (Karakaya & El, 1997).

Trombozis oluşumu, miyokardiyal infarktüs, istemik kalp hastalığı gibi birçok hastalığın sebebi olarak görülmekte olup bitkisel kaynaklı fenoliklerin trombozis riskini azaltabileceği ileri sürülmüştür. Aynı zamanda

yaşlı erkeklerde koroner kalp hastalığı ve miyokard infarktus ile ölümü postmonopozal kadınlarda ise koroner kalp hastalığı riskini yüksek miktarda polifenol alımında %35 oranında azalttığı bildirilmiştir (Bacanlı, Taner, Başaran ve Başaran 2015).

6. Fenolik Bileşiklerin Gıdalarda Kullanımı

Fenolik bileşikler gıdalarda serbest radikal oluşumunu durdurmak, oksijen ve metalleri bağlayarak oksidasyonun sebep olduğu zararları engelleyerek etkisini gösterir ve yapay antioksidanların yerine doğal antioksidan olarak kullanılmaktadırlar.

Ayçiçeğyağı, soya yağı, balık yağları, tereyağı, tavuktan elde edilen sosisler, tarhana üretimi, süt ürünleri başlıca kullanım alanlarıdır (Önenç ve Açıkgöz, 2005; Vahapoğlu, Altan ve Gülseren. 2018; Baladura ve Şimşek, 2013; Çoban ve Patır, 2010).

Fenolik bileşikler mikororganizma gelişimini inhibe ederek antimikrobiyal etki göstererek doğal antimikrobiyal madde olarak kullanılmaktadır (Yıldız ve Baysal, 2003).

Berrak meyve suyu üretiminde (tanen) ve şarapların durultmasında (protein fenolik kompleksi) bulanıklık yapan istenmeyen maddelerin uzaklaştırılmasında durultma yardımcı maddesi olarak kullanılmaktadır (Yıldız ve Baysal, 2003; Karabulut ve Yemiş, 2019).

Fenolik bileşikler meyve ve sebzelerde pembe, kırmızı, mavi, mor, sarı veya fildişi gibi renklerin oluşumunda etkili olup doğal renklendirici olarak kullanılmaktadırlar (Cemeroğlu, 2004).

Sosis üretiminde kırmızı pancar tozu kullanımı ve siyah havuç konsantrasyonunun Türk lokumunda kullanımı üzerine araştırmalar yapılmıştır (Turp, Kazan ve Ünübol, 2016; Özen, 2008).

Fenolik bileşikler bulundukları gıdanın kendine has tat ve aromaya sahip olmasını sağlar ve sahip oldukları halka yapılarının açılması sayesinde tatlandırıcı olarak kullanılmaktadırlar (Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Fenolik bileşikler besinsel değerlerinin yanında insan sağlığına faydasından dolayı gıdalara fonksiyonel özellik katarak gıdaların fonksiyonel gıda olarak tüketilmelerini sağlamaktadır.

Sarı haşhaş, mavi haşhaş, çörek otu, kişniş, keten tohumu, mahlep, tarçın ve zerdeçal eklenerek yapılan ekmeğin besin değerinin artmasını sağlamaktadır (Burnaz, Ertop ve Karataş, 2018).

Gıdaların raf ömrünü arttırmak için fenolik bileşik içerikli ürünler yenilebilir film kaplama materyeli olarak kullanılmaktadır (aloe vera ve kitosan) (Yüksel, Atalay ve Erge, 2020).

Fenolik bileşikler modifiye atmosfer paketlenme ile kombine edilerek kullanıldıklarında paketlenen ürünün kalite kaybını azaltmaktadır (Öz ve Süfer, 2013).

Fenolik bileşikler sahip oldukları özellikleri sayesinde yapay katkı maddelerine alternatif olarak doğal katkı maddesi olarak kullanılabilirler.

7. Su Ürünlerinde Fenolik Bileşiklerin Kullanımı Üzerine Yapılan Çalışmalar

L-askorbit asit, tokoferol ile rutin, quercetin, morin, myricetin, kaempferol, tannic acid, and ellagic acid gibi bazı polifenollerin (200 mg kg-1) kullanıldığı bir çalışmada bu polifenollerin çiğ ve pişmiş balıklar üzerindeki antioksidan özelliğinin daha iyi olduğu aktarılmıştır (Ramanathan & Das, 1992).

Soğukta depolanan istavrit ve berlam balıklarından elde edilen kıyma ve filotalara biberiye ekstraktı ile muamele edilmiş ve ekstraktın oksidasyon üzerinde yavaşlatıcı etkisi olduğu bildirilmiştir (Vareltzis, Koufidis, Gavriilidou, Papavergou & Vasiliadou, 1997).

Sardalya balığı kıymasına soğan suyu ve biberiye ekstraktı eklenerek yapılan bir çalışmada soğan suyu ve biberiye ekstraktlarının antioksidatif özelliklerinin depolama boyunca soğan suyunda 3 ay, biberiye ekstraktında 5 ay boyunca devam ettiği belirtilmiştir (Serdaroğlu & Felekoğlu, 2005).

Özalp ve Soyer (2017) yatıkları bir çalışmada uskumru balığından elde edilen kıymalara yeşil çay (YÇE), üzüm çekirdeği (ÜÇE) ve nar kabuğu (NKE) ekstraktları eklemiş ve dondurarak muhafaza etmişlerdir. Bu çalışmalarının sonucunda uygulama gruplarını sentetik antioksidan beta hidroksi toulen (BHT) ve kontrol grupları ile karşılaştırarak toplam aerob psikrofil bakterileri (TAPB) sayısının NKE ve ÜÇE kullanılarak elde edilen ekstraktlarda daha düşük olduğunu ve NKE ile ÜÇE'nin kalitenin muhafaza edilmesinde doğal antimikrobiyal olarak kullanılabileceğinin uygun olduğunu tespit etmişlerdir.

Biberiye ekstraktının antioksidan özelliğinin değişik şekilde pişirilmiş (kızartma, fırın ve ızgara) çipura balıkları üzerinde 4 aylık donmuş muhafazası süresince etkisi araştırıldığı çalışmada uygulama gruplarının kontrol gruplarına göre peroksit sayısı (PV) ve tiyobarbitürük asit (TBA) değerinin daha düşük olduğu saptanmıştır (Özyurt, Özkütük & Polat, 2011).

Carnosol, rosamanol, rosmaridiphenol and rosmariquinone gibi bazı fenolik maddelere sahip olan biberiye bitkisi ekstraktının gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) dondurularak muhafazasında iyi bir an-

tioksidan özelliğine sahip olduğu rapor edilmiştir (Akhtar, Gray, Booren, & Garling, 1998).

Özyurt vd. (2012)'nin yaptıkları çalışmada sardalya (*Sardinella aurita*) balığını geleneksel buzlama yöntemiyle ve biberiye ekstraktı ilavesiyle hazırlanan buzda depolamışlardır. Bu çalışma sonucunda normal buzda ve biberiye ekstraktı ilaveli buzda depolanan balıkların yapılmış olan duysal analiz sonuçlarına göre balıkların reddedildiği günün sırasıyla 12. ve 15. günler olduğunu tespit ederek ekstrakt içeren buz ile yapılan muhafazanın raf ömrüne olumlu etkisi olduğunu rapor etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarının zeytin (*Olea europaea* L.) yaprağı ve yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.) ekstraktı ile sıcak dumanlama işleminin yapılmış ve soğukta ($4\pm1^{\circ}\text{C}$) muhafaza edilmiştir. Yapılan mikrobiyolojik analizlere göre kontrol grubu, yağ gülü ekstraktı ve zeytinyağı ekstraktı gruplarında raf ömrünün sırasıyla 21 gün, 28 gün ve 42 gün olduğu bildirilmiştir. Zeytinyağı ekstraktı gruplarının duysal olarak beğenilirken diğer grupların beğenilmediği bildirilmiştir (Mutlu ve Bilgin 2016).

Gökkuşağı alabalığı kıymasına elma kabuğu ekstraktı katılarak örneklerin soğukta muhafaza edildiği bir çalışmada PV ve TBA analizi sonuçlarının ekstrakt içeren gruplarda daha düşük olduğu ve elma kabuğu ekstraktının lipit ve protein oksidasyonunu engellediği ve doğal antioksidan olarak değerlendirilebileceği bildirilmiştir (Bitalebi, Nikoo, Rahmanifarah, Noori & Ahmadi, 2019).

Uskumru balık kıymalarının % 0, %2 ve %4 üzüm antioksidanı diyet lifi uygulaması yapıp donmuş olarak depolandığı bir çalışmada peroksit sayısı ve TBA analizi sonuçlarının uygulama yapılan gruplarda daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Sánchez-Alonso & Borderías. (2008).

Gökkuşağı alabalığının % 1 yabanmersini ve % 1 gojiberry ekstraktı ilave edilmiş kitosan ile kaplanarak strafor kutularda 8°C 'de depolandığı bir çalışmada depolama sürecinde yapılan analiz sonuçlarına göre uygulama yapılan grupların pH, PV, TBA ve toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerlerinin uygulama yapılmayan gruplara göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Ayrıca kaplamada kullanılan kitosana yapılan bu meyve ekstraktları ilavesinin ürünün kimyasal ve duysal özelliklerine olumlu katkı sağladığı, ancak 8°C 'nin depolamada yeterli derecede düşük olmaması nedeniyle bu sıcaklıktaki muhafazada ürünlerin raf ömrünün ancak 3 gün olarak bulunduğu bildirilmiştir (Çoban, İnanlı, Çelik ve Songül-Yüce, 2018).

Yapılan bir çalışmada dondurulan ve kurutulan elma kabuklarından polifenoller ekstrakte edilmiş ve balık yağında bulunan omega-3 (polyun-

saturated fatty acid-PUFA) yağ asitlerinin üzerindeki doğal antioksidan olarak etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre dondurularak ekstrakte edilen feolifenollerin kurutarak ekstrakte edilen polifenollere göre daha fazla serbest radikal yakalama kapasitesine sahip olduğu, dondurularak ve kurutularak ekstrakte edilen polifenollerin lipid oksidasyonunu engellemesi a-tokoferol, BHT ve ham elma kabuğu ile karşılaştırıldığında daha yüksek antioksidan özellik gösterdiği belirtilmiştir (Sekhon-Loodu, Warnakulasuriya, Rupasinghe & Shahidi, 2013).

Raudoniūtė vd. (2011)'nin yaptıkları bir çalışmada bahçe çileği yaprakları ekstraktının balık yağının raf ömrüne ve kalite parametrelerine etkisi araştırılmışlardır. Yüksek konsantrasyonlardaki çilek yaprağı ekstraktının içerdiği fenolik asit ve flavonoidler sayesinde güçlü serbest radikal yakalama kapasitesine sahip olduğunu ve % 5 konsantrasyonda çilek yaprağı ekstraktlarının etkili bir şekilde oksidasyonu geciktirdiği rapor etmişlerdir.

Hamsi balıklarının domates ve sarımsak ekstraktı kullanılarak 2 % asetik asit, % 10 tuz ve % 6 ekstrakt bulunduran solüsyonda bekletilmesiyle yapılan bir çalışmada uygulama grupları soğukta muhafaza edilmiş ve ekstraktların antioksidan etkisi incelenmiştir yapılan analiz sonuçları incelendiğinde uygulama gruplarının oksidasyonu geciktirdiği aynı zamanda domates ekstraktlarının sarımsak ekstraktından daha etkili antioksidan olduğu bunun sebebinin ise domates ekstraktlarında fenolik madde miktarının daha fazla olduğu bildirilmiştir (Gokoglu, Yerlikaya ve Topuz, 2012).

Kırmızı soğan kabuğu ekstraktının % 5 ve % 10 oranında kullanılarak yapılan bir çalışmada gökkuşağı alabalığı filetolarının depolanması süresince yapılan analizlerle ekstraktların kaliteyi korumaya etkisi incelenmiştir. Uygulama yapılan grupların PV, tyobarbütirik asit reaktif madde (TBARS) analizi değerlerinin uygulama yapılmayan gruplara göre daha düşük olduğu ve soğan kabuğundan elde edilen ekstraktın oksidasyonu geciktirdiği tespit edilmiştir. Mikroorganizma yükünün % 10 soğan ekstraktı uygulanan grupta daha az olduğu ve kontrol grubu ile % 5 ve % 10 ekstrakt uygulaması yapılan grupların raf ömrülerinin sırasıyla 6, 12 ve 14 gün olarak tespit edildiği aynı zamanda ekstraktın oksidasyonu engellemede, bununla beraber duyusal ve mikrobiyolojik kaliteye olumlu etkisi olduğu bildirilmiştir (Ucak, Khalily, Abuibaid & Ogunkalu 2018).

He & Shahidi (1997) kıyılmış uskumru balıklarına eklenen öğütülmüş yeşil çay, ticari çay ekstraktı ve saf kateşinlerin 75 ± 2 °C pişirilerek soğukta 7 gün muhafaza edilmesiyle yaptıkları çalışmada uygulama grupları analiz sonuçları ile α -tokoferol, BHT, beta hidroksi anisol (BHA) ve tersiyer bütill hidrokinon (TBHQ) kullanılan gruplarda yapılan analiz sonuçlarını karşılaştırarak sonuç olarak yeşil çay, ticari çay ekstraktı ve saf

kateşinlerin eklendiği uygulama gruplarının oksidatif stabilitesinin daha güçlü olduğunu tespit etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada uskumru balığında elde edilen yağ üzerinde hidroksisinamik asit (kafeik asit, klorojenik asit, o-kumarik asit ve ferulik asit) ve kateşinlerin (kateşin, gallokateşin, kateşin gallat ve gallokateşin gallat) antioksidan özellikleri araştırılmıştır. Hidroksisinamik asitler içinde kafeik asidin lipid oksidasyonunu önlemede önemli potansiyele sahip olduğu ayrıca propil gallat ile benzer etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Kateşinler içerisinde ise kateşinin en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir (Medina, Gallardo, González, Lois & Hedges, 2007).

Farvin, Grejsen & Jacobsen (2012)'nin yaptıkları çalışmada kurutulduktan sonra öğütülmüş patates kabuklarından su ve etanol kullanarak iki ayrı ekstrakt elde etmişlerdir. İç organları çıkarıldıktan sonra -40°C'de vakumlu ambalajda dondurulmuş istavrit (*Trachurus trachurus*) balıklarını +2 °C'de **çözdürerek** ayrılan derisiz filetolara belirledikleri konsantrasyondaki ekstraktları az miktarda su içinde çözerek ekledikten sonra mutfak blenderinde parçalayarak elde ettikleri balık kıymasını kapaklı alüminyum kutular içinde + 5 °C'de 96 saat bekletmişler ve bu süreçte 0, 24, 48 ve 96. saatlerde plastik vakumlu ambalajlara alarak -80 °C'de muhafazaya alınan örneklerin analizlerini yaparak, kullandıkları ekstraktın istavrit kıymasında lipid ve protein oksidasyonu üzerine etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada sonuç olarak yüksek oranda fenolik bileşik içerdiği için etanol kullanılarak yapılan ekstraktın lipid ve protein oksidasyonu üzerine olumlu etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı zamanda su ile yapılan ekstraksiyonda fenolik bileşiklerin miktarının az olmasından veya oksidasyona sebep olan ve fenolik bileşiklerle beraber ekstrakte edilen bazı doğal maddelerden kaynaklı oksidasyonu geciktirmede etkisinin daha az olduğunu rapor etmişlerdir.

Ayvanadan elde edilen polifenollerin 11 gün soğukta depolanan uskumru balıkları üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada PV ve TBA analizleri sonuçlarının uygulama gruplarında kontrol gruplarından daha düşük olarak tespit edildiği ve yağ oksidasyonunu engellediği aynı zamanda ekstraktın halofilik bakterilerden olan ve kontamine olmuş deniz ürünlerinde bulunan içlerinde *Vibrio fluvialis*'unda bulunduğu bazı gıda kaynaklı bakterilerin gelişmesinde inhibe edici etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Fatouch, Sadok, Raboudi-Fattouch & Slama. 2008).

Ali vd. (2019) yaptıkları çalışma sonucunda, soğutulmuş ve dondurularak depo edilmiş rohu balığı etinde, muz kabuğu ve lahanaya yaprağından ekstraksiyon ile elde edilen fenolik bileşiklerin yağın oksidasyonu sonucu oluşan peroksit ya da diğer serbest radikaller ile reaksiyona girerek bu maddelerin parçalanmalarını önlemesi sonucunda oksidasyonu engelleye-

rek su ürünlerinin raf ömürlerinin uzatılmasında faydalı olabileceğini açıklamışlardır.

Barlam balığı köftesinde Martínez, Castillo, Ros & Nieto (2019)'nın bol miktarda çeşitli molekül formlarına sahip fenolik madde içeren zeytin, nar ve biberiye özleri kullandıkları çalışmalarında, perakende satış koşullarında 11 gün depolama sonunda örneklerindeki yağların oksidasyonu sonucu oluşan uçucu bileşik miktarlarını düşük bulduklarını ve tüm ekstrakt ilaveli köftelerin mikroorganizma sayılarının kontrol grubuna göre düşük tespit ettiklerini belirterek doğal özlerin mükemmel antioksidan maddesi olduklarını ve antimikrobiyal etkileriyle koruyucu olarak işlev görerek dayanım süresini arttırdığını açıklamışlardır.

Dai vd. (2021)'nin yaban mersini posası ve yaban mersini şarabı posasından elde edilen ekstraktların balık kıymasına eklenerek yaptıkları bir çalışmada, kullandıkları ekstraktların yüksek fenolik madde içermesinden dolayı indirgenme gücünün, radikal yakalama aktivitesinin, metal şelatlama gücünün yüksek kapasitede olduklarını bildirmişlerdir. PV ve TBA analizi sonuçları değerlendirildiğinde ekstraktların lipit oksidasyonunu geciktirdiği ve antioksidan olarak kullanılabileceğini açıklamışlardır.

Kokum (*Garcinia indica*) ve malabar tamarid (*Garcinia cambogia*) meyvelerinin kabukları kullanılarak elde edilen ekstraktların ilave edilmesiyle üretilen buzda depolanan hint uskumrularının (*Rastrelliger kanagurta*) kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özelliklerindeki değişiminin araştırıldığı bir çalışmada, *Garcinia cambogia* meyvesinde bulunan yüksek fenolik madde içeriğinden dolayı *Garcinia indica* ekstraktından daha iyi antioksidan ve antimikrobiyal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Apang vd., 2020).

Bedrníček vd. (2020) soğan kabuğu tozunun farklı oranlarda katılmasıyla elde edilen balık sosislerini pişirildikten sonra soğukta depolayarak kalitesinde meydana gelen değişimleri inceledikleri çalışmalarında, uygulama gruplarının yüksek antioksidan aktiviteye sahip bulduklarını ve fenolik madde miktarının yüksek olduğunu aynı zamanda lipit oksidasyonunu geciktirerek raf ömrünün uzun olmasında etkili olduğunu saptamışlardır.

Yeşil ve kırmızı soğan kabuğu ekstraktlarının modifiye atmosferde paketlenen somon balığı üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Güner vd., 2021) kırmızı soğan ekstraktı uygulaması yapılan grupların PV değerinde %4, TBA değerinde ise %30 oranında azalma sağladığı ve önemli miktarda flavonoid içermesinden dolayı kırmızı soğan kabuğu ekstraktının modifiye atmosferde ambalajlama ile birlikte soğukta muhafazada lipit oksidasyonunu geciktirdiğini açıklamışlardır.

9. Sonuç

İnsanların güvenli ve sağlıklı gıda tüketme isteklerinden dolayı gıdaların daha uzun süre bozulmadan ve besin değerlerinde en az kayıplara sebep olacak şekilde güvenli muhafaza edilmeleri önem taşımaktadır. Günümüzde gıdalarda meydana gelen bozulmaları engellemek, kalitesini iyileştirmek, tüketicinin beğenisini sağlamak ve beklentilerini karşılayabilmek için gıda katkı maddelerinin kullanımı kaçınılmaz bir hale gelmiştir. Doğal ve yapay çok sayıda gıda katkı maddesi üretimi hızla artmaktadır. Tüketici sağlığının koruması için yapay katkı maddelerinin yerine doğal kaynaklı olanların kullanımının artırılması gerekmektedir.

Fenolik bileşikler antioksidan ve antimikrobiyal etkiye sahip olan maddelerden olup gıda endüstrisi başta olmak üzere birçok alanda ve su ürünlerinde meydana gelen bozulmaları engelleyerek kalite kayıplarının azaltılmasında ve raf ömrünün arttırılmasında kullanılabilmektedirler. Fenolik bileşiklerin doğal yapıları sayesinde yapay olarak elde edilen antioksidanlar ve antimikrobiyal maddeler başta olmak üzere birçok katkı maddesinin yerine kullanımları her geçen gün artmaktadır. Yapılan araştırmalar bitkisel kaynaklardan özellikle meyve ve sebzelerden ve bunların artıklarından elde edilen fenolik bileşiklerin su ürünlerinde meydana gelen çeşitli bozulmaları geciktirerek su ürünlerinin raf ömrünü arttırdığı aynı zamanda doğal olması sebebiyle insan sağlığına olumsuz etkisinin olmadığını göstermektedir.

Fenolik madde içeriği fazla, ekonomik olarak uygun ve miktarı fazla olan çeşitli bitkisel kaynakların ve bunların artıklarının antioksidan ve antimikrobiyal etkilerinin araştırılarak doğal katkı maddesi olarak kullanılabilirliğinin arttırılması ile ülke ekonomisine katkı sağlayacak aynı zamanda doğal yapılarından dolayı sağlık üzerine olumsuz etkileri bulunmadığı için kullanımı daha faydalı olacaktır.

Kaynakça

- Akhtar, P., Gray, J. I., Booren, A. M. & Garling, D. L. (1998). Effect of dietary components and surface application of oleoresin rosemary on lipid stability of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle during refrigerated and frozen storage. *Journal of food Lipids*, 5(1), 43-58.
- Ali, M., Imran, M., Nadeem, M., Khan, M. K., Sohaib, M., Suleria, H. A. R., & Bashir, R. (2019). Oxidative stability and Sensoric acceptability of functional fish meat product supplemented with plant- based polyphenolic optimal extracts. *Lipids in health and disease*, 18(1), 1-16.
- Apang, T., Xavier, K. M., Lekshmi, M., Kannuchamy, N., Layana, P., & Balange, A. K. (2020). Garcinia spp. extract incorporated icing medium as a natural preservative for shelf life enhancement of chilled Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). *LWT, Food Science and Technology*, 133, 110086.
- Artık, N., Anlı, E., Konar, N. ve Vural, N. (2016). Gıdalarda bulunan fenolik bileşikler. *Bölüm: Fenolik Bileşiklerin Yapıları. Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir*.
- Atar, H. H., & Alçıçek, Z. (2009). Su Ürünleri Tüketimi ve Sağlık. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 8(2).
- Bacanlı, M., Taner, G., Başaran, A. A., & Başaran, N. (2015). Bitkisel kaynaklı fenolik yapıdaki bileşikler ve sağlığa yararlı etkileri. *Türkiye Klinikleri Journal of Pharmacy Science*, 4(1), 9-16.
- Baladura, E. ve ŞİMSEK, B. (2013). Doğal antioksidanlar ve süt ve süt ürünlerinde kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 155-162.
- Balasundram, N., Sundram, K. & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food chemistry*, 99(1), 191-203.
- Balıkçı, E. (2015). *Kekik, Biberiye ve Fesleğenden Elde Edilen Ekstraktların, Dondurulmuş (-18°C) ve Soğukta (4±2°C) Vakum Paketlenerek Depolanmış Uskumru (Scomber scombrus) Köftelerinin Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Balıkçı, E., Akın, G. ve Yavuzer, E. (2018). Gastronomide bazı bitki ve baharatların ekstraktelerinin balık köfteleri kalitesi üzerine etkileri, *Journal of Tourism and Gastronomy Studies* 6 / Special issue 3, 197-210.
- Bedrniček, J., Kadlec, J., Laknerová, I., Mráz, J., Samková, E., Petrášková, E., ... & Smetana, P. (2020). Onion peel powder as an antioxidant-rich material for sausages prepared from mechanically separated fish meat. *Antioxidants*, 9(10), 974.
- Bitalebi, S., Nikoo, M., Rahmanifarah, K., Noori, F. & Ahmadi Gavlighi, H. (2019). Effect of apple peel extract as natural antioxidant on lipid and

- protein oxidation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) mince. *International Aquatic Research*, 11(2), 135-146.
- Bravo, L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition reviews*, 56(11), 317-333.
- Burnaz, N. A., Ertop, M. H. ve Karataş, Ş. M. (2018). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı ile ekmeğin fenolik madde içeriğinin zenginleştirilmesi. *Gıda*, 43(2), 240-249.
- Canbaş, A. & Cabaroğlu, T. (2000). Kabuk maserasyonunun beyaz emir üzümünden elde edilen şıranın aroma maddeleri bileşimine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24(2), 191-198.
- Cemeroğlu, B. (2004). Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. 1. *Cilt*, Ankara. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 35, s.77-88.
- Çoban, Ö. E. ve Patır, B. (2010). Antioksidan etkili bazı bitki ve baharatların gıdalarda kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(2), 7-19.
- Çoban, Ö. E., İnanlı, A. G., Çelik, B. ve Songül, Yüce S. (2018). Gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) filetolarının muhafazası sırasında kimyasal ve duyu kalitesi üzerinde doğal koruyucu maddelerle zenginleştirilmiş kitosan yenilebilir kaplamaların etkileri. *Ecological Life Sciences*, 13(4), 182-191.
- Dai, J. & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352.
- Dai, Y., Wu, H., Liu, X., Liu, H., Yin, L., Wang, Z., Xia X. & Zhou, J. (2021). Antioxidant activities and inhibitory effects of blueberry pomace and wine pomace crude extracts on oxidation of oil in water emulsion and fish mince. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(6), e15509.
- Dereli, U. (2010). *Siyah havuç suyu üretimi ve depolanması sürecinde fenolik maddelerdeki değişimler ve bu değişimlerin antioksidan aktivite ile ilişkisi*. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Ankara.
- Farvin, K. S., Grejsen, H. D. & Jacobsen, C. (2012). Potato peel extract as a natural antioxidant in chilled storage of minced horse mackerel (*Trachurus trachurus*): Effect on lipid and protein oxidation. *Food Chemistry*, 131(3), 843-851.
- Fattouch, S., Sadok, S., Raboudi-Fattouch, F. & Slama, M. B. (2008). Damage inhibition during refrigerated storage of mackerel (*Scomber scombrus*) fillets by a presoaking in quince (*Cydonia oblonga*) polyphenolic extract. *International journal of food science & technology*, 43(11), 2056-2064.
- Gokoglu, N., Yerlikaya, P. & Topuz, O. K. (2012). Effects of tomato and garlic extracts on oxidative stability in marinated anchovy. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36(3), 191-197.

- Şengör, G. F. Ü., ve Ceylan, Z. (2018). Türk Mutfağında Su Ürünleri Kültürü ve Önemi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(4), 386-398.
- Güner, S., Boz, Z., Yağız, Y., Topalcengiz, Z., Welt, B. A., Sarnoski, P., ... & Marshall, M. R. (2021). Investigation of phenolic compounds and antioxidant activity in red and yellow onions and a synergistic utilization of skin extract in modified atmosphere packaging of salmon (*Salmo salar*). *Packaging Technology and Science*, 34(6), 371-382.
- He, Y. & Shahidi, F. (1997). Antioxidant activity of green tea and its catechins in a fish meat model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(11), 4262-4266.
- Hisar, Ş. A., Hisar, O., ve Yanık, T. (2004). Balıklarda mikrobiyolojik, enzimatik ve kimyasal bozulmalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3-4), 261.
- Kahraman, A., Serteser, M. & Koken, T. (2002). Flavonoidler. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 3(1), 01-08.
- Karabulut, G. ve Yemiş, O. (2019). Fenolik Bileşiklerin Bağlı Formları ve Biyoyararlılığı. *Akademik Gıda*, 17(4), 526-537.
- Karakaya, S. & El, S. N. (1997). Flavonoidler ve sağlık. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 26(2), 54-60.
- Kasnak, C. & Palamutoğlu, R. (2015). Doğal antioksidanların sınıflandırılması ve insan sağlığına etkileri. *Türk tarım-gıda bilim ve teknoloji dergisi*, 3(5), 226-234.
- Küçükgülmez, A. (2011). Kırmızı dev karides (*Aristaeomorpha foliacea*) kabuklarından elde edilen ekstraktın buzdolabında depolanan hamsi (*Engraulis encrasicolus*)'nın kimyasal, fiziksel ve duyuşal özelliklerine etkisi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı Doktora Tezi*.
- Kolaç, T., Gürbüz, P. & Yetiş, G. (2017). Doğal ürünlerin fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu Dergisi*, 5(1), 26-42.
- Martínez, L., Castillo, J., Ros, G. & Nieto, G. (2019). Antioxidant and antimicrobial activity of rosemary, pomegranate and olive extracts in fish patties. *Antioxidants*, 8(4), 86.
- Medina, I., Gallardo, J. M., González, M. J., Lois, S. & Hedges, N. (2007). Effect of molecular structure of phenolic families as hydroxycinnamic acids and catechins on their antioxidant effectiveness in minced fish muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(10), 3889-3895.
- Mutlu, A. ve Bilgin, Ş. (2016). Zeytin (*Olea europaea* L.) yaprağı ve yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.) ekstraktlarının buzdolabı koşullarında (4±1 C) depolanan sıcak dumanlanmış alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) filetolat-

- rının raf ömrüne etkisi. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 2(1), 19-29.
- Naczki, M. & Shahidi, F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of chromatography A*, 1054(1-2), 95-111.
- Nizamlioğlu, N. M. & Nas, S. (2010). Meyve ve sebzelerde bulunan fenolik bileşikler; yapıları ve önemleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(1), 20-35.
- Olgunoğlu, I. A. (2010). Dikenli Yılan Balığı (Mastacembelus Mastacembelus Bank&Solender 1794) ile Avrupa Yılan Balığı (Anguilla anguilla L. 1758)'nin Besinsel Kalitesinin Belirlenmesi. *Ecological Life Sciences*, 5(2), 74-81.
- Önenç, S. S. ve Açıkgoz, Z. (2005). Aromatik bitkilerin hayvansal ürünlerde antioksidan etkileri. *Hayvansal Üretim*, 46(1), 50-55.
- Öz, A. T. ve Süfer, Ö. (2013). Taze meyve ve sebzelerin muhafazasında modifiye atmosfer paketlemenin doğal bileşiklerle birlikte kullanımı. *Akademik Gıda*, 11(2), 110-115.
- Özalp Özen, B. (2014). Soğukta ve Dondurularak Depolanan Uskumru Balığının (Scomber scombrus) Lipitlerdeki ve Proteinlerdeki Değişmelere Bitkisel Ekstraktların Etkisi: Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktivite, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Müh. Anabilim Dalı, Ankara.
- Özalp Özen B. ve Soyer A. (2017). Bitkisel ekstraktların dondurularak depolanan uskumru (Scomber Scombrus) kıymasındaki kalite değişimlerine etkisi, *Gıda*, 42 (1), 27-36.
- Özen, G. (2008). Siyah havuç suyu konsantresinin Türk lokumunda renklendirici olarak kullanılması ve depolama stabilitesinin belirlenmesi. *MSc, Selçuk University, Konya, Turkey (in Turkish)*.
- Öztan, T. (2006). *Mor havuç, konsantresi, şalgam suyu, nar suyu ve nar ekşisi ürünlerinde antioksidan aktivitesi tayini ve fenolik madde profilinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı. İstanbul.
- Özyurt, G., Kuley, E., Balıkcı, E., Kaçar, Ç., Gökdogan, S., Etyemez, M. ve Özogul, F. (2012). Effect of the icing with rosemary extract on the oxidative stability and biogenic amine formation in sardine (Sardinella aurata) during chilled storage. *Food and Bioprocess Technology*, 5(7), 2777-2786.
- Özyurt, G., Özkütük, A. S. & Polat, A. (2011). Capability of the rosemary (Rosmarinus officinalis) extract on the oxidative stability of cooked sea bream (Sparus aurata) during frozen storage. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 6(2), 167-174.
- Panche, A. N., Diwan, A. D. & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science*, 5. e47, p. 1-15.

- Ramanathan, L. & Das, N. P. (1992). Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. *Journal of agricultural and food chemistry*, 40(1), 17-21.
- Raudoniūtė, I., Rovira, J., Venskutonis, P. R., Damašius, J., Rivero-Pérez, M. D., & González-SanJosé, M. L. (2011). Antioxidant properties of garden strawberry leaf extract and its effect on fish oil oxidation. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(5), 935-943.
- Sánchez-Alonso, I. & Borderías, A. J. (2008). Technological effect of red grape antioxidant dietary fibre added to minced fish muscle. *International journal of food science & technology*, 43(6), 1009-1018.
- Sekhon-Loodu, S., Warnakulasuriya, S. N., Rupasinghe, H. V. & Shahidi, F. (2013). Antioxidant ability of fractionated apple peel phenolics to inhibit fish oil oxidation. *Food chemistry*, 140(1-2), 189-196.
- Serdaroğlu, M. & Felekoğlu, E. (2005). Effects of using rosemary extract and onion juice on oxidative stability of sardine (*Sardina pilchardus*) mince. *Journal of Food Quality*, 28(2), 109-120.
- Soyer, A. (1999). Balıkta avlanma sonrası meydana gelen biyokimyasal değişimler. *Gıda*, 24(1):33-39.
- Tosun İ. ve Karadeniz B. (2005). Çay ve çay fenoliklerinin antioksidan aktivitesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(1), 78-83.
- Turan, H., Yalçın, K. A. Y. A., & Sönmez, G. (2006). Balık Etinin Besin Değeri ve İnsan Sağlığındaki Yeri. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(3), 505-508.
- Turp, G., Kazan, H. ve Ünübol, H. (2016). Sosis üretiminde doğal renk maddesi ve antioksidan olarak kırmızı pancar tozu kullanımı. *Celal Bayar University Journal of Science*, 12(2).
- Ucak, İ., Khalily, R., Abuibaid, A. K. & Ogunkalu, O. A. (2018). Maintaining the quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets by treatment of red onion peel extract during refrigerated storage. *Progress in Nutrition*, 20(4), 672-678.
- Uyar, B. B., Gezmen-Karadağ, M., ŞANLIER, N. ve Günyel, S. (2013). Toplumumuzda sıklıkla kullanılan bazı bitkilerin toplam fenolik madde miktarlarının saptanması. *Gıda*, 38(1), 23-29.
- Vahapoğlu, B., Altan, E. N. ve Gülseren, İ. (2018). Karayemiş meyvesinin biyoaktif özellikleri ve fonksiyonel gıdalarda kullanım potansiyeli. *Gıda*, 43(5), 751-764.
- Vareltzis, K., Koufidis, D., Gavriilidou, E., Papavergou, E. & Vasiliadou, S. (1997). Effectiveness of a natural rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on the stability of filleted and minced fish during frozen storage. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A*, 205(2), 93-96.

- Varlık, C. (1994). Soğukta depolanan sardalyalarda histamin düzeyinin belirlenmesi. *Gıda Teknolojisi*, 19, 2, 119- 124.
- Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S., & Baygar, T. (2011). *Su ürünleri işleme teknolojisi*. C. Varlık(Ed.)İstanbul Üniversitesi Yayın No: 5027, Fakülte Yayın İstanbul. s: 515.
- Wang, H., Cao, G. & Prior, R. L. (1996). Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 44(3), 701-705.
- Yalçın, K. A. Y. A., Duyar, H. A., & Erdem, M. E. (2004). Balık Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı İçin Önemi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21(3).
- Yıldız, H., & Baysal, T. (2003). Bitkisel fenoliklerin kullanım olanakları ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Gıda mühendisliği dergisi*, 7(14), 29-35.
- Yüksel, Ç., Atalay, D. ve Erge, H. S. (2020). Yenilebilir kaplamaların taze kesilmiş meyve ve sebzelerde kullanımı. *Gıda*, 45(2), 340-355.

BÖLÜM 12

BALIKLARDA DAVRANIŞ

Emrah ŞİMŞEK^{1}, Aydın DEMİRCİ²,
Erdal YILMAZ³, Yavuz MAZLUM⁴*

1 Dr. Öğr. Üyesi Emrah Şimşek, İskenderun Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Deniz Teknolojileri Bölümü, İskenderun/Hatay <https://orcid.org/0000-0001-7066-2534>

2 Doç. Dr. Aydın Demirci, İskenderun Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Deniz Teknolojileri Bölümü, İskenderun/Hatay <https://orcid.org/0000-0002-7168-9904>

3 Prof. Dr. Erdal Yılmaz, Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Öncesi Bilimler Bölümü, Su Ürünleri ve Hastalıkları Ana Bilim Dalı, Kayseri <https://orcid.org/0000-0001-6348-3618>

4 Prof. Dr. Yavuz Mazlum, İskenderun Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, İskenderun/Hatay <https://orcid.org/0000-0002-3866-2419>

1. Giriş

Balıkların fizyolojik ve anatomik özellikleri ne kadar iyi bilinirse bu özelliklerin davranışlar üzerindeki etkileri de o kadar iyi anlaşılacaktır (Helfman ve ark., 2009). Gün geçtikçe değişen ekosistem yaklaşımı çerçevesinde balık davranışlarının bilinmesi hem çevrebilimi hem de balıkçılık teknolojisi açısından önem taşımaktadır (Özbilgin ve ark., 2004; Özdemir ve Erdem, 2006; He, 2011; Şimşek, 2012; Demirci ve Şimşek, 2016; Şimşek, 2018; Şimşek ve Demirci, 2018; Pinti ve ark., 2021). Çünkü çevre ve canlı arasındaki ilişkilerin göze çarpan en önemli göstergesi davranıştır ki çevresel değişime bir tepki olarak davranışlar da değişmektedir. Yapısal ve fizyolojik özellikler gibi, her türün kendine özgü davranışsal özellikleri gelişmiştir. Bu nedenle bu çalışmada balıkların davranışları ayrıntılı bir şekilde irdelenmek istenmiştir. Bu bağlamda, balıklarda gözlenen temel davranış modellerini 5 kategoriye ayırmak mümkündür. Bunlar, göç, sürü oluşturma, beslenme, saldırganlık, dinlenme olarak sıralanabilir.

1.1. Göç

Balıkların bir alandan diğerine olan düzenli kitlesel hareketleri oldukça yaygın olaylardır. Göç ile ilgili davranışlar gün içinde ve mevsimsel olarak değişebilir (Tamario ve ark., 2019). Günlük göçler, beslenme veya predatörlerden kaçınmak amacı ile gerçekleştirilirken, mevsimsel olarak göç eden balıklar genel olarak üç temel kategoriye ayrılabilir. Bunlar; Oseanodrom, Potamodrom, ve Diadrom olarak sınıflandırılırlar. Potamodrom balıklar; tatlı sularda göç ederken, Oseanodrom balıklar tuzlu su ortamlarında göç ederler. Diadromlar ise hayat döngüsünün belirli dönemlerinde iki ortam arasında göç eden türlerdir. Diyadromlar da kendi içerisinde 3'e ayrılır (McDowall, 1997; Smith, 2021). Bunlar;

1. Katadrom balıklar; hayatlarının büyük bir kısmını tatlı sularda geçirirler ve yumurtlamak için tatlı sulardan deniz ortamlarına göç eden balıklardır. Bu balıklar tuzlu su ortamlarında beslenmezler ve yumurtlama alanlarına ulaşmak amacı ile çok uzak mesafelere göç edebilirler. Bu grubun en güzel örneği yılan balıklarıdır.

2. Anadrom balıklar; Bu balıkların hayat döngüsü tatlı ve tuzlu su ortamları olmak üzere ikiye ayrılır ve büyüme tuzlu su ortamlarında gerçekleşir. Cinsi olgunluğa gelen balıklar yumurtlamak için tuzlu sudan tatlı suya göç ederler. Bu gruba salmonlar ve alabalıklar örnek olarak verilebilir.

3. Amfidrom balıklar ise; yumurtalama dışındaki amaçlarla iki farklı ortam (tatlı ve tuzlu su) arasında göç eden balıklardır (Mc Dowall, 1988). Bu balıklar tuzlu su ortamlarında yumurtadan çıktıktan sonraki bir kaç aydan genç balıkçık aşamasına kadar beslenirler ve bu aşamadan sonra tatlı sulara göç ederler. Ergin boya ulaşıncaya kadar ise tatlı sularda yaşarlar.

Avustralya’da yaşayan *Gobidae*, *Eleotridae* ve *Galaxidae* familyası üyeleri bu gruba örnek olarak verilebilir.

Bu göçler her ne şekilde olursa olsun olağan üstü bir gayretle gerçekleştirilir. Tuna, salmon ve yılan balıkları gibi türler kısa bir zaman diliminde binlerce kilometre yol alabilir (Küçük ve ark., 2018; Strøm ve ark., 2018). Göç sırasında oldukça fazla enerji harcarlar ve balıklar çoğunlukla göç esnasında beslenmezler. Bermuda yakınlarındaki Sargasso denizine göç eden yılan balıkları tuzlu suya girdiklerinde beslenmeyi keserler (Tesch, 2003). Salmonlar ise tatlı suya girdikleri zaman akıntıya karşı beslenmeden yüzlerce kilometre yüzebilirler.

Göçlerin çoğu yumurtaların kuluçkalanması ve larvaların gelişimine uygun alanların tespit edilmesi için yapılır. Yetişkinler, yumurta dökmek için akıntıya karşı yüzerler; Yumurtadan çıkan larvalar, akıntılarla uygun beslenme alanlarına taşınırlar. Aktif yüzme devresinden sonra ebeveynlerinin beslendikleri alanlara dönerler. Bu hayat döngüsünün bazı avantajları vardır. Bunlar; (1) yavruların gelişebileceği uygun ortamların bulunması (2) tür içinde farklı yaş grupları arasındaki besin rekabetinin azaltılması (3) Kannibalizmin azaltılması olarak sıralanabilir.

Çevre şartları dikkate alınmadığında, göç; türlerin farklı hayat dönemlerinin birbirinden ayrılmasında kullanılan bir araçtır. Nehir, ve gölde yaşayan balıklar, çakıllık alanlara yumurta bırakmak için küçük akarsu kollarına sık sık göç ederler. Genç bireyler, yetişkin hale gelmeden önce küçük akarsuları beslenme alanı olarak kullanabilirler. Göllerde yaşayan çoğu tür gölün uygun sığ alanlarını yumurtlama amaçlı olarak kullanırlar. Sunfish (*Lepomis*) ve crappies (*Promoxis*) gibi balıklar ise hayatlarının belli dönemlerini pelajik belli dönemlerini de demersal olarak geçirirler.

Balık göçlerinin temel nedenleri üreme ve farklı hayat devreleri ile ilgili olup, göçler özellikle sıcaklık ve besin organizmalarının bolluk ve hareketliliğine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Göçler, *Thunnus alalunga*’da sıcaklığa bağlı iken Ringalarda plankton patlamalarına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte balıkların göç yollarındaki sıcaklık, tuzluluk ve diğer parametreler daha önceden tahmin edilerek av miktarları artırılabilir.

Göç eden balıkların çoğu yumurtadan çıktıkları ortamlara geri dönme kabiliyetine sahiptirler. Bu konuda en çok çalışılan balıklar Pasifik salmonları olup bunlar şaşırtıcı bir doğrulukta ait oldukları su kaynaklarına geri dönerler. Salmonların smoltifikasyondan önce ait oldukları ırmağın belirli özelliklerini tanıma kabiliyetine sahip oldukları bildirilmiştir (Hasler ve Scholz, 1978; Ağılkaya ve ark., 2019). Ayrıca salmonların aynı türe mensup bireyler tarafından salgılanan kimyasallara cevap verdiği bilinmektedir. Salmonlar; ait oldukları su kaynağında yaşayan daha genç birey-

ler veya balık popülasyonlarından aldıkları kokularla, yönlerini de tayin edebilmektedirler (Nordeng, 1977; Groot ve ark., 1986). Salmonlar yönlerini belirlemek için çok hassas bir navigasyon kabiliyetine ihtiyaç duymayabilirler. Bu balıklar yönlerini tayin ederken bir veya birden çok işarete ihtiyaç duyarlar. Bunları yerin magnetik alanı, güneş yönü, besin durumu, akıntılar, sıcaklık ve su kalitesi parametreleri olarak sıralayabiliriz (Patten, 1964). Bu işaret kombinasyonlarını kullanarak balıkların büyük çoğunluğu ait oldukları su kaynaklarına ulaşabilirler.

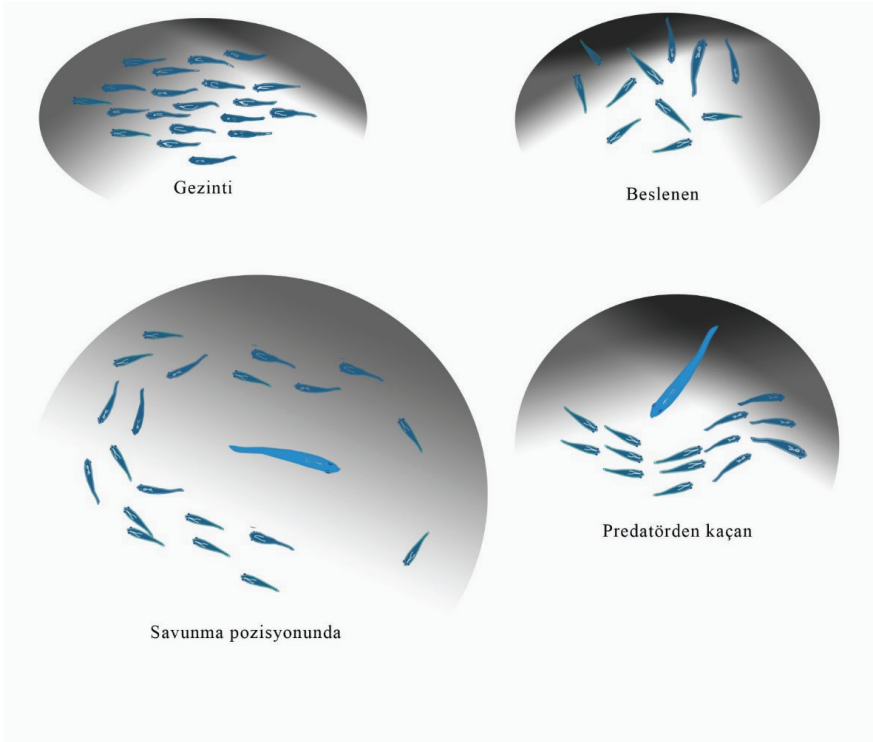
Balıkların doğru yönü tahmin etmelerinde bazı oryantasyon mekanizmalarının etkili olduğu ileri sürülmüştür (Rodríguez ev ark., 2021). Bu mekanizmalarda sıcaklık, tuzluluk ve kimyasallar daha önemli rol oynamasına karşın güneş hareketleri ve yerkürenin magnetik ve elektriksel alanlarının da etkili olduğu bilinmektedir (Leggett, 1977). Bu magnetik alanlar her ne kadar zayıf akımlar olsa da balıklar tarafından bilinebilmektedir. Bu akımlar özellikle okyanus akıntıları tarafından güçlendirildiği zaman, balıkların bu alanları tanımaları kolaylaşmaktadır. Bu kabiliyet derin sularda uzun mesafelerde göç eden yılan balıklarında gözlenmekte ve balıkların gelişim dönemlerine de bağlı olarak farklı yönlerdeki manyetik alanları tespit edebilmektedirler. Bu göçler her ne kadar mevsimsel olsa da çevresel etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca salmon ve *Alosa sapidissima* türünün hem gece hem de bulutlu günlerde yönlerini tayin edebildikleri gözlemlenmiştir (Leggett, 1977). Markalanmış göçmen balıklarla yapılan bazı çalışmalarda ise balıkların her zaman ait oldukları su kaynaklarına girmedikleri belirtilmiştir. Saila (1961) kıyıya yakın sığ yumurtlama alanlarına göç eden dil balıklarının yönlerini diğer balıkların 40 m den daha aşağı inip inmediğine dayanarak tespit ettiğini bildirmiştir. Yapılan araştırmada üreme sezonunda balıkların büyük bir kısmının yönlerini kısmen diğer balık hareketlerine kısmen de deniz altı topoğrafyası ve suyun kimyasal özelliklerine dayanarak belirledikleri ortaya çıkarılmıştır.

Balık göçlerinde ergin balıklar için yeterince besinin bulunduğu, larva ve genç bireylerin rahat bir şekilde yaşayabilecekleri ve beslenecekleri ortamlar tercih edilir. Örneğin çoğu salmon, okyanus ortamında bol miktarda besin bulurken ırmak ve nehirlerde döndüklerinde sınırlı bir besinle karşı karşıya gelirler. Bu bakımdan göç eden balıklar göç etmeyenlere göre daha iyi beslenirler ve daha yüksek yumurta verimliliğine sahiptirler. Gros ve ark. (1988) okyanus verimliliğinin tatlı su verimliliğinden daha yüksek olduğu kuzey enlemlerde anadrom balıklar yaygın iken, okyanus verimliliğinin düştüğü tropik bölgelerde katadrom balıkların daha yaygın olduğunu belirtmişlerdir.

1.2. Sürü Oluşturma

Sürü oluşturma balıklar tarafından ortaya çıkarılan ve oldukça dikkat çeken sosyal bir davranış biçimidir. Sürü hareketleri balıkların kendilikle-

rinden ve belirli bir düzen dahilinde oluşturdukları karmaşık manevraları da içerir. Balıkların farklı nedenlerle sürü oluşturdukları bilinmektedir (Pitcher ve Parrish, 1993; Neshat ve ark., 2012). Bu sebeplerin başında; predatörden korunma, beslenme, dinlenme ve gezinti gibi sosyal etkinlikler gelmektedir. Oluşturulan sürülerin biçimleri de oldukça farklı olabilmektedir. Gezinti amaçlı oluşturulan sürüler uzun ince hatlardan, oval, kare ve amip şekline kadar değişebilmektedir. Hızlı hareket eden gezinti kümeleri tipik kama şekline benzerken, beslenme kümeleri daha çok bir daire görünümündedir (Şekil 1).



Şekil 1. Balıklarda gözlenen yaygın kümesel hareketler (Radokov, 1972)

Sürü oluşturma balıklar arasında oldukça yaygın olarak gözlenen bir davranıştır (Pourpanah ve ark., 2020). Shaw (1978) tüm balıkların hayatlarının % 25 ini sürü oluşturarak geçirdiklerini ve yine tüm balıkların yaklaşık %50 sinin hayatlarının en azından belirli bir döneminde sürü oluşturduğunu belirtmiştir. Ekonomik balık türlerinin çoğu sürüler halindedir ve balıkların bu davranışları kolayca yakalanma ihtimallerini artırır. Çoğu ekonomik türün göçünde, küçük gruplar birleşerek büyük sürüler oluşturur (Radokov, 1972). Hazar denizinde yaşayan kefallerin 100 km uzunluğunda kümeler oluşturarak göç ettikleri bilinmektedir.

Balıklar grup oluştururken hassas bir iletişime ihtiyaç duyarlar. Geceleri çoğu balık sürüsünün dağılmasının nedeni duyuşal iletişimin daha çok görmeye dayalı olmasıdır. Kısa süreli körleştirilmiş balıklarla yapılan laboratuvar çalışmaları görmenin ne denli önemli olduğunu göstermiştir. Shaw (1978) görme duyusunun, balıkların sürü içerisindeki yerlerini belirlemede ve aralarındaki mesafenin korunmasında (optomotor reaksiyon) önemli bir rol üstlendiğini ileri sürmüştür.

Sürü oluşturan balıklarda görmenin önemli olması, diğer duyuların önemli olmadığı anlamına gelmez. Örneğin yan hat balıklarda su hareketlerine karşı oldukça hassastır ve balıklar arası mesafenin korunması için civardaki balıklar tarafından üretilen düzenli akıntılar da kullanılmaktadır. Ayrıca feromonlar ve seslerin sürü oluşturma üzerinde etkili olabildiği bilinmektedir (Ağılkaya ve ark., 2019).

Balıklarda gözlenen sürü oluşturma aktiviteleri 4 farklı hipotezle altında açıklanmaya çalışılmıştır. Bunlar; (1) Hidrodinamik etkinliğin artırılması, (2) Besin bulma etkinliğinin artırılması, (3) Üreme başarısının artırılması, (4) Saldırıya maruz kalma riskinin azaltılması olarak sıralanmıştır.

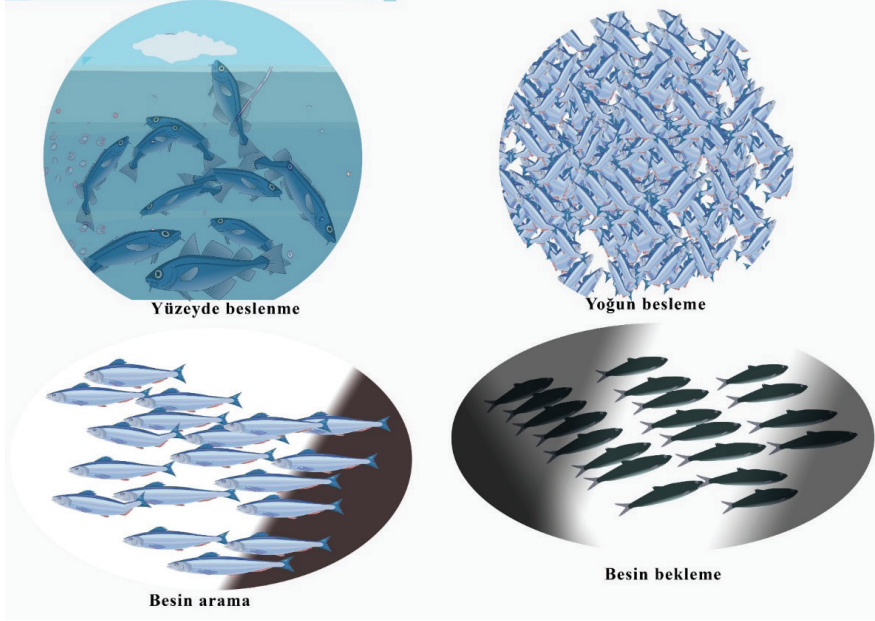
1.2.1. Hidrodinamik etkinlik

Sürü oluşturmada başvuruşan yüzme aktivitelerinin sürünün dinamik etkinliğini arttırdığı ileri sürülür. Balıklar arasında düzenli bir mesafenin ve uniform bir yapının korunmaya çalışılması oldukça ilginçtir. Bununla birlikte sürüdeki diğer balıklar tarafından oluşturulan hidrodinamik güçten yararlanması için her bir balık sürü içindeki pozisyonunu daha hassas bir biçimde belirlemeli ve bu pozisyonu korumalıdır. Fakat laboratuvar çalışmaları bu durumun her zaman doğru olmadığını göstermiştir (Pitcher ve Parrish, 1993). Bununla birlikte doğal koşullarda balıklar arası düzenli bir mesafenin korunması sürü içerisinde birbirini takip eden bireylere hidrodinamik bir avantaj sağlamaktadır. Landa (1998), sürüde lider grubun sürekli değiştiğini ve hidrodinamik etki sayesinde bireylere besine daha önce ulaşma şansı verildiğini ileri sürmüştür.

1.2.2. Besin bulma etkinliğı

Küme veya sürü oluşturma özelliğı balıklara besinlerini bulma şansını artırır. Bu durum hem predatör (avcı) türler hem de planktonla beslenen türler için de geçerlidir. Sürüdeki balıklar birbirlerinin davranışlarını yakından izler ve bir bireyde gözlenen beslenme davranışı diğerlerini de besin arama teşvik eder (Pitcher ve Parrish, 1993). Ancak planktonlarla beslenen balıklar besinlerini diğer balıklarla paylaşmak durumundadırlar. Önde giden sürü plankton kümelerine daha erken ulaşacağından geride kalan gruplar daha az bir besinle karşılaşacaklardır. Sürü halinde bulunmanın

diğer bir dezavantajı ise beslenme dışındaki duruma göre predatörlere karşı daha hazırlıksız olmalarıdır (Şekil 2).



Şekil 2. Balıklarda gözlenen bazı kümesel hareketler (Breder, 1959)

1.2.3. Üreme başarısı

Sürü halinde yaşayan balıklar çiftleşme dönemlerinde eş bulmak için daha az enerji harcarlar. Aynı sürü içerisindeki balıklar hormonal ve davranışsal etkilerle birbirlerinin cinsel olgunluk dönemlerini ve üreme döngülerini takip edebilmektedir. Bu olay özellikle kütle halinde yumurta bırakan türler için önemli olmaktadır. Yumurtlamak amacı ile uzun mesafeler boyunca göç eden balıklar açısından küme oluşturma davranışı doğru hedefe ulaşılmasını kolaylaştırır. Çünkü sürünün ortalama yön bulma kabiliyeti bireysel olarak göç eden balıklardan daha iyi olmaktadır. Örneğin doğal göç yollarında orkinoslar grubu bozmadan uzun süre bir arada kalabilmektedirler.

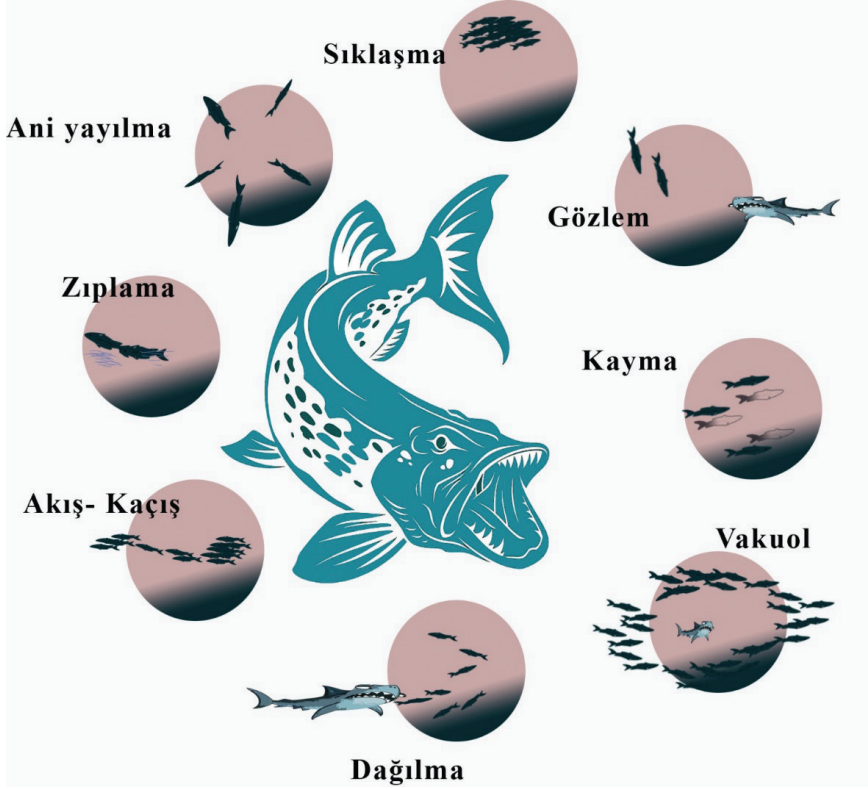
1.2.4. Saldırıya maruz kalma riski

Sürü oluşturma davranışı temel olarak iki şekilde saldırıya maruz kalma riskini azaltmaktadır. Bunlar; (1) sürüdeki birey sayısının azaltılması (2) yanıltma olarak sınıflandırılabilir (Pitcher ve Parrish, 1993). Bunların ilkinde sürü; birey sayısını güvenli olan en düşük sınıra düşürmektedir (Parrish, 1993). Büyük sürüler her hangi bir bireyin yenilme olasılığını azalttığından dolayı avantajlı sayılabilir. Herhangi bir saldırı anında küçük bir sürünün yenilme yüzdesi büyük bir sürüye göre daha yüksek olmaktadır (Major, 1978).

Yanıltma (hedef şaşırtma) etkisi sürünün dağılması durumunda kolayca avlanabilen balık türleri tarafından geliştirilen yaygın bir stratejidir. Predatör bu tip sürüleri dağıtarak bireyleri kolayca avlayabilir. Küçük balık kümelerinin çoğu parlak gümüşü renktedir ve görmeye dayalı olarak avlanan predatörlerin bu grupların hareketlerinden kaynaklanan parlamalardan dolayı avlanmaları güçleşir. Ayrıca grubu oluşturan balıklar görünüm ve büyüklük olarak oldukça homojen olduklarından predatörün işi daha da zorlaşır. Fakat pozisyonlarında değişiklik yapmayan balıklar (ağır parazit bulaşması gibi nedenlerle) ise kolayca avlanırlar (Krause ve Godin, 1996).

Kümelerin birden çok balık türünden oluştuğu durumlarda balık büyüklükleri homojen olsa da bu türler birbirinden ayrı kalırlar. Bu balık grupları tercih ettikleri beslenme alanlarına bağlı olarak sürünün farklı bölgelerinde bulunurlar. Örneğin *Fundulus diaphanus*, *Notemigonus chrysoluecas* ve *Catostomus commersoni* aynı sürü içinde bulunmalarına karşın, *Fundulus diaphanus* su yüzeyine yakın, *Notemigonus chrysoluecas* orta su kolonunda ve *Catostomus commersoni* ise sürünün alt ucunda yerlerini alır.

Avlanan balıklar, herhangi bir şekilde ana sürüden koparılmış olan bireysel balıklardır (Major, 1978). Bu nedenle bir predatör sürüye yaklaştığında gösterilen tepki bireylerin birbirlerine kenetlenmesidir. Gün batımı ve doğumunda yapılan predatör saldırılarının daha başarılı olmasının nedenlerinden biri bu zamanlarda pulların parlama etkinliğinin azalmasıdır. Ayrıca balıklar karmaşık manevralarla da predatörlerini şaşırtırlar. Işık yayılması olarak adlandırılan manevra tipinde sürüdeki balıklar farklı yönlerde hızlı bir şekilde dağıldıktan sonra sürüyü tekrar oluşturacak biçimde birleşerek predatöre avlanma şansı vermezler (Pitcher ve Parrish, 1993). Daha yaygın bir şekilde gözlenen bir manevra modelinde ise sürü ikiye bölünerek daha sonra arkasında tekrar bir araya gelirler. Böyle bir sürü hareketi sonucu predatör önünde sadece geniş bir boşlukla karşılaşır ve sürünün tüm bireyleri predatörü dikkatli bir biçimde gözlemlediğinden avlanma şansı vermezler. Bir sürü halinde yüzmenin genel avantajlarından biri gün boyunca birçok gözün yaklaşan predatörleri izleyebilmesidir (Şekil 3).



Şekil 3. Saldırı anında minnowlarda gözlenen bazı kümesel hareketler

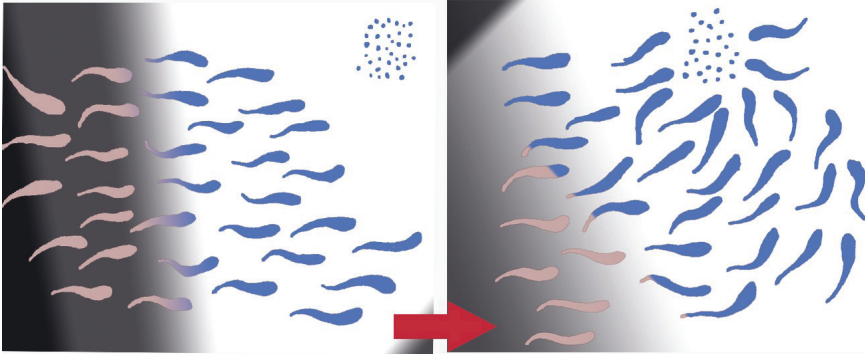
Sürü oluşturma avantajlarının yanı sıra, pelajik balık sürüleri predatörlerin en çok tercih ettiği avlardır ve bu predatörler sürünün savunma mekanizmasını kırmak için farklı stratejiler geliştirirler. Bunlardan biri; predatörün yerinin belirlenmesinin güç ve sürünün dağınık olduğu düşük ışık seviyesinde avlanmaktır. Diğer bir stratejide ise predatör sürü ile beraber yüzerek savunma hatası yapan, hasta ve yaralı balıkları yakalar. Cornetfish gibi arkadan yaklaşan saldırganlar tarafından kullanılan bu strateji nispeten düşük bir başarı oranına sahiptir (Parrish, 1993). Daha etkili başka bir strateji ise sürünün içine doğru saldırmaktır. *Carangidae* familyası üyeleri gruplar halinde ringa sürüsüne saldırdığında, ringa balıkları tek bir saldırganla karşı gösterdikleri etkili savunmayı gösteremezler. Avcı balıklar ya sürüden küçük parçalar koparırlar ya da sürüyü tamamen dağıtarak balıkları suyun yüzeyine doğru kaçırmaya zorlarlar ve deniz kuşlarının da avlanmalarına yardımcı olurlar.

1.3. Beslenme

Balıklarda beslenme davranışları en az morfolojileri kadar çeşitlilik göstermektedir (Ergüden ve Göksu, 2012). Bununla birlikte birçok balık türü yaşadıkları bölgedeki rakiplerinin ve besinlerin bolluk durumlarına

göre az çok bir beslenme düzeni oluşturmuşlardır. Örneğin ergin mayıs sinekleri genelde yüzeyden beslenen balıklar tarafından yakalanmasına karşın, bir göl üzerinde bol miktarda bulunan sinek larvaları diğer balık türlerini de yüzeyden beslenmeye teşvik eder. Benzer şekilde, plankton süzücü türler de bu durumdan yararlanmak için sinek larvalarını da içeren büyük zooplanktonlarla beslenirler. Gökkuşluğu alabalıkları genellikle akarsudaki sürüklenen organizmalarla beslenmelerine karşın, bu organizmaları yakalayamadıkları durumlarda bentik canlılarla da beslenebilirler. (Tippets ve Mayle, 1978).

Diğer balık türleri ise avın çeşitlilik ve bolluğuna bağlı olarak iki veya daha fazla beslenme davranışı gösterirler. Örneğin *Lepidogobius lepidus* zeminde kurtların bulunması durumunda bunları ısırarak veya yüzen avlar mevcutsa dipten yukarı doğru zıplayarak avlarını yakalarlar (Grossman ve ark. 1980). *Lophius piscatorius* gibi türler ise avlarını organize bir biçimde pusu kurarak avlarlar. Sürü oluşturan bu balıklar av kümelerindeki bozulmalardan istifade ederek avlanırlar (Şekil 4). Görülüyor ki beslenme ile ilgili davranışlar; öncelikle çevresel etkenler, predatör ve av olmak üzere birçok faktörden etkilenebilmektedir.



Şekil 4. Grup oluşturan balıkların avını çevreleyerek beslenmesi

Predatörlerin avlarını nasıl ve neye göre belirlediklerini ortaya koymak için “ideal beslenme” teorisi geliştirilmiştir (Hart ve Clemens, 1973). Bu teoriye göre doğal seleksiyon predatöre maksimum düzeyde avlanma şansı vermektedir. Dolayısı ile de balıklar minimum enerji ile maksimum besin elde edebilecek şekilde bir beslenme stratejisi geliştirmektedir. Balık besini elde ederken araştırma, kovalama ve sindirme gibi birden çok faaliyetle enerji harcayacağından, bu aşamalarda harcayacağı enerji düzeyleri arasında iyi bir denge kurmalıdır. Örneğin iri ağız levrek için alglerin bulunması ve elde edilmesi çok kolay bir işlem olmasına rağmen, bu besinlerin mideden geçişi ve sindirilmesi sırasında harcanan enerji bu organizmalardan elde edilecek enerjiden çok düşük olmaktadır. Dolayısı ile bu balıklar sınırlı bir zaman diliminde daha az bir eforla daha çok besin

elde edebilmek için ince yapılı yumuşak etli balıkları tercih ederler. Ayrıca besinin enerji içeriğinin de balık davranışlarını etkileyen önemli bir faktör olduğu ve balıkların enerji ihtiyaçları kadar yem tükettiği belirtilmiştir (Keembiyehetty ve Wilson, 1998; Yılmaz ve ark., 2005).

Derin bölgeler ve uzak mesafelerde avın balık tarafından tespit edilmesi oldukça zordur. Balığın görme kabiliyetinin sınırlı olduğu durumlarda, diğer balıkların beslenme aktivitelerinden kaynaklanan sesler de uyarıcı olabilmektedir. İlk beslenme dönemindeki bir çok balık larvasının görmeye dayalı olarak beslendiği bilinmesine rağmen, görme dışındaki duyuların da etkili olduğu bilinmektedir (Batty ve Hoyt; 1995, Salgado ve Hoyt, 1996). Buna karşın, suyu süzerek beslenen türlerde böyle bir seçicilik söz konusu değildir (Janssen, 1980; Gibson ve Ezzi, 1985; Batty ve ark., 1986). Avin konumunun belirlenmesine rağmen herhangi bir hamlenin yapılmaması balıklar arasında bir yem seçiciliğini göstermektedir. Bazı yazarlar bu durumun balıkların doğasından (Jenkins, 1987), bazıları ise öğrenmeden kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir (Werner ve ark., 1981). Dil balıkları ile yapılan bir çalışmada erken larval dönemde belirli bir canlı yemle beslenmeye alıştırılmış larvaların alternatif yemler verilse de hayatlarının ilerleyen dönemlerinde de aynı yemle beslenmeye devam ettikleri ve larvaların alıştıkları yemle beslendikleri belirlenmiştir (Cox ve Pankhurst, 2000; Colgan ve ark., 1986; Meyer, 1986; Wahl ve ark., 1995).

Avinı tümüyle yutmaktan çok ısırarak ve çiğneyen predatör balıklar diğer predatörleri de beslenmeye teşvik ederler. Suyu süzerek beslenen bazı türler (*Brevoortia tyrannus* ve *Engraulis ringens*) beslenme esnasında çok aktif ve gürültülü olmasına karşın, diğer balıkların beslenmeye teşvik edilmesinde dışkı ürünleri de etkili olabilmektedir. Bu türlerde beslenmenin boşaltımı tetiklediği ve kimyasal alıcıların oldukça hassas olduğu bilinmektedir.

Avin morfolojik özellikleri predatör seçiciliğinde etkili olsa da avın büyüklüğü ve miktarı daha önemli olmaktadır. Örneğin, akvaryumda düşük ve hemen hemen aynı miktarlarda zooplankton bulunduğu durumlarda, Sunfishler karşılara çıkan her plankton grubu ile beslenirler. Eğer tüm plankton gruplarının yoğunlukları arttırılırsa, bunlar sadece en iri türleri seçecektir (Werner ve Hall, 1974). Yapılan çalışmalar sonunda ortamda besin kıtlığının olduğu dönemlerde balıkların avın büyüklüğüne bakmaksızın beslendiği ve besinin bol olduğu durumlarda ise az bir eforla daha fazla enerji elde edecek biçimde seçicilik gösterdiği anlaşılmıştır. Benzer şekilde, genç alabalık ve salmon bireylerinin yer seçimlerini enerji kazanımlarını arttıracak şekilde yaptıkları belirlenmiştir (Fausch 1984). Baskın türler akıntılarla besinin bol bulunduğu bölgeleri tercih ederler ve bu bölgelerin akıntıdan fazla etkilenmeyen sığ kısımlarında bulunurlar. Bununla birlikte Ringler (1979) akvaryuma yerleştirilen kahverengi alabalığın or-

tamda bol miktarda besin olmasına karşın, bulunduğu bölgeyi kısa süreli de olsa terk edebildiğini belirtmiştir. Daha büyük organizmaların bol miktarda bulunması durumunda ise balıkların küçük organizmaları avlamaya devam ettikleri gözlenmiştir. Bu tip davranışlar sınırlı bir alanda balıkların besin ihtiyaçlarının en iyi şekilde karşılanması amacı ile ortaya çıkmasına karşın, doğal ortamda gözlenen davranışlar oldukça farklıdır ve tamamen avın büyüklüğü, bolluğu ve yerine bağlıdır.

Yapılan çalışmalar; bolluk ve büyüklük faktörlerinin yanı sıra av seçiciliğinde avın hareketliliği, kabuk içerip içermediği ve nerelerde yaşadıkları gibi faktörlerin de etkili olabileceğini göstermiştir (Altın ve ark., 2011; Demirci ve ark., 2016). En ideal beslenme stratejisi elde edilecek enerji miktarının artırılmasının yanı sıra diğer faktörleri de içermelidir. Belki de bu faktörlerin en önemlisi saldırgan riskinin azaltılmasıdır. Deniz zeminindeki yarıklarda yaşayan küçük balıklarda bu strateji besin arama süresinin kısaltılması şeklinde (riske duyarlı beslenme) geliştirilmiştir. Bu tip balıklar besin arama sürelerini uzatarak daha fazla besine sahip olabilirler, fakat yuvadan uzaklaştıkları zaman diliminde yenilme riskleri de artacaktır (Noakes, 1992). Burada geliştirilmesi gereken strateji hayatta kalma ve besinin bulunması arasında bir dengenin kurulmasıdır. Gerçekte, bu iki faktör arasında bir dengenin kurulması balıklar için sürekli bir problem oluşturmaktadır. Çünkü hayat döngüsü içerisinde besinler ve saldırganlar sürekli bir şekilde değişir. Akarsularda yaşayan çoğu tür erken hayat evrelerinde büyük predatörlerin avlanmasının güç olduğu kıyısız alanlarda bulunurlar. Fakat bu türler büyüdükçe balıkçıl kuşlar için ideal birer av konumuna gelirler ve daha derin sulara inmek zorunda kalırlar. Belirli bir büyüklüğe ulaşan bu balıklar orta büyüklükteki karnivor balıklar için bir av olmaktan çıkmasına karşın, derin sularda yaşayan daha iri balıklar tarafından arzu edilirler. Sonuç olarak, orta büyüklükteki predatör balıklar orta derinliklerde ve korunaklı alanlara yakın yerlerde bulunmaktadır (Power, 1987). Bu konuda yapılan diğer bir çalışmada ise aynı ortamda bulunan predatör balıkların kendi larvalarından çok diğer balık türlerinin larvaları ile beslenmeyi tercih ettikleri belirlenmiştir (Harvey, 1991).

1.4. Saldırganlık

Saldırganlık özellikle akvaryum ortamında balıklar arasında sıkça gözlenen bir davranıştır (Oldfield, 2011). Bu tip davranışlar; ısırma veya kavga ile sonuçlanabilecek bir müdahaleden, yüzme davranışlarını içeren küme hareketleri, solungaç kapaklarının ve yüzgeçlerin şişirilmesi, renklenmedeki değişimler gibi tespit edilmesi oldukça güç hareketlere kadar farklı şekillerde ortaya çıkmaktadır. Balıklar arasında ortaya çıkan ve en iyi bilinen agresif etkileşimler üreme ve yaşama ortamlarının korunması ile ilgili davranışlardır.

Çoğu balık türü için önemli olan fakat daha az dikkat çeken diğer agresif davranışlar besin ve alan savunması ile ilgili etkileşimlerdir. Alabalık ve genç salmonlar beslenme alanlarını korumak amacı ile tipik alan savunması sergileyen balıklardır. Genellikle bir kayanın veya diğer bazı nesnelerin çevresinde odaklanan bu tip alanlar, balıkların akıntılara karşı korunduğu ve suyla birlikte sürüklenen birçok canlı yemin de bulunabildiği ortamlardır. Ayrıca bu alanların yakınlığı predatörlerden korunmak için bir avantaj olabilir. Alan savunmasında sıklıkla gözlenen tipik davranışlar; savunmayı yapan balığın diğerine hamle yapması veya kuyruk sapından ısırma çalışmasıdır. Eğer savunma alanına giren balık eşit boyda veya daha küçük ise, ortamdaki hızlı bir şekilde kaçacaktır. Bazı durumlarda sonradan gelen balık hemen kaçmaz, iki balık operkulum ve yüzgeçleri kabarık bir biçimde bir müddet yan yana yüzerler. Müsabakayı hangi balığın kazanacağını belirlemede 3 faktörün etkili olduğu ileri sürülmektedir. Bunlar; (1) daha önce bulunulan yer, (2) büyüklük ve (3) önceki karşılaşmaların sonuçlarıdır. Zaten işgalci balık çok büyük değil ise, mevcut balık diğerini söz konusu alandan uzaklaştıracaktır.

Alabalık ve salmonların büyük bireyleri daha geniş alanlara ihtiyaç duyduğundan, küçük balıklar üzerinde bir baskı kurarak sıkça alan değiştirmelerine neden olurlar. Bu alanlarda farklı büyüklüklerdeki balıklar birlikte bulunurlar ve küçük bireyler ortamdaki uzaklaştırılmaz (Jenkins, 1969). Küçük alabalıklar daha küçük canlılarla beslendiğinden ve besin için büyük balıklarla mücadele edemeyeceğinden dolayı, bireyler arasında baskın bir hiyerarşi söz konusudur. Ayrıca küçük balıklar alan savunmasında büyüklerle yardımcı olurlar.

Daha önce verilen bilgilerden de anlaşılacağı üzere saldırganlık besin kıtlığına bağlı olarak gelişen bir aktivite olduğundan, türler içi ve türler arası etkileşimlerde kritik bir öneme sahiptir. Besin kıtlığının yaşandığı alanlarda, daha baskın tür veya bireyler daha fazla besin tüketebilir (Grossman, 1979). Besinin bol bulunduğu ve kolay elde edildiği alanlarda ise alan savunması ve yeni geleni kovma aktivitelerinin azalması beklenir.

1.5. Dinlenme

Her ne kadar bu davranış tipi üzerinde pek durulmamış olsa bile, çoğu balık 24 saatlik zaman diliminin önemli bir bölümünü hareketsiz konumda geçirmektedir. Gece ve gündüz boyunca mercan resifleri üzerindeki balık toplulukları arasında önemli farklılıklar mevcuttur. Bunun sebebi; çoğunlukla gündüz aktif olan balıkların geceleri resif üzerindeki çatlak, yarık veya mağaralara saklanmasına karşın, geceleri hareketli olan balıkların gün boyunca bu saklanma ve dinlenme yerlerinde pasif durumda beklemeleridir. Çoğu tür, dinlenme halinde iken bile renklerini değiştirmektedir. Göllerde çoğu balık türü soluk renkte olup, sucul bitkilerin oluşturduğu

zeminde sakin bir şekilde dinlenir. Gündüzleri bazılarında ulaşılması oldukça güç olan bu balıklar öylesine hareketsiz dururlar ki iyi bir dalgıç kolaylıkla dokunabilir (Emery, 1973). Orkinos gibi bazı pelajik balıklar solungaçlarındaki su geçişini korumak için muhtemelen tüm gece boyunca yüzerken, ringa gibi diğer pelajik balıklar su kolonunda hareketsiz kalma eğilimindedir. Gündüzleri gruplar halinde kümeler oluşturan balıklar, geceleri dağılırlar. Fakat yeterli ışık mevcut olduğunda bireyler tekrar bir araya geleceklerinden birbirlerine yakın durumda kalırlar. Muhtemelen enerjiden tasarruf sağlamak amacı ile çoğu balık türünün geceleri aktivitelerini azalttığı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Ağilkaya, G. Ş., Karaytuğ, S. & Şen, İ. (2019). Balıklarda Feromonlar. *Acta Aquatica Turcica*, 15(2), 252-261.
- Altın, A., Özen, Ö., Ayyıldız, H., Öztekin, A. & Ayaz, A. (2011). Genç Çipura, *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758), Balıklarının Mevsimsel Beslenme Alışkanlıkları. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 1(3), 99-104.
- Batty, R. S. & Hoyt, R. D. (1995). The role of sense organs in the feeding behaviour of juvenile sole and plaice. *Journal of Fish Biology*, 47(6), 931-939.
- Batty, R. S., Blaxter, J. H. S. & Libby, D. A. (1986). Herring (*Clupea harengus*) filter-feeding in the dark. *Marine Biology*, 91(3), 371-375.
- Colgan, P. W., Brown, J. A. & Orsatti, S. D. (1986). Role of diet and experience in the development of feeding behaviour in largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Journal of Fish Biology*, 28(2), 161-170.
- Cox, E. S. & Pankhurst, P. M. (2000). Feeding behaviour of greenback flounder larvae, *Rhombosolea tapirina* (Gunther) with differing exposure histories to live prey. *Aquaculture*, 183: 285-297.
- Demirci, A. & Şimşek, E. (2018). The delayed mortality of discarded sea bream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) in trawl simulation: an experimental appraisal. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 237-241. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2018.35.3.02>
- Demirci, S., Ozdilek, S. Y. & Simsek, E. (2016). Study on nutrition characteristics of *Garra rufa* on the river Asi. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(12a), 5999-6004.
- Emery, A. R. (1973). Preliminary comparisons of day and night habits of freshwater fish in Ontario Lakes. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 30(6), 761-774.
- Ergüden, S. A. & Göksu, M. L. (2012). Seyhan Baraj Gölü'nde (Adana) yaşayan kadife balığı (*Tinca tinca* L., 1758)'nın beslenme rejimi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(2), 71-76.
- Fausch, K. D. (1984). Profitable stream positions for salmonids: Relating specific growth rate to net energy gain. *Canadian Journal of Zoology*, 62(3), 441-451.
- Gibson, R. N. & Ezzi, I. A. (1985). Effects of particle concentration on filter and particulate feeding in the herring *Clupea harengus*. *Marine Biology*, 88(2), 109-116.
- Groot, C., Quinn, T. P. & Hara, T. J. (1986). Responses of migrating adult sockeye salmon (*Onchorhynchus nerka*) to population-specific odours. *Canadian Journal of Zoology*, 64(4), 926-932.

- Gross, M. R., Coleman, R. M. & McDowall, R. M. (1988). Aquatic productivity and the evolution of diadromous fish migration. *Science*, 239: 1291-1293.
- Grossman, G. (1979). Demographic characteristics of an intertidal bay goby (*Lepidogobius lepidus*). *Environmental Biology of Fishes*, 4(3), 207-218.
- Grossman, G., Coffin, R. & Moyle, P. (1980). Feeding ecology of the bay goby (Pisces, Gobiidae). Effects of behavior, ontogenetic, and temporal variation on diet. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 44(1), 47-59.
- Hart, J. L., & Clemens, W. A. (1973). *Pacific fishes of Canada*. Fisheries Research Board of Canada.
- Harvey, B. C. (1991). Interactions among stream fishes: Predator induced habitat shifts and larval survival. *Oecologia*, 87(1), 29-36.
- Hasler, A. D. & Scholz, A. T. (1978). *Olfactory imprinting in coho salmon (Oncorhynchus kisutch)*. In K. Schmid-Koenig & W.T. Keeton, (Eds.), Animal migration, navigation, and homing (pp 356-369) Berlin: Springer-verlag.
- He, P. (2011). *Behavior of marine fishes: capture processes and conservation challenges*. John Wiley & Sons.
- Helfman, G., Collette, B. B., Facey, D. E. & Bowen, B. W. (2009). *The diversity of fishes: biology, evolution, and ecology*. John Wiley & Sons.
- Janssen, J. (1980). *Alewies (Alosa pseudoharengus) and ciscoes (Coregonus artedii) as selective and non-selective planktivores*. In: Kerfoot, W.C. (Eds.), Evaluation and Ecology of Zooplankton Communities (pp. 580-586). The University Press of New England, Hanover,
- Jenkins, G. P. (1987). Comparative diets, prey selection, and predatory impact of co-occurring larvae of two flounder species. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 110(2), 147-170.
- Jenkins, T. M. (1969). Social structure, position choice, and distribution of two trout species (*Salmo trutta* and *Salmo gairdneri*) resident in mountain streams. *Animal Behaviour Monographs*, 2(2), 57-123.
- Keembiyehetty, C. N. & Wilson, R. P. (1998). Effect of water temperature on growth and nutrient utilization of sunshine bass (*Morone chrysops* x *M. saxatilis*) fed diets containing different energy/protein ratios. *Aquaculture*, 166, 151-162.
- Krause, J. & Godin, J. G. J. (1996). Influence of parasitism on shoal choice in the banded killifish (*Fundulus diaphanous*, Teleostei, Cyprinodontidae). *Ethology*, 102(1), 40-49.
- Küçük, F., Gülle, İ. & Güçlü, S. S. (2018). Antalya Havzası akarsularındaki yılan balığı göçleri üzerine antropojenik baskılar. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(Ek (Suppl.) 1), 285-296.

- Landa, J. T. (1998). Bioeconomics of schooling fishes: Selfish fish, quasi-free riders, and other fishy tales. *Environmental Biology of Fishes*, 53(4), 353-364.
- Leggett, W. C. (1977). The ecology of fish migrations. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 8(1), 285-308.
- Major, P. F. (1978). Predator-prey interaction in two schooling fishes, *Caranx ignobilis* and *Stolephorus purpureus*. *Animal Behaviour*, 26, 760-777.
- McDowall, R. M. (1988). Fighting the flow: Downstream-upstream linkages in the ecology of diadromous fish fauna in West Coast New Zealand rivers. *Freshwater Biology*, 40(1), 111- 122.
- McDowall, R. M. (1997). The evaluation of diadromy in fishes (revisited) and its place in phylogenetic analysis. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 7(4), 443-462.
- Meyer, A. (1986). Changes in behaviour with increasing experience with a novel prey in fry of the central American cichlid, *Cichlasoma managuense* (Teleostei: Cichlidae). *Behaviour*, 98, 145-167.
- Neshat, M., Adeli, A., Sepidnam, G., Sargolzaei, M. & Toosi, A. N. (2012). A review of artificial fish swarm optimization methods and applications. *International Journal on Smart Sensing & Intelligent Systems*, 5(1), 107-148.
- Noakes, D. L. G. (1992). *Behaviour and rhythms in fishes* In M. A. Ali. (Eds.); *Rhythms in fishes* (pp 39-5). New York.:Plenum Press.
- Nordeng, H. (1977). A pheromone hypothesis for homeward migration in anadromous salmonids. *Oikos*, 28, 155-159.
- Oldfield, R. G. (2011). Aggression and welfare in a common aquarium fish, the Midas cichlid. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 14(4), 340-360.
- Özbilgin, H., Kinacigil, H. T. & Özbilgin, Y. D. (2004). Balıklarda Yüzme Davranışı ve Trol Operasyonu Açısından Önemi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21(3-4), 355-359.
- Özdemir, S. & Erdem, Y. (2006). Pasif Av Araçları ile Avcılıkta Balık Davranışları. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(3), 467-471.
- Parrish, J. K. (1993). Comparison of hunting behavior of four piscine predators attacking schooling prey. *Ethology*, 95, 233-246.
- Patten, B. C. (1964). The rational decision process in salmon migration. *Ices Journal of Marine Science*, 28(3), 410-417.
- Pinti, J., Andersen, K. H. & Visser, A. W. (2021). Co-adaptive behavior of interacting populations in a habitat selection game significantly impacts ecosystem functions. *Journal of Theoretical Biology*, 523, 110663. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2021.110663>

- Pitcher, T. J. & Parrish, J. K. (1993). *Functions of shoaling behavior* In T. Pitcher, (Eds.), In fishes (pp 363-440) The behaviour of teleost fishes . 2nd ed. London: Chapman and Hall.
- Pourpanah, F., Wang, R., Lim, C. P. & Yazdani, D. (2020). A review of the family of artificial fish swarm algorithms: Recent advances and applications. *arXiv preprint arXiv:2011.05700*.
- Power, M. (1987). *Predator avoidance by grazing fishes in temperate and tropical streams: Importance of stream depth and prey size*. In W.C. Kerfoot & A. Sih, (Eds.), Predation: Direct and indirect effects on aquatic communities (pp 333-353). Hanover, N.H.: Univ. Of New England Press.
- Radakov, D. V. (1972). *Schooling in the ecology of fish*. New York: Wiley. 173 pp.
- Ringler, N. H. (1979). Selective predation by drift-feeding brown trout (*Salmon trutta*). *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 36(4), 392-403.
- Rodríguez, F., Quintero, B., Amores, L., Madrid, D., Salas-Peña, C. & Salas, C. (2021). Spatial Cognition in Teleost Fish: Strategies and Mechanisms. *Animals*, 11(8), 2271.
- Saila, S. B. (1961). A study of winter flounder movements. *Limnology and Oceanography*, 6(3), 292-298.
- Salgado, S. D. & Hoyt, R. D. (1996). Early behaviour formation in fathead minnow larvea, *Pimephales promelas*: implications for sensory function. *Marine & Freshwater Behaviour & Phy*, 28(1-2), 91-106.
- Shaw, E. (1978). Schooling fishes: the school, a truly egalitarian form of organization in which all members of the group are alike in influence, offers substantial benefits to its participants. *American Scientist*, 66(2), 166-175.
- Şimşek, E. & Demirci, A. (2018). Barotrauma treatment effects on survival rates for some discarded fish by trawl fishery. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(7), 4867-4873.
- Şimşek, E. (2012). Trol Balıkçılığında İskartanın Yaşama İhtimali. Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı Yüksek lisans Tezi. 28 s.
- Şimşek, E. (2018). Trol balıkçılığında ıskartanın yaşama ihtimalini etkileyen faktörlerin analizi. Doktora Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, 101 s.
- Smith, W. L. (2021). Introduction to Ichthyology & Herpetology. *Ichthyology & Herpetology*, 109(1), 1-2. <https://doi.org/10.1643/t2021009>
- Strøm, J. F., Thorstad, E. B., Hedger, R. D., & Rikardsen, A. H. (2018). Revealing the full ocean migration of individual Atlantic salmon. *Animal Biotelemetry*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40317-018-0146-2>
- Tamario, C., Sunde, J., Petersson, E., Tibblin, P. & Forsman, A. (2019). Ecological and evolutionary consequences of environmental change and mana-

- gement actions for migrating fish. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 271. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00271>
- Tesch, F. W. (2003). The eel. White R.J (translated from Germany), Thorpe J.E (ed.) Blackwell Science, Oxford pp 408.
- Tippets, W. & Moyle, P. (1978). Epibenthic feeding by rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in the McCloud River, California. *The Journal of Animal Ecology*, 47, 549-559.
- Wahl, D. H., Einfalt, L. M., & Hooe, M. L. (1995). Effect of experience with piscivory on foraging behavior and growth of walleyes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 124(5), 756-763.
- Werner, E. E. & Hall, D. J. (1974). Optimal foraging and the size selection of prey by the blugill sunfish (*Lepomis macrochirus*). *Ecology*, 55, 1042-1052.
- Yilmaz, E., Sahin, A., Duru, M. & Akyurt, I., (2005). The effect of varying dietary energy on growth and feeding behaviour of common carp, *Cyprinus carpio*, under experimental conditions. *Applied Animal Behaviour Science*, 92(1-2), 85-92.



BÖLÜM 13

COVID-19 SALGINININ SU ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNE ETKİSİ

Sinan Uzundumlu¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi Sinan UZUNDUMLU, Atatürk Üniversitesi Hınıs Meslek Yüksekokulu, sinan.uzundumlu@atauni.edu.tr ORCID: 0000-0003-0366-9116

GİRİŞ

İlk kez 2019 yılının Kasım ayında Çin'in Hubei eyaletinin başkenti olan Wuhan'da tespit edilen Covid-19, çok kısa süre içerisinde bütün dünyaya yayılmış ve küresel bir salgın haline gelmiştir. 2020 yılının Ocak ayında Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından salgının resmen ilan edilmesiyle birlikte hayatın her evresinde etkisini gösteren bu salgın, gerek sosyal, gerek ekonomik anlamda dünyanın önde gelen ülkelerinde dahi olumsuz gelişmelere sebep olmuştur. Özellikle hızlı bulaş özelliği sonucu birçok insanın hayatını kaybetmesine sebep olan Covid-19, kısa süre içinde Antarktika Kıtası hariç bütün kıtalarda yayılım göstermiştir. Son verilere göre Covid-19 salgını sonucu dünyada 6 milyona yakın insan hayatını kaybetmiş, 434 milyondan fazla insan ise bu hastalığa maruz kalmıştır (Çizelge 1). Ülkemizde ise Şubat 2022 itibarıyla 12 milyondan fazla insan bu hastalığı geçirmiş, 94 binden fazla insan ise virüsten dolayı hayatını kaybetmiştir. Geliştirilen aşılarla da bu salgınla mücadele halen devam etmektedir.

Çizelge 1. 08.03.2022 Tarihli Güncel Küresel Covid-19 Durumu (DSÖ, 2022)

Bölge (DSÖ Bölgesi)	Vaka Sayısı	Ölüm Sayısı
Avrupa	183.021.306	1.889.201
Amerika	148.106.582	2.647.988
Güney Doğu Asya	56.169.589	766.022
Batı Pasifik	28.026.116	187.935
Doğu Akdeniz	21.321.989	336.834
Afrika	8.450.266	170.308
Toplam	445.096.612	5.998.301

Covid-19 salgınının başlangıcından buyana bir slogan haline gelen “sosyal mesafe”, kendini ortamdan izole etme ya da karantinaya girme anlamına gelmekte olup, bu yöntemin virüsten korunmak için oldukça etkili bir yöntem olduğu bilinmektedir (Manuell ve Cukor, 2011). Virüse yakalanmış olma veya temaslı olma durumunda karantinaya girmiş insanlar virüsten korunmuş olsalar da, belli zaman sonra bu insanlarda çeşitli zihinsel bozukluklar, sürekli yorgun olma, öfke, uyku düzensizliği, depresyon gibi sağlık problemleri de görülebilmektedir (Bai ve ark., 2004; Richter ve ark., 2020; Trabelsi ve ark., 2021). Karantina süresince baş gösteren bu gibi mental bozuklukların insanlarda beslenme alışkanlıklarını etkileyebileceği gibi, karantina süresince beslenme alışkanlıklarının değişmesi de, bu gibi mental bozukluklara sebep olabilmektedir. Dolayısıyla bu gibi salgınların

insanların beslenme alışkanlıkları üzerinde direkt olarak etkisi var demek yanlış bir ifade olmayacaktır.

Bu gibi salgınların insanlar üzerinde kişisel etkilerinin yanında küresel ölçekli birçok etkisi de olmaktadır. Özellikle ticari faaliyetlerin bazı kısıtlamalar sonucu askıya alınması ve seyreltilmesi, zincirleme şekilde sektörleri etkileyebilmektedir.

Bu bölümde de iki yıldan fazla bir süredir dünyayı etkisi altına alan Covid-19 salgınının su ürünleri faaliyetleri üzerindeki etkileri üzerinde durulacaktır. Otoriteler tarafından paylaşılan raporlar ve yapılmış çeşitli çalışmaların sonuçları dikkate alınarak Covid-19 salgınının su ürünleri üretimi, su ürünleri tüketimi ve su ürünleri sektörü üzerindeki etkileri anlatılacaktır.

BALIĞIN SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMİ

İnsan sağlığını etkileyen en önemli faktörlerden biri hiç şüphe yok ki insanın beslenme alışkanlıklarıdır. Günümüzde insanlar, değişen yaşam koşulları sebebiyle pratik yemek yeme arayışları sonucu sağlıksız beslenmekte olup, bu şekilde yeme alışkanlıklarının kazanımı sonucu obezite başta olmak üzere diyabet, hipertansiyon, kalp krizi riski, çeşitli enfeksiyon hastalıkları, damar sertliği ve karaciğer rahatsızlıkları gibi birçok hastalıkla mücadele etmektedir. Bu gibi hastalıkların özellikle çocuklar üzerinde kalıcı hasarlar bıraktığı bilinmektedir. Aile ortamında veya okul ortamında süregelen hatalı diyet bileşimleri, çocukların fiziksel veya zihinsel gelişimini etkileyebileceği gibi, çocukta uzun süreli hastalıkların ortaya çıkmasına sebep olabilir (Bülbül, 2004).

Çağın hastalığı olarak isimlendirilen obezite gibi hastalıklarla mücadele kapsamında insanlar sağlıklı beslenme arayışına girmişlerdir. Sağlıklı beslenme söz konusu olunca ilk olarak karbonhidrattan yoksun, bol proteinli ve doymamış yağ asitlerince zengin besinlerin önemi ön plana çıkmaktadır. Yapılan birçok araştırmada doymamış yağ asitlerinin önemi vurgulanmış, insan vücudunda sentezlenemediği için mutlaka dışarıdan alınması gerektiği belirtilmiştir (Calabrese, 1999; Stoll ve ark., 1999). Doymamış yağ asitleri deyince de akla besin maddesi olarak ilk balık gelmektedir.

Çeşitli su ürünleri ve balık, dünyanın birçok bölgesinde besleyici bir diyet olması açısından oldukça önemli besin maddeleridir. Yeryüzündeki en sağlıklı besin maddelerinden biri olmasının yanında, aynı zamanda doğal çevre üzerinde en az etkiye sahip besin maddelerinden biri olarak kabul edilmektedir. Bu nedenlerle ulusal, bölgesel ve küresel gıda güvenliği ve beslenme stratejileri açısından oldukça önemli olup, gıda sistemlerinin dönüştürülmesinde, açlığın ve yetersiz beslenmenin ortadan kaldırılmasında büyük rol oynarlar (FAO, 2021).

Özellikle yağlı balıklarda bulunan doymamış yağ asitlerinin yanında protein, iyodin, selenyum, taurin, demir, kalsiyum, çinko ve D vitamini gibi minerallerin insan sağlığı açısından oldukça önemli olduğu bilinmektedir (Harrisoni ve ark., 1965; Shomrony, 1978; Birgisdottir ve ark., 2012; Tørris, Småstuen ve Molin, 2018; Van Hecke ve ark., 2019; da Silva ve ark., 2019). Balıkta bulunan doymamış yağ asitlerinin alınımında özellikle kalp damar hastalıklarında faydalı olduğu, kan basıncını düşürdüğü, kan yoğunluğunu düşürdüğü, kalp ritim bozukluğunun gelişimini yavaşlattığı, kolesterolü düşürdüğü bilinmektedir (Kaya, Duyar ve Erdem, 2004; Van Hecke ve ark., 2019). Bununla beraber bu yağ asitlerini içeren kapsüllerin diyetle birlikte verilmesi sonucu damar tıkanıklığı riskinin azaldığı da ortaya konmuştur (Deutch, Jorgensen ve Hansen, 2000; Breslow, 2006)

Diyette Omega-3 alımının bu faydalarının yanında potansiyel bazı yan etkileri de mevcuttur. Özellikle dışardan kapsül halinde omega 3 alınımı sonucu bazı mide rahatsızlıkları, klinik kanama, ağızda kalıcı olan balık tadı, glisemide kötüleşme, LDL-C'de artış gibi olası bazı yan etkileri de görülebilmektedir (Kris-Etherton, Harris ve Appel, 2002).

SU ÜRÜNLERİ TÜKETİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

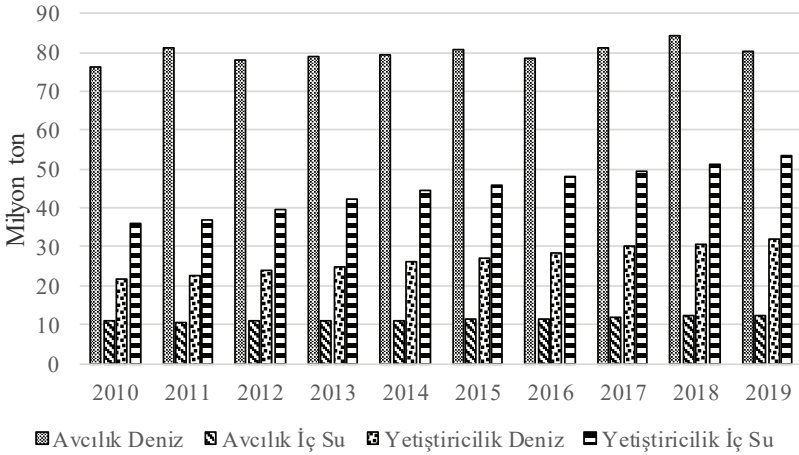
Balık tüketimini olumlu veya olumsuz yönde etkileyen oldukça fazla faktör vardır. Kişisel birçok faktörün sayılabileceği gibi, sosyal ve ekonomik faktörler de su ürünlerini tüketimini olumlu veya olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Dünya genelinde yapılan bazı araştırmalarda tüketicinin yaşı, ürün fiyatı, balığın sağlıklı bir besin olduğunun düşünülmesi, balığın diyet besini olarak görülmesi, kırmızı etin faydası konusundaki endişeler, balık tüketiminin alışkanlık haline gelmiş olması, din, tat merakı, reklamların etkisi gibi bazı faktörlerin balık tüketimini etkilediği belirtilmiştir (Verbeke, 2008; Pieniak ve ark., 2011; Supartini, Oishi ve Yagi, 2018). Ülkemizde yapılan bazı araştırmalarda balık tüketimini etkileyen faktörler arasında eğitim düzeyi, hane halkı geliri, medeni durum, su ürünlerine perakende olarak erişim, coğrafi durum, ürün çeşitliliği, ürünün tazelik durumu sayılabilir. Yavuz ve ark. 'ın (2014) Ankara'da yaptığı bir araştırmada eğitim düzeyi ve gelir düzeyinin su ürünleri tüketiminde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Tolon ve Elbek' in 2016' da İzmir, Adana ve Ankara'da yürüttükleri bir araştırmada ise ürünlerin yüksek fiyatlı olması, pazarda ürüne erişimin kolay olmaması, ürün çeşitliliğinin halk tarafından bilinmemesi ve balık lezzetinin beğenilmemesi, su ürünleri tüketimini olumsuz yönde etkileyen ana faktörler olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı araştırmada su ürünleri tüketimini olumlu yönde etkileyen faktörler arasında balığın sağlıklı ve lezzetli bir besin olmasının tercihte önemli rolü olduğu vurgulanmıştır. Çankırı İlinde Genç ve ark.'ın 2019 yılında yaptıkları bir araştırmada gelir, eğitim durumu, medeni durum ve ürüne erişme imkânı gibi faktörlerin balık tüketiminde etkili olduğu ortaya konmuştur.

Kılıç ve ark.'ın 2019 da yaptıkları bir araştırmada ise balık tüketme nedenleri arasında damak tadı, sağlıklı olması, aile kültürü ve besleyici olması gibi faktörler öne çıkarken, tercih edilmeme sebepleri arasında ise kokusu, tüketicilerin alışkanlığının olmaması, tadı gibi faktörler tespit edilmiştir. Arslan G.'nin 2019 yılında üniversite öğrencileri arasında yaptığı bir araştırmada ise balık tüketimini aylık gelirle paralel olarak arttığını ya da azaldığını tespit etmiştir.

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE SU ÜRÜNLERİ ÜRETİMİ

Bilindiği üzere su ürünleri üretimi, avcılık ve yetiştiricilik faaliyetlerinin gerçekleşmesiyle ortaya çıkar. Artan nüfus ve besin kaynaklarının azalma eğiliminde olması, su ürünleri sektörünün gelişimini hızlandırmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nın 2021 yılında yayınladığı yıllık bültene göre dünya üzerinde su ürünleri üretimi totalde artış eğiliminde olmasına rağmen 2019 yılındaki toplam yetiştiricilik faaliyeti, 2018 yılına göre 690bin ton daha düşmüştür. 2010 – 2019 yılları arasındaki trende bakıldığında iç su ve deniz yetiştiriciliği faaliyetlerinin sürekli bir artış eğiliminde olduğu, iç su ve deniz avcılık faaliyetlerinde rakamların çok yüksek olmasına rağmen, artış eğiliminde süreklilik görülmemektedir. Bir başka deyişle toplam yetiştiricilik faaliyeti sonucu su ürünleri üretiminin sürekli arttığı, avcılık faaliyeti ile su ürünleri üretiminin 87 – 96 milyon ton arasında seyrettiği görülmektedir (Grafik 1 - FAO, 2020)

Grafik 1. Dünyada Su Ürünleri Üretimi (FAO, 2020)

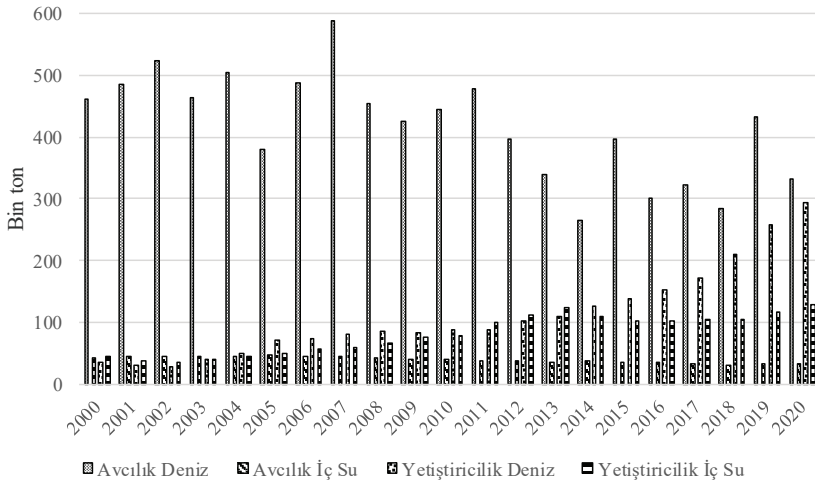


Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü (BSGM) verilerine göre ülkemizde 2000 yılından buyana su ürünleri üretim miktarlarına bakıldığında yetiştiricilik faaliyeti ile su ürünleri üretiminde hem deniz, hem de iç su üretiminde 2020 yılına kadar sürekli bir artış eğilimi görülmektedir. Avcılık faaliyeti sonucu üretim miktarlarına bakıldığında ise iç su avcılık

faaliyeti sonucu üretim miktarı düşüş eğilimindedir. Deniz avcılığı faaliyeti sonucu üretim miktarında ise artış/azalış eğiliminde bir kararlılık görülmemektedir. Toplam avcılık miktarına bakıldığında 2007 yılında toplam avcılık faaliyeti sonucu su ürünleri üretimi 630bin tondan fazla iken, 2020 yılına gelindiğinde avcılık faaliyeti sonucu su ürünleri üretimi 360bin tonlara gerilemiştir (Grafik 2, BSGM, 2021).

Hem dünyada hem de ülkemizde su ürünleri üretim miktarları değerlendirildiğinde, toplam avcılık faaliyetleri sonucu üretim miktarlarında bir artış eğilimi gözlenmezken, yetiştiricilik faaliyeti sonucu su ürünleri üretim miktarları sürekli bir artış eğilimindedir. Avcılık faaliyeti sonucu üretim miktarında azalma görülmesinin sebebi olarak yanlış av araçları kullanarak bilinçsiz avlanmanın yanında çevresel kirlilik ve küresel ısınma sonucu balık popülasyonundaki değişim gibi birçok faktör söz konusu olabilir (Arslan ve Yildiz, 2021; Gün ve Kızak, 2019).

Grafik 2. Türkiye’de Su Ürünleri Üretimi (BSGM, 2021)

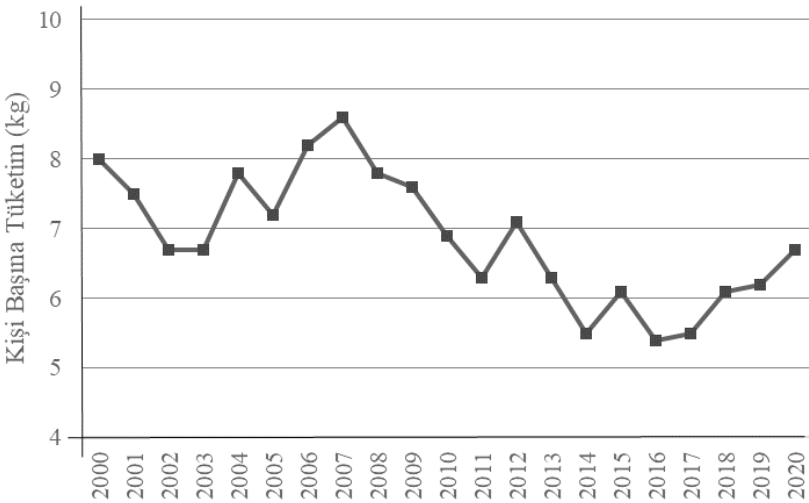


DÜNYADA ve TÜRKİYE’DE SU ÜRÜNLERİ TÜKETİMİ

Bilindiği üzere su ürünleri tüketimi, su ürünleri üretim miktarı ve insanların talebi yönünde azalmakta veya artabilmektedir. Su ürünleri üretimi avcılık ve yetiştiricilik yollarıyla gerçekleştirilmekte olup, dünya genelinde su ürünleri tüketimi coğrafi, ekonomik ve kültürel faktörlere göre çeşitlilik gösterebilmektedir. 2019 yılı itibariyle dünya genelinde kişi başına düşen su ürünleri tüketimi 20,5 kg/yıl dır (FAO, 2020c). Kuzey Amerika’da kişi başına düşen yıllık balık tüketimi 23,7 kg/yıl iken, Güney Amerika’da kişi başına düşen yıllık balık tüketimi 10,7 kg/yıl dır. Avrupa’da kişi başına düşen yıllık balık tüketimi 21,6 kg/yıl iken, Asya’da 25,1 kg/yıl, Afrika’da ise 9,8 kg/yıl, Avustralya’da ise 27,5 kg/yıldır.

Ülkemizde ise 2000 – 2020 yılları arasında kişi başına düşen balık tüketim miktarı 5,4 – 8,6 kg/yıl arasında değişim göstermiştir. 2000 – 2020 yılları arasında tespit edilen en yüksek balık tüketim miktarı 8,6 kg/yıl ile 2007 yılı olmuş, tespit edilen en düşük balık tüketim miktarı ise 2016 yılında 5,4 kg/yıldır. Ülkemizde kişi başına düşen su ürünleri tüketim miktarı 2016 yılından bu yana artış eğilimi içinde olduğu Grafik 1’de görülmektedir. 2020 yılı itibariyle ülkemizde kişi başına balık tüketimi 6,7 kg/yıl (BSGM, 2021). Ancak bu değer dünya ortalamasının ve yukarıda belirtilen diğer ülkelerdeki su ürünleri tüketiminin oldukça altındadır.

Grafik1. Türkiye’de Yıllara Göre Kişi Başına Su Ürünleri Tüketimi (BSGM, 2021)



COVID-19 SALGINININ SU ÜRÜNLERİ ÜRETİMİNE ETKİLERİ

FAO’nun Nisan 2020 raporuna göre su ürünleri tedarik zincirinin Covid-19 salgını tarafından kaynaklanacak etkilere karşı oldukça hassas olduğu vurgulanmış, talep ve fiyatlardaki düşüş nedeniyle balıkçılık faaliyetlerinin azaldığı belirtilmiştir. Sektördeki hammadde (buz, teçhizat, yem) tedarikçilerinin salgın nedeniyle kapalı olmasının balıkçılık faaliyetlerini kısıtladığı gibi, göçmen işçilerin yine salgın sebebiyle ülke sınırlarından geçememesinin işgücü kaybına yol açtığı bildirilmiştir (FAO, 2020a). FAO’nun açtığı soru cevap oturumunda Covid-19 salgınının su ürünleri sektörü üzerindeki etkileri üzerinde durulmuş, talepteki düşüşlerin avcılık faaliyetlerini de olumsuz etkilediğini, ancak bu durumun yabani balık stokunu olumlu yönde etkileyebileceğinden söz edilmiştir (FAO, 2020b). Bununla beraber salgın süresince uygulanan kısıtlamalar sonucu deniz ürünleri pazarlarının ve balıkçı barınaklarının kapatılmasıyla balıkçılık

faaliyetlerinde gerileme yaşanmıştır. Erken verilere istinaden su ürünleri sektöründe dünyanın önde gelen ülkesi olan Çin’de %40 oranında, diğer dünya ülkelerinde ise %10 oranında balıkçılık faaliyetlerinde azalma olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde İtalya, İspanya ve İtalya gibi Avrupa ülkelerinde de 2020 yılının Mart ve Nisan aylarında haftalık balıkçılık faaliyetlerinde bir önceki yılın aynı aylarına göre %50 oranında düşüş gözlemlenmiştir (Clavelle, 2020).

FAO’ya bağlı Akdeniz Genel Balıkçılık Komisyonu’nun (GFCM) salgın sonrası ilk raporlarına göre Akdeniz ve Karadeniz’de su ürünleri yetiştiriciliğinde genel üretimin azaldığı, bunun da ihracat pazarının sektöre uğraması ve restoranların kapanması gibi sebepleri olabileceği belirtilmiştir. Kıbrıs, Yunanistan, Tunus gibi ülkelerde su ürünleri satışlarında %30-%50 arasında düşüş olduğu, Cezayir, Mısır, Lübnan ve Karadağ gibi ülkelerde ise üretim seviyelerindeki istikrar sebebiyle satışların değişmediği vurgulanmıştır. Bununla beraber Akdeniz ve Karadeniz’de faal avcılık gemi sayısında %80 e varan azalmaların olduğu, Tunus’ta su ürünleri çiftliklerinin salgın süresince faaliyetlerine devam ettiği, İtalya’da ise su ürünleri çiftlikleri faaliyetlerinde yer yer %50 oranında düşüş olduğu raporlanmıştır. Ayrıca salgının ilk dönemlerinde Ülkemizdeki üretimin önceki yıllarla aynı oranlarda devam ettiği, özel kampanya ve düşük fiyatlarla sektörde teşvikin olduğu da dikkate değer bir istisna olarak GFCM raporlarına yansımıştır (GFCM, 2020).

Öte yandan yapılan bazı araştırmalarda Covid-19 salgınının su ürünleri üretimi üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur. Örneğin Bangladeş’te yapılan bir araştırmada salgın sonrası artan maliyetlerin yetiştiricilik faaliyetleri üzerinde olumsuz etkileri olduğundan bahsedilmiş, kısıtlamalar sebebiyle işçi azalması sonucu iş gücünün azaldığı ve dolayısıyla üretimin de düştüğü belirtilmiştir (Islam, Khan ve Barman, 2021). 2021 yılında Malezya’da yapılan bir araştırmada ise tüketicilerin %90’ ı Covid-19 salgınının su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetleri üzerinde, özellikle nakliye ve pazar talebi konularında olumsuz etkileri olduğunu belirtmişlerdir (Azra ve ark., 2021). Yapılan bazı araştırmalarda salgın süresince uygulanan sosyal mesafe kuralının küçük ölçekli balıkçılık faaliyetleri üzerinde olumsuz etkileri olduğundan da bahsedilmiştir (Jamwal ve Phulia, 2021; Minahal ve ark., 2020).

COVID-19 SALGINININ SU ÜRÜNLERİ TÜKETİMİNE ETKİLERİ

Covid-19 virüsünün dünya üzerinde yayılım göstermesinden ve DSÖ tarafından salgının resmen ilan edilmesinden sonra birçok devlet virüsü kontrol altına almak amacıyla çeşitli kısıtlamalar getirmiştir. Birçok insanın kısıtlamalar sebebiyle evlerinden günlerce dışarı çıkmaması, psiko-

jik olarak insanlar üzerinde olumsuz etkiler bıraktığından ve bunun sonucu insanlar üzerinde çeşitli sağlık problemlerinin gözlemlendiğinden bahsetmiştik. Buna ek olarak salgın süresince uygulanan kısıtlamalarda birçok ülkede su ürünlerinin tüketildiği restoranlar, oteller ve çeşitli turistik tesislerde yaşanan kapanmalar ve sosyal mesafe kuralı gereği müşteri sayısında azalma sonucu sektörün zedelenmesinin yanında, su ürünleri tüketimin de azalma olması beklenen bir durumdur.

FAO, salgının DSÖ tarafından ilan edilmesinden sonra su ürünleri tüketimi konusunda dönem dönem çeşitli bültenler ve raporlar yayınlarak kamuoyunu bu konuda sürekli aydınlatmaktadır. Salgının bütün dünyada su ürünleri tüketiminde olumlu veya olumsuz yönde etkilediği vurgulanmış, özellikle dondurulmuş ve konserve su ürünleri tüketiminde talebin arttığını belirtmiştir (FAO, 2020c). Örneğin dünyada en yüksek kişi başı balık tüketimlerinden birine sahip olan Malezya’da (56,5 kg/yıl), Covid-19 salgını süresince dondurulmuş balık filetosu tüketiminin arttığı FAO raporlarında belirtilmiş, Malezya’da bu ürünün ithalatında 2020 yılında %7’lik bir artış olması bu bilgiyi desteklemektedir (FAO, 2021). Yine salgın süresince karantina ve hizmet sektöründe restoranların, otellerin kapanması gibi bazı önlemlerin alınması sebebiyle balık tüketiminin azaldığı FAO raporlarına yansımıştır.

Öte yandan yapılan bazı araştırmalarda da Covid-19 salgınının su ürünleri tüketimi etkisi üzerinde durulmuştur. Örneğin İtalya’da 2021 yılında yapılan bir araştırmada tüketicilere balık ve kabuklu deniz ürünleri tüketiminin değişimi konusunda sorulan soruda %14 oranında bu tüketimin arttığı, %23,8 oranında azaldığı, %62,2 oranında da tüketimin değişmediği cevapları alınmıştır (Grant ve ark., 2021). İtalya’da 2020 yılında yapılan bir başka araştırmada ise, salgının başlamasıyla birlikte hazır gıda tüketiminin arttığı, taze balık tüketiminin ise azaldığı belirtilmiştir (Di Renzo ve ark., 2020). Su ürünleri tüketimi konusunda Bangladeş’te 2021 yılında yapılan araştırmalarda Covid-19 salgını sırasında su ürünleri tüketiminin azalması; fiyatların artması, karantina süresince balık pazarlarına gidilememesi, kurutulmuş balıkların tercih edilmesi gibi sebeplere bağlanmıştır (Kashem ve ark., 2021; Mandal ve ark., 2021). 2021 yılında İngiltere, İspanya, İtalya, Polonya ve Portekiz ülkelerinde ortak yürütülmüş bir çalışmada tüketicilerin salgın boyunca su ürünleri tüketiminde belirgin bir azalma olduğu tespit edilmiş, bu durum balığın raf ömrünün kısa olmasına ve hazırlamak için zamana ihtiyaç duyulmasına bağlanmıştır (Górska ve ark., 2021). 2021 yılında Endonezya’da yapılan bir araştırmada ise tüketicilerin salgın öncesi haftada en az 2 defa olan su ürünleri tüketimi, salgın sonrası haftada bir defa tüketilmeye başlanmıştır. Ancak salgınla birlikte tüketicilerin satın alma şeklinin salgın öncesinde olduğu gibi geleneksel pazarlardan yapıldığı da vurgulanmıştır (Putri ve ark., 2021).

COVID-19 SALGINININ SU ÜRÜNLERİ İTHALAT VE İHRACAT FAALİYETLERİNE ETKİLERİ

FAO raporlarına göre Covid-19 salgınının su ürünleri sektöründeki ithalat, ihracat, avcılık ve yetiştiricilik faaliyetlerine çeşitli etkileri olduğu belirtilmektedir. Dünya üzerinde su ürünleri sektöründe söz sahibi olan ve Covid-19 salgınının sıfır noktası olan Çin’de Covid-19 salgınının, balıkçılık ve su ürünleri ihracatı üzerinde önemli bir etkisi olduğu bildirilmiştir. Dünya geneline Çin’in su ürünleri ihracatı 2019 yılında 20.082 milyon dolar iken 2020 yılı sonunda bu rakam 18.487 milyon dolara düştüğü bildirilmiştir (Grafik 2). Öte yandan Çin’ in konserve balık ürünleri ihracatında 2020 yılında bir patlama yaşandığı, 2019 yılında 3,8 milyar dolar olan konserve balık ürünleri ihracat rakamının 2020 yılında 4,2 milyar dolara yükseldiği belirtilmiştir. Bu durum FAO raporlarında, uzun süreli karantina sürecinde konserve ürünlerine ihtiyaç duyulmasına bağlanmıştır. Bununla beraber Covid-19 salgınının Çin’de su ürünleri ithalatını olumsuz yönde etkilediği, 2020 yılındaki toplam su ürünleri ithalat rakamının 2019 yılına göre %17 oranında azalarak 15,1 milyar dolara gerilediği bildirilmiştir. Öte yandan Covid-19 salgını süresince Çin’de balık unu ithalatının sabit kaldığı, balık yağı ithalatının ise %10 oranında arttığı belirtilmiştir. Çin’in su ürünleri ithalatında %1 gibi küçük bir oranla temsil edilen konserve balık tüketimi oranı ise Covid-19 salgını süresince ithalatında %15 oranında bir artış gösterdiği bildirilmiştir (FAO, 2021).

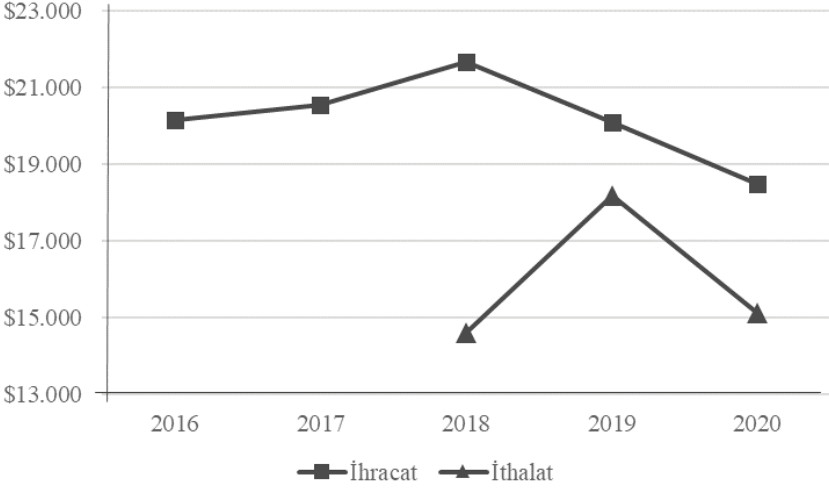
Yine FAO raporlarına göre Almanya’nın daha hafif önlemler alması nedeniyle Covid-19 salgını sürecinde su ürünleri sektöründe diğer Avrupa ülkelerine nazaran daha az etkilendiği bildirilmiştir. Yenilenebilir su ürünlerinin toplam ithalatı Covid-19 salgını öncesiyle aynı değerlerde seyrettiği (Grafik 3), ancak konserve balık ithalatının 2020 de %33 arttığı bildirilmiştir. Öte yandan 2020 yılında Almanya’nın Çin’den yaptığı su ürünleri ithalatın düştüğü, bu durumun Covid-19 salgını sürecinde lojistik faaliyetlerde yaşanan problemlerden dolayı ve Çin’deki üretimin azalmasında kaynaklandığı FAO raporlarında belirtilmiştir (FAO, 2021).

Amerika Birleşik Devletleri’nde en fazla tüketilen su ürünlerinden biri olan karides, Covid-19 salgını süresince de tüketilmeye devam etmekle kalmamış, FAO raporlarına göre karidesin ithalatında 2020 yılında bir önceki yıla göre %7,4 oranında bir artış gözlemlenmiştir.

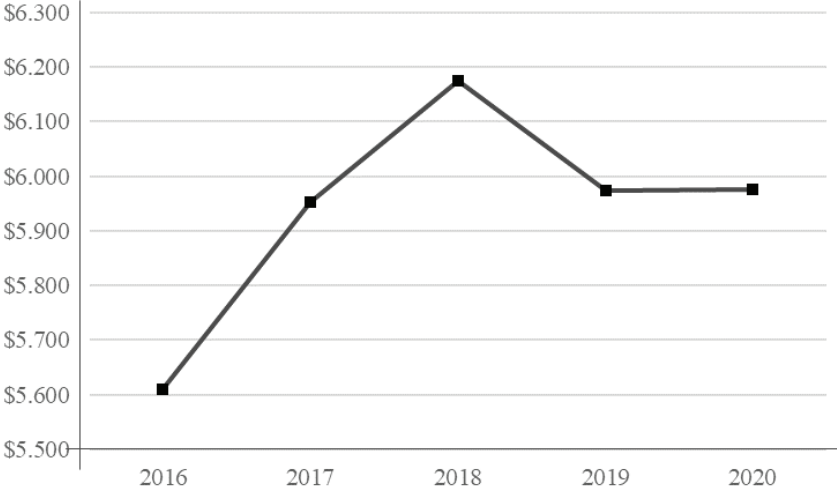
Dünyada Covid-19 salgını nedeniyle tedarik zincirinin kırılması, lojistik faaliyetlerin aksaması gibi faktörler, üreticileri çeşitli alternatiflere yönelmesine sebep olmuştur. FAO raporlarına göre özellikle Güney Doğu Asya’daki üreticiler salgın sebebiyle tedarik zincirleri kırıldıktan sonra çeşitli çevrimiçi teslimat uygulamalar üzerinden ürünlerini göndermeye başlamış, teknoloji odaklı perakendecilik çözümleri ile su ürünleri sektöründe yeni bir pencere açmıştır (FAO, 2021).

Covid-19 salgını boyunca çeşitli kısıtlamalar sonucu ülkelerde su ürünleri fiyatları da değişmiş, bu durumun sektöre olumsuz yansımaları söz konusu olmuştur. Bangladeş'te yapılan bir araştırmada salgın başladıktan sonra nakliyenin azalmasının su ürünleri fiyatlarının artmasına sebep olduğu belirtilmiştir (Kashem ve ark., 2021).

Grafik 2. Çin'in Su Ürünleri İhracat ve İthalat Rakamları (Milyon Dolar) (FAO, 2021)



Grafik 3. Almanya Su Ürünleri İthalatı (Milyon Dolar) (FAO, 2021)



SONUÇ VE ÖNERİLER

2020 yılının ocak ayında DSÖ tarafından Covid-19 salgınının resmen ilan edilmesinden sonra ülkemizde dâhil olmak üzere birçok ülkede çeşitli önlemler alınmıştır. Uzun süreli sokağa çıkma yasağının olması, işlet-

melerde ve resmi kurumlarda çalışan sayısının azaltılması, restoran, kafe, otel gibi hizmet sektöründe uzun süreli kapanmaların olması, bu sektörde sosyal mesafe kuralı gereği müşteri sayısının azalması, eğitimde çevrimiçi sisteme geçilmiş olması uygulanan bazı kısıtlamalar arasında sayılabilir. Bu gibi kısıtlamalar sonucu insanların bütün normalleri değişmiş, yaşam olumsuz hale gelmiştir. Her sektörde ticaret dur noktasına gelmemiş olsa da, sektöre uğradığı bir gerçektir. Yaşanan bu gelişmeler bölgesel ve küresel anlamda değerlendirildiğinde, insanlar üzerinde sosyal, ekonomik ve psikolojik etkiler bırakmıştır. Gıda tüketimi noktasında insanların alışkanlıkları değişmiş, hazır gıda tüketim eğilimi artmıştır. Covid-19 salgını süresince su ürünleri tüketimine bakıldığında ise, yapılan çalışmalarda her ne kadar sektörün zarar gördüğü vurgulansa da su ürünleri tüketiminin genel olarak arttığı belirtilmiştir. Balığın sağlıklı bir besin olmasının düşünülmesi, bu durumun sebeplerinden biri olabilir. Ayrıca yapılan çalışmalarda konserve ve donmuş su ürünlerinin tüketiminin arttığı da vurgulanmıştır. Taze balığın raf ömrünün kısa olması, Covid-19 süresince bu gibi hazır gıdaların tüketiminin artmasının bir sebebi olabilir. Ülkeler arası su ürünleri pazarına bakıldığında, bazı ülkelerde gelişme görülürken, özellikle Çin olmak üzere bazı ülkelerde daralma görülmüştür. Su ürünleri üretim miktarında genel anlamda azalma olmamakla beraber, tedarik zincirinin sektöre uğradığı yapılan çalışmalarda vurgulanmıştır. Yetiştiricilik faaliyetlerinden ziyade salgın sürecinde uygulanan kısıtlamalar sonucu avcılık faaliyetlerinde gözle görülür bir azalmanın olduğu, otorite raporlarında ve yapılan çalışmalarda belirtilmiştir.

Covid-19 salgınının başlamasından buyana 2 yıldan fazla bir süre geçmiştir. Salgının başlamasından buyana salgının beslenme alışkanlıkları, su ürünleri tüketimi ve su ürünleri sektörü üzerine olan etkileri konusunda değerlendirmeye açık yapılmış çalışmalar ve otoriteler tarafından hazırlanan birçok rapor mevcuttur. Ancak salgın tam anlamıyla bitmeden su ürünleri sektörüne ve bu ürünlerin tüketimi üzerine olan etkileriyle ilgili kesin bir kanıya varılması mümkün değildir. Dolayısıyla süreç bittikten sonra araştırmaların hızlanarak yapılması ve verilerin sürekli güncellenip otoriteler tarafından değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu anlamda devletlerin uluslararası otoritelerin öngörülleri ve önerileri doğrultusunda bu gibi durumlarla tekrar karşılaşılma ihtimalini her zaman değerlendirmesi oldukça önemlidir. Dolayısıyla Devletlerin Covid-19 salgını süresince karşılaştığı bütün güçlüklerden ders çıkarıp risk analizini tekrar yaparak sektörü etkilemeyecek çeşitli eylem planlarının hazırlaması gerekmektedir.

Öte yandan uluslararası otoriteler tarafından ülkemizde su ürünleri sektörünün Covid-19 salgınından olumsuz etkilenmediği vurgulanmış, tüketimin arttığı belirtilmiştir. Ancak üç tarafı denizlerle çevrili olan ve iç sularda yetiştiricilik potansiyeli oldukça yüksek olan ülkemizde su ürünleri-

nin kişi başına yıllık tüketim miktarı dünya ortalamasının oldukça altındadır. Uzmanlar özellikle bağışıklık sistemi güçlü olan bireylerde Covid-19 virüsünün daha az etki gösterdiğini belirtmektedirler. Bağışıklık sistemi de tamamen kişinin beslenme alışkanlıklarıyla ilgili bir durumdur. Dengeli ve sağlıklı beslenen bireylerin bağışıklık sistemleri daha güçlü olup, bu bireylerin metabolizmaları Covid-19 ve benzer virüslere karşı daha dirençli olmaktadır. Bu anlamda balık tüketimi, bireylerin bu gibi virüslere daha dirençli olmasını sağlayacaktır. Toplumun bu minvalde bilinçlendirilmesi, çeşitli reklam faaliyetleriyle su ürünlerinin tanıtımının yapılması ve tüketiminin öneminin vurgulanması gerekmektedir. Bununla beraber yetiştiricilik faaliyetlerinde sunulan teşviklerin devam etmesi, ithalat ve ihracat kalemlerinde devletlerin gümrük faaliyetlerinde sektöre destek vermesi, su ürünleri sektörünün geleceği açısından oldukça önemlidir.

Su ürünleri yetiştiricilik faaliyetlerinin insan gücüne dayalı olduğu bilinmektedir. Yukarıda da bahsedildiği üzere bazı ülkelerde Covid-19 salgını süresince uygulanan kısıtlamalar sonucu ve sosyal mesafe kuralı gereği insan gücünün azalmasıyla su ürünleri yetiştiricilik tesislerinde çeşitli aksamalar gözlemlenmiştir. Bu gibi durumların önüne geçilebilmesi için su ürünleri sektöründe otomasyon sistemlerine geçerek insan gücünün mümkün mertebe minimize edilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla su ürünleri sektörünü gelişen teknolojiye paralel olarak otomasyon sistemlerine geçip daha az insanla faaliyetlerini sürdürmesi öneri olarak sunulabilir. Bu anlamda devletlerin buna ön ayak olarak sektörü bu tarz sistemlere teşvik etmesi de oldukça önemli olacaktır.

Hem ülkemizde hem de dünya genelinde avcılık faaliyetleri sonucu su ürünleri üretiminde gözle görülür bir azalma mevcuttur. Avcılık faaliyetlerinde teşviklerin artarak devam etmesi önemli olup, bunun yanında avcılık yapan sektör bireylerinin iklim değişikliği konusunda da bilgilendirilmesi elzemdir. Balık popülasyon dengesinin korunması gerektiği göz önüne alındığında bu durum sektörün geleceği açısından oldukça önemlidir.

KAYNAKÇA

- Arslan, G. 2019. Determination of Fish Consuming Habits of Vocational School Students from Different Families. *Marine Science and Technology Bulletin*. 8(2):40–45. doi: 10.33714/masteb.622072.
- Arslan, G., ve Yildiz, P. O. 2021. Türkiye Su Ürünleri Sektörüne Genel Bakış. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*. 7(1):46–57.
- Azra, M. N., Kasan, N. A., Othman, R., Noor, G. A. G. R., Mazelan, S., Jamari, Z. B., Sara, G., Ikhwanuddin, M. 2021. Impact of COVID-19 on Aquaculture Sector in Malaysia: Findings From the First National Survey. *Aquaculture Reports*. 19:100568. doi: 10.1016/j.aqrep.2020.100568.
- Bai, Y., Lin, C. C., Lin, C. Y., Chen, J. Y., Chue, C. M., Chou, P. 2004. Survey of Stress Reactions Among Health Care Workers Involved with the SARS Outbreak. *Psychiatric Services*. 55(9):1055-1057. doi: 10.1176/appi.ps.55.9.1055.
- Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü. 2021. Su Ürünleri İstatistikleri.
- Birgisdottir, B. E., Brantsæter, A. L., Kvaalem, H. E., Knutsen, H. K., Haugen, M., Alexander, J., Hetland R.B., Aksnes, L., Meltzer, H. M. 2012. Fish Liver and Seagull Eggs, Vitamin D-rich Foods with a Shadow: Results from the Norwegian Fish and Game Study. *Molecular Nutrition & Food Research*. 56(3):388-398. doi: 10.1002/mnfr.201100395.
- Breslow, J. L. 2006. N-3 Fatty Acids and Cardiovascular Disease. *American Journal of Clinical Nutrition*. 83(6):1477–82.
- Bülbül, S. H. 2004. Çocuk Beslenmesinde Demirin Yeri ve Önemi. *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi* 13(12):446–50.
- Calabrese, J. R., Rapport, D. J., Shelton, M. D. 1999. Fish Oils and Bipolar Disorder: A Promising But Untested Treatment. *Archives of General Psychiatry*. 56(5):413-414.
- Clavelle, T. 2020. Global Fisheries During COVID-19. <https://globalfishingwatch.org/data/global-fisheries-during-covid-19>. Erişim tarihi: 07.03.2022.
- Deutch, B., Jørgensen, E. B., Hansen, J. C. 2000. n-3 PUFA From Fish-Or Seal Oil Reduce Atherogenic Risk Indicators in Danish Women. *Nutrition Research*. 20(8):1065-1077. doi: 10.1016/S0271-5317(00)00205-0.
- DSÖ. 2022. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard. <https://covid19.who.int/> Erişim Tarihi: 08.03.2022.
- FAO. 2020a. How is COVID-19 Affecting the Fisheries and Aquaculture Food Systems. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8637en>
- FAO. 2020b. Q&A: COVID-19 Pandemic - Impact on Fisheries and Aquaculture. <https://www.fao.org/2019-ncov/q-and-a/impact-on-fisheries-and-aquaculture/en/> Erişim tarihi: 07.03.2022.

- FAO. 2020c. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action. Rome.
- <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- FAO. 2021. GLOBEFISH - Information and Analysis on World Fish Trade. <https://www.fao.org/in-action/globefish/news-events/trade-and-market-news/march-2021/en/> Erişim Tarihi: 07.03.2022.
- Genç, Y., Albayrak M., Güldal, H. T. 2020. Analysis of Factors Affecting Consumption Preferences in Fish Consumption: Case of Çankırı Province. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37(1):93–101. doi: 10.12714/egejfas.37.1.11.
- GFCM. 2020. Fisheries and Aquaculture in the Mediterranean and Black Sea: A Preliminary Analysis of the Impact of the COVID-19 Crisis. <https://www.fao.org/in-action/globefish/news-events/details-news/en/c/1273256/> Erişim Tarihi: 07.03.2022.
- Górska, P., Górna, I., Miechowicz, I., Przysławski, J. 2021. Changes in Eating Behaviour During SARS-CoV-2 Pandemic Among the Inhabitants of Five European Countries. *Foods*. 10(7):1624. doi: 10.3390/foods10071624.
- Grant, F., Scalvedi, M. L., Scognamiglio, U., Turrini, A., Rossi, L. 2021. Eating Habits During the COVID-19 Lockdown in Italy: The Nutritional and Lifestyle Side Effects of the Pandemic. *Nutrients*. 13(7):2279. doi: 10.3390/nut13072279.
- Gün, A. ve Kızak, V. 2019. Dünyada ve Türkiye’de Su Ürünleri Üretiminde İstatistik Durum. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*. 5(2):25–36.
- Harrisoni T, M., McFarlane S. S., Harden, R.M., Wayne, E. 1965. Nature and Availability of Iodine in Fish. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 17(2):73-77.
- Van Hecke, T., Goethals, S., Vossen, E., De Smet, S. 2019. Long-Chain N-3 PUFA Content and N-6/N-3 PUFA Ratio in Mammal, Poultry, and Fish Muscles Largely Explain Differential Protein and Lipid Oxidation Profiles Following in Vitro Gastrointestinal Digestion. *Molecular Nutrition & Food Research*. 63(22):1900404. doi: 10.1002/mnfr.201900404.
- Islam, M. M., Khan, M. I., Barman, A. 2021. Impact of Novel Coronavirus Pandemic on Aquaculture and Fisheries in Developing Countries and Sustainable Recovery Plans: Case of Bangladesh. *Marine Policy*. 131:104611. doi: 10.1016/j.marpol.2021.104611.
- Jamwal, A. and Phulia, V. 2021. Multisectoral One Health Approach to Make Aquaculture and Fisheries Resilient to a Future Pandemic-like Situation. *Fish and Fisheries* 22(2):449–63. doi: 10.1111/faf.12531.

- Kashem, M., Tasnim, N., Rahman, M., Bapary, M. A. J., Akanda, M. 2021. Consumer's Attitudes Toward Fish Consumption During Pandemic Covid-19 in Bangladesh. *International Journal of Natural Sciences*. 11(1):15-22.
- Kaya, Y., Duyar, H. A., Erdem, M. E. 2004. Balık Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı İçin Önemi. *E.Ü Su Ürünleri Dergisi*. 21(3-4):365-70.
- Kılıç, E., Soylu, M., Uzmanoglu, M. S. 2019. Determination of Consumption Habits of Aquatic Products in Ardahan Province. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*. 7(7):1028-39.
- Kris-Etherton, P. M., Harris, W. S., Appel, L. J. 2003. Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease. *AHA Scientific Statement - Circulation*. 106(21):2747-57. doi: 10.1161/01.CIR.0000038493.65177.94.
- Mandal, S. C., Boidya, P., Haque, M. I. M., Hossain, A., Shams, Z., Mamun, A. A. 2021. The Impact of the COVID-19 Pandemic on Fish Consumption and Household Food Security in Dhaka City, Bangladesh. *Global Food Security*. 29:100526. doi: 10.1016/j.gfs.2021.100526.
- Manuell, M. E. Jeffrey Cukor, J. 2011. Mother Nature Versus Human Nature: Public Compliance with Evacuation and Quarantine. *Disasters*. 35(2):417-42. doi: 10.1111/j.1467-7717.2010.01219.x.
- Minahal, Q., Munir, S., Komal, W., Fatima, S., Liaqat, R., Shehzadi, I. 2020. Global Impact of COVID-19 on Aquaculture and Aisheries: a Review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 8(6):42-48.
- Pieniak, Z., Kołodziejczyk, M., Kowrygo, B., Verbeke, W. 2011. Consumption Patterns and Labelling of Fish and Fishery Products in Poland after the EU Accession. *Food Control*. 22(6):843-850. doi: 10.1016/j.foodcont.2010.09.022.
- Putri, D. R., Anna, Z., Rizal, A., Suryana, A. A. H. 2021. Fish Consumption Behavioral Changes during COVID-19 Pandemic in Bandung City (Case Study in Regol District). *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*. 13(1): 27-36. doi: 10.9734/ajfar/2021/v13i130257.
- Di Renzo, L., Gualtieri, P., Pivari, F., Soldati, L., Attinà, A., Cinelli, G., Leggeri, C., Caparello, G., Barrea, L., Scerbo, F., Esposito, E., and De Lorenzo, A. 2020. Eating Habits and Lifestyle Changes During COVID-19 Lockdown: an Italian Survey. *Journal of Translational Medicine*. 18(1):1-15. doi: 10.1186/s12967-020-02399-5.
- Richter, I., Gabe-Thomas, E., Maharja, C., Nguyen, T. H., Van Nguyen, Q., Prap-tiwi, R., Pahl, S. 2021. Virtual Capacity Building for International Research Collaborations in Times of COVID-19 and #Flygskam. *Frontiers in Communication*. 5:562828. doi: 10.3389/fcomm.2020.562828.
- Shomrony, A. 1978. Fish Farming in Ponds and Lakes to Provide an Important Protein Supplement to the Food Basket, and Connected Problems. *Annali Dell'Istituto Superiore Di Sanita*. 14(2):245-50.

- da Silva, D. L. F., da Costa, M. A. P., Silva, L. O. B., Dos Santos, W. N. L. 2019. Simultaneous Determination of Mercury and Selenium in Fish by CVG AFS. *Food Chemistry*. 273:24-30. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.05.020.
- Stoll, A. L., Severus, W. E., Freeman, M. P., Rueter, S., Zboyan, H. A., Diamond, E., Cress, K.K., Marangell, L. B. 1999. Omega 3 Fatty Acids in Bipolar Disorder: A Preliminary Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Archives of General Psychiatry*. 56(5):407-412. doi: 10.1001/archpsyc.56.5.407.
- Supartini, A., Oishi, T., Yagi, N. 2018. Changes in Fish Consumption Desire and its Factors: A Comparison between the United Kingdom and Singapore. *Foods*. 7(7). doi: 10.3390/foods7070097.
- Tolon, M. T., and Elbek, A. G. 2016. Determination of Factors Affecting Seafood Consumption Pattern and Consumption Frequency. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 33(3):271. doi: 10.12714/egejfas.2016.33.3.12.
- Tørris, C., Småstuen, M. C., Molin, M. 2018. Nutrients in Fish and Possible Associations with Cardiovascular Disease Risk Factors in Metabolic Syndrome. *Nutrients*. 10(7):1–17. doi: 10.3390/nu10070952.
- Trabelsi, K., Ammar, A., Masmoudi, L., Boukhris, O., Chtourou, H., Bouaziz, B., Brach, M. Batatia, H. et al. 2021. Globally Altered Sleep Patterns and Physical Activity Levels by Confinement in 5056 Individuals: ECLB COVID-19 International Online Survey. *Biology of Sport*. 38(4):495–506. doi: 10.5114/biolsport.2021.101605.
- Verbeke, W. 2008. Impact of Communication on Consumers' Food Choices. *Proceedings of the Nutrition Society*. 67(3):281–88. doi: 10.1017/S0029665108007179.
- Gül Yavuz, G., Yasan Ataseven, Z., Gül, U., Gülaç, Z. N. 2015. Su Ürünleri Tüketiminde Tüketici Tercihlerini Etkileyen Faktörler: Ankara İli Örneği. *Yunus Araştırma Bülteni*. (1):73–82.



BÖLÜM 14

BALIK UNU ÜRETİMİ

*Gökhan ARSLAN¹,
Pınar OĞUZHAN YILDIZ², Mehtap BAYIR³*

1 Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Erzurum, Türkiye, gokhan.arslan@atauni.edu.tr, 0000-0002-8634-8598

2 Atatürk Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Erzurum, Türkiye, pinaroguzhan@atauni.edu.tr, 0000-0002-9892-7925

3 Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Erzurum, Türkiye, mehtap.bayir@atauni.edu.tr, 0000-0002-7794-1058

GİRİŞ

Sağlıklı beslenmede su ürünleri önemli bir yere sahiptir. Su ürünleri içerdiği yüksek oranda protein, yağ ve vitaminlerin yanı sıra esansiyel olan Omega-3 ve Omega-6 yağ asitlerince de oldukça zengin bir besin maddesidir. Bu bakımdan diğer etlerle kıyaslandığında insan sağlığı açısından oldukça yararlıdır (Yeşilayer vd. 2013).

İnsanların sağlıklı beslenmesinde oldukça önemli olan su ürünlerinin tüketilme oranı her geçen gün artmaktadır. Bu artış da su ürünleri yetiştiriciliğinin katkısı da azımsanamayacak kadar fazladır. Su ürünleri yetiştiriciliği dünyada olduğu gibi Türkiye’de de hızla büyümektedir. Bu hızlı büyüme, kaliteli balık yemi üretimi ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliği için yem büyük öneme sahip olup (Bayraklı 2009; Orhun 2014), yem rasyonlarında en çok kullanılan maddelerin başında balık unu ve balık yağı yer almaktadır. Balık unu ve yağının fiyatlarının fazla oluşu, temininin zor oluşu, balık yemi maliyetini ve bunu paralel olarak da yemi fiyatlarını etkilemektedir. Balık yemi rasyonunda, türe ve büyüme dönemine göre değişmekle birlikte ortalama %40-50 arasında balık unu kullanılmaktadır (Tunca 2019).

Balık unu, yetiştiricilikte balığın en iyi besinlerinden birisidir. Balık unu için hammadde, balığın tümü ya da balık işleme atıklarıdır. Balık yemlerinde protein kaynağı olarak da balık unu kullanılmaktadır. Protein balık ununun en değerli ve en yoğun bileşeni olup, ortalama olarak % 65-72 oranları arasında protein içermektedir. (Yürüten 2012; Hongmane vd. 2022). Balık unu, protein kalitesi, sindirilebilirliği ve amino asit içeriği bakımından önemli hammaddelerden birisidir. Özellikle karnivor balık türlerinin yemleri için en uygun hammaddedir (Yürüten 2012). Balık ununun kokusu güzel ve lezzeti iyidir. Bu yüzden içine katıldığı yemin balık tarafından hızla alınmasına neden olur. Bu özellikleri nedeniyle balık unu büyüme parametrelerinin iyileşmesini sağlar. Ayrıca balık unu, balığın bağışıklık sistemini de güçlendirmektedir (Bilgüven ve Can 2018; Bayraklı 2019).

Balık unu, balık ya da balık atıklarındaki suyun çoğunun veya tamamının uzaklaştırılması ile hazırlanan katı bir üründür. Özellikle sardalya, ringa balığı ve hamsi gibi balıkların veya atıklarının pişirilmesi, preslenmesi, kurutulması ve ezilmesiyle toz haline getirilir. Balık unu ayrıca dokosaheksaenoik asit (DHA) ve n-3 çoklu doymamış yağ asidi içeriğini artırmak için domuz eti, kümes hayvanları, balık ve karides üretimi için formüle edilmiş yemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Tacon ve Metian 2008). Genel olarak, balık unlarının %65’i su ürünleri için kullanılmaktadır. Çin’de toplam balık ununun yaklaşık %55’i (yaklaşık 160 ton), başta balıklar ve kabuklular olmak üzere su ürünleri için kullanılmaktadır (Mai

2016). Dünyada başlıca balık unu üreten ülkeler arasında Peru, Şili, Japonya, Danimarka, Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Norveç bulunmaktadır (Chen, 2018; Wang vd. 2022).

Balık unu ekonomik değeri düşük olan balıklardan elde edilen hayvansal protein kaynağıdır. Balık unu, insan tüketiminde değerlendirilemeyen, ömrü kısa, hızlı gelişme gösteren balıklardan veya deniz ürünü işleme fabrikalarının yan ürünü olarak elde edilir. Balık unu, balık ya da balık atıklarındaki suyun çoğunun veya tamamının uzaklaştırılması ile hazırlanan katı bir üründür. Yüksek oranda protein içermesinin yanı sıra esansiyel aminoasitler, mineraller, fosfolipidler ve yağ asitlerini yönünden de oldukça zengindir. Yetiştiricilikte balığın en iyi besinlerinden birisi olması yanında çok düşük kalitede ki balık unları azot kaynağı olmaları nedeniyle gübre olarak toprağa karıştırılmaktadır. Balık unu genellikle toz halinde satılmakta olup, iyi kalitede un elde etmek için hammaddenin çok iyi bir şekilde muhafaza edilmesi oldukça önemlidir. Balık ununun muhafazası için kuş ve böceklerden korunmuş kuru ve serin ortamlar idealdir. Bu şekilde birkaç yıla kadar saklanması mümkün olmaktadır. Balık unu muhafaza altına alınan depolarda birkaç yıl besinsel değerini kaybetmez (Barlow ve Pike 1977). Balık unu üretiminin çeşitli şekilleri bulunmaktadır. En basit şekli güneşte kurutmadır. Hemen hemen tüm balık yemleri pişirme, presleme, kurutma ve öğütme yoluyla elde edilmektedir. Balık unu genellikle plastik ya da kağıt ambalajlarda paketlenmektedir (Emre vd. 2003; Varlık vd. 2004; Yeşilayer vd. 2013; Wang vd. 2020; Xie vd. 2021).

Protein kaynağı, su ürünleri yemlerinde en pahalı ve en önemli bileşendir. Balık unu, suda yaşayan hayvanlar için en önemli protein kaynağıdır. Su ürünleri yetiştiriciliği ve yem endüstrilerinin dünya çapında hızlı gelişimi ile balık unu talebi artmaktadır. Ancak, son 15 yılda aşırı avlanma, avlanma alanlarının bozulması, iklim ve çevresel faktörler nedeniyle vahşi balıkçılık stokunun azaldığı ve yıllık dünya balık unu arzının 4 ila 6 milyon ton arasında dalgalandığı bildirilmiştir (FAO 2020). Alternatif protein açısından zengin bitkilerin kullanılması, balık unu bağımlılığını azaltmaya, yem fiyatlarını düşürmeye, ekonomik faydaları artırmaya ve balık unu arzı üzerindeki baskıyı hafifletmeye yardımcı olacaktır. Su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği için de çok önemli olacağı bildirilmiştir (Yu vd. 2022).

Balık unu, yüksek protein kalitesi, amino asit içeriği, yağ asitleri profili, mineraller ve vitaminler açısından zengin olması ve iyi lezzet nedeniyle su ürünleri yemlerinde en önemli ve yaygın olarak kullanılan bir protein kaynağı olarak kullanılmaktadır (Bauer vd. 2012). Bununla birlikte, dünya çapında avcılığın azalmasıyla birlikte, su ürünleri yetiştiriciliği artık gıda balıklarının artan bir oranını, 2006 yılında toplamın %47'sini sağlamakta ve üretimin yılda yaklaşık %9 oranında artmasıyla en hızlı büyüyen gıda

sektörü içerisinde yerini almıştır (FAO 2009). Ayrıca, balık unu arzı genellikle sınırlıdır ve su ürünleri üretimine duyulan ihtiyaç her geçen yıl artmakta, sonuç olarak bu durum Türkiye’de balık unu fiyatlarında hızlı bir artışa yol açmıştır. Bu nedenle, küresel araştırmaların bir önceliği balık unu yerine alternatif protein kaynaklarına odaklanmıştır (Nguyen vd. 2019; Wang vd. 2020). Yem üreticileri de balık ununa olan açığı kapatmak için alternatif protein kaynakları arayışı içerisinde girmeye başlamışlardır (Tunca 2019).

Son yıllarda, su ürünleri yemlerinde balık ununun yerine bitki bazlı protein kaynakları, ortaya çıkmış, ancak amino asit eksiklikleri, beslenme faktörleri ve düşük lezzet, büyümenin azalmasına neden olduğu bildirilmiştir (Wu vd. 2022).

Balık unu temiz, bozulmamış, yağı ekstrakte edilmiş yada edilmemiş bütün balık yada balık artıklarının kurutulup öğütülmesiyle elde edildiği belirtilmiştir. Balık ununda su oranı % 10’dan fazla olmamalı ve tuz oranı % 7’yi aşmaması gerektiği belirtilmiştir. Sindirim kanalı kısa olan balıklar için sindirilebilirliğinin yüksek olduğu belirtilmiştir (Yeşilayer vd. 2013).

Ringa gibi balıklardan yapılan balık unu, yaklaşık olarak % 71 protein, % 9 yağ, % 8 nem ve %12 mineral madde içermektedir. Oysa beyaz etli balık ve balık artıklarından yapılan ve aynı sürede kurutulan un ise yaklaşık olarak % 66 protein, % 5 yağ, % 8 nem, ve % 21 mineral madde içermektedir. Hayvanların beslenmesi için, balık unundaki aminoasit dengesinin uygunluğu çok önemlidir. Aynı zamanda balık unu, et unundan daha fazla temel aminoasit de içermektedir. Yine balık unu çok değerli bir kalsiyum, fosfor, magnezyum, kobalt, selenyum ve flor iz elementleri kaynağıdır. Balık unu omega3 yağ asitlerini yüksek oranda içerdiğinden bununla beslenen hayvanların etlerindeki omega3 yağ asidi seviyesi de yükselmektedir (Varlık vd. 2004; Çetiner 2011).

Balık unu standart, özel ve süper özel olmak üzere balığın tazeliğine ve uygulanan işleme sıcaklıklarına göre sınıflandırılmaktadır. Balık unu kalitesi arttıkça fiyatları da her sınıf arasında yaklaşık olarak % 12 oranında artmaktadır. En yüksek kaliteli balık unu ile standart balık unu arasında yaklaşık olarak % 25’lik bir fiyat farkı bulunmaktadır. Balık unu kalitesi arttıkça yetiştiricilik sektörü de yüksek kaliteli ürünler elde etmektedir (Keller 1990).

Balık unu ve yağı endüstrisi 19.yy’ın başlarında Kuzey Avrupa ve Kuzey Amerika’da başlamış ve yalnızca mevsimsel kıyı balıkçılığı sırasında fazladan yakalanan ringa balığına dayalı olmuştur. Dünyada, avcılık yolu ile elde edilen su ürünlerinin 1/3’ü balık unu ve yağı fabrikalarında işlenmektedir (Pike 1998). Dünyada toplam yıllık balık unu üretimi ortalama 6.5 milyon tondur. Bunun 2 milyon tonu (% 34) su ürünleri yetiştirici-

liğinde kullanılmaktadır (Anonim 2005). Geri kalan üçte ikisi ise tavuk, domuz ve diğer büyük baş hayvanların yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır (Pike 1998).

Balık unu ve yağı olarak değerlendirilecek balıklar üç kategoride sınıflandırılmaktadır (Bayraklı 2019):

1. Sadece balık unu üretimi için avlanan balıklar (çaça balığı),
2. Taze olarak hemen tüketilemeyecek kadar fazla avlanan balıklar (hamsi balığı),
3. Balık işleme artıkları (fileto, konserve artıkları vb.)

Balıkçılık endüstrisinde balık unu üretimi için tür seçiciliğinde bazı önemli noktalar bulunmaktadır.

- Türler yoğun ve yüksek oranda avlanmalıdır; avlanan türün büyük kısmının insan gıdası olarak tüketilememesi gerekmektedir.
- Sektör birden daha fazla balık türünü değerlendirebilmelidir, çünkü bir tür balığın avcılığının azalması durumunda diğer türü kullanabilmelidir.
- Balığın yıldan yıla avlanma oranında ki değişiklik az olmalıdır.
- Balık türünün yağ oranı yüksek olması balıktaki su oranını düşürürken (kurutmada daha az enerji harcanır), protein oranına etkisi yoktur (Bayraklı 2019).

Dünya’da balık unu üretiminin yarısı Güney Amerika ülkelerinden Peru ve Şili’de üretilmekte, bu ülkeleri sırasıyla Tayland, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Çin takip etmektedir (Osmanoğlu 2016). Peru Dünya balık unu üretiminin dörtte birini tek başına karşılamakta ve en fazla hamsi türünden yararlanmaktadır. Şili ile beraber dünya balık unu ihracatının % 57’ sini gerçekleştirmektedirler. Diğer balık türleri sardalya, ringa, istavrit, morina türleri ile balık işleme sanayi artıkları da balık unu yapımında kullanılmaktadır. Güney Amerika Ülkeleri Dünya balık unu üretiminde önemli bir yere sahiptirler. Son yıllarda balık unu ve yağına dönüştürülen balığın % 90’ını; insan besini olarak direk tüketime sunulmayan büyük miktarlardaki türlerdir ve bunlar endüstriyel balıklar olarak tanımlanır (hamsi, sardalya, ringa vb) (Çaklı 2008; Çetiner 2011; Osmanoğlu 2016).

2016 yılı ülkemiz su ürünleri üretiminin 151 milyon tondan fazlası (%88) doğrudan insan tüketimi için kullanılırken, geriye kalan 20 milyon tonu (%12), başta balık unu ve balık yağı üretimi olmak üzere gıda dışı ürünlerin üretiminde değerlendirilmiştir (FAO 2018). Türkiye 2018 yılında yaklaşık 132,8 bin ton balık unu ve 56,8 bin ton balık yağı ithal edilmiştir. Balık unu ithalatına ödenen döviz miktarı ise 179 milyon dolardır (Anonim 2019).

Tedarik zincirlerinde nakliye ve depolama yoluyla, balık unu ve yağı birçok dış engele maruz kalabilir. Nemli hava, güneş ışığı ve diğer faktörler, ürünün kalitesini önemli ölçüde etkileyebilecek engellere örnektir. Balık unu oksidasyonuna karşı çok hassastır. Antioksidan özellikteki kimyasallar geçmişte balık unu ve yağı stabilize etmek ve oksidasyonu önlemek için kullanılmıştır Balık ununun paketlenmesinin ardındaki temel ilke, balık ununun havalandırılabilmesi gerektiğidir. İçeride yoğunlaşmayı önlemek için ısı ve nem ambalajın dışına çıkmalıdır. Malzemenin ortamdaki nemi emmesini önlemek için depolama sırasında sıkı ve sabit sıcaklık ve nem kontrolü gereklidir (Einarsson vd. 2019). En yaygın paketleme şekli, balık ununu torbalarda paketlemektir. Çeşitli boyutlarda ve farklı malzemelerden olabilirler. En çok kullanılan torbalar, çuvallar, çok katmanlı kağıt torbalar (plastik astarsız ve plastik astarlı), kağıt torbalar veya dokuma plastik torbalardır (düşük yoğunluklu polietilen). Bu tiplerin kendi avantajları ve dezavantajları vardır, ancak en önemli prensip, oksijenin sınırsız erişime sahip olması için çok gözenekli olmadan nemi ve ısıyı dışarı atabilmeleridir Torbaları istifleme söz konusu olduğunda aynı prensipler akılda tutulmalıdır; nem ve ısınin havalandırılması ve oksijene erişimin önlenmesi gibi. Bu nedenle yüzey alanı eni 5 m'den fazla olan torbaların istiflenmesine gerek yoktur. Çok sıkı istifleme malzemede aşırı ısınmaya neden olarak nem migrasyonuna, yoğunlaşmaya, küf oluşumuna ve topaklanmaya neden olabilir. Balık unu genellikle silolarda ve hatta barakalarda depolanır. (FAO 1986).

BALIK UNU KOMPOZİSYONU VE BESİN DEĞERİ

Balık ununun en değerli bileşeni proteindir. Balık ununda saptanan protein oranı ortalama % 70 olup, bitkisel kaynaklı unlardan oldukça yüksektir. Balık unu hayvan yemlerinin karmalarında olması gereken lizin gibi esansiyel aminoasitlerce oldukça zengindir. Ayrıca metiyonin, treonin ve sistin gibi aminoasitlerce de zengin olup, yüksek sindirilebilirliğe ve biyolojik değere sahiptir. Balık unu genellikle hayvan yemi yapımında diğer bitkisel protein kaynaklı hammaddelerle karıştırılarak kullanılır. Balık yemlerinde başlıca protein kaynağı balık unudur (Duyar ve Bayraklı 2009). Balık ununun kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmiştir (Aras 1977).

Tablo 1. Balık ununun kimyasal bileşimi

Su	%6-10
Yağ	%5-12
Ham Protein	%60-70
Ham kül	%10-20

Balık unu sadece protein miktarı değil aynı zamanda proteinin kalitesi açısından da önemlidir. Proteini oluşturan amino asitlerin hayvan veya insan beslenmesi için doğru denge içerisinde mevcut olduğundan balık unu en iyi protein kaynağıdır. Balık unu içerisinde bulundurduğu yüksek protein ile canlıların hızlı bir şekilde büyümesinde, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesinde ve yemlere ilave edildiğinde yem tasarrufu sağlanması açısından önemli role sahiptir (Anonim 2022a).

Balık ununun kalitesini belirleyen yüksek oranda protein, enerji ve içerdiği mineral maddelerdir. Ayrıca kolin, biyotin, B12, A, D ve E vitaminleri ve iyot gibi iz elementleri de yapısında bolca bulundurmaktadır. Balık ununu diğer kaynaklardan ayıran özelliği esansiyel aminoasit yapısı ve uzun zincirli çoklu doymamış omega-3 yağ asitleri içermesidir. Zengin aminoasit varlığı ve fosfor yararlanımının yüksek olması nedeniyle çiftlik hayvanlarının beslenmesinde tercih edilmektedir. Hatta protein kaynağı olarak balık unu bitkisel protein kaynakları ile yer değiştirdiğinde fosfor eksikliğine de neden olabilir. Kalsiyum yönünden de oldukça zengindir (Öncülökür 2015; Anonim 2022b). Balık ununun kimyasal bileşimi Tablo 2’de verilmiştir (Aras 1977).

Tablo 2. Balık unu amino asit miktarları

Esansiyel amino asitler (%)		Esansiyel olmayan amino asitler (%)	
Lisin	6.0	Glisin	4.3
Methiyonin	2.1	Trozin	1.7
Sistin	1.4	Alanin	4.1
Lösin	5.1	Aspartik asit	6.2
İzolösin	2.4	Glutamik asit	8.7
Valin	3.8	Prolin	2.3
Treonin	2.7	Serin	3.6
Fenilalanin	2.8	Diğerleri	1.5
Triptofan	0.8		
Histidin	1.5		
Arginin	4.0		
TOPLAM	32.6	TOPLAM	32.4

GENEL TOPLAM: %65

BALIK UNU ÜRETİMİ

Balık unu ve yağı üretiminde 3 temel unsur vardır. Bunlar, katı madde (yağsız kuru madde), yağ ve su dur. İşlemin amacı; mümkün olduğunca bu maddeleri birbirinden ayırarak en kaliteli ürünü elde etmektir. Balık unu ve yağ sektörü, genelde küçük ve yağlı pelajik balıkları işlemektedir.

Doğrudan insan tüketim ihtiyacından fazla avlanan balıkların değerlendirilmesinde en ekonomik yöntem; hayvanların beslenmesinde kullanılan balık unu ve yağı üretimidir. Balık unu ve yağı pazarının büyüyebilmesi ve talep edilmesi için kalite standartlarının yüksek olması gerekmektedir (Bayraklı 2009).

Balık unu üretiminin çeşitli şekilleri bulunmaktadır. En basit şekli güneşte kurutmadır. Balık unları pişirme, presleme, ön süzme, kurutma ve öğütme yoluyla elde edilmektedir. Balık unu üretim şeması Şekil 1’de verilmiştir (Varlık vd. 2004; Bayraklı 2009; Çetiner 2011; Emir 2012; Einarsson vd. 2019).

1. Pişirme

Pişirme, proteinlerin koagüle olduğu ve bağlı suyun ve yağın serbest kaldığı pişirme safhadır. Burada amaç, balıktaki yağ deposundan yağı ayırmak ve daha sonraki işlemler için hammaddeyi uygun hale getirmektir. Pişirme işlemi hassas bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Şayet pişirme tam olarak yapılmazsa daha sonraki safhalarda sıvılar iyice preslenememekte; aşırı pişirme yapıldığında ise presleme için fazla yumuşak bir ürün elde edilmektedir. Pişmiş ürün, hammadde kalitesine ve işleme durumuna bağlıdır. İşleme sıcaklığı ve süresi balığın türüne ve tazeliğine göre değişmekle birlikte genellikle 95-100°C’de 15-20 dk olarak uygulanmaktadır. Pişirme işlemi için yaygın olarak, içerisinde ürünün sürekli olarak karıştırılarak devam ettiği buharlı tipli pişiriciler kullanılmaktadır. Bir diğer pişirici tipi ise direkt buhar enjeksiyonu sağlayanlardır.

2. Ön süzme

Pişirme işlemi sonucunda yağ ve suyun büyük kısmı katı kısımdan ayrılır. Bütün işleme süreçlerinde olmamakla birlikte, ısıtılma ile bağları zayıflayan pres sıvısının (balık yağı ve suyunun) önemli bir kısmı basit bir drenaj-süzme işlemi ile pres kekinden (protein içerikli katı kısım) kolayca ayrılabilir. Eğimli bir sistem üzerinde kurulan bir yapı sayesinde bu işlem ile hem sıvının büyük bir kısmı daha az enerji ile ayrılmış hem de bir sonraki presleme aşamasının daha verimli çalışması sağlanmış olmaktadır.

3. Presleme

Presleme, katı kısımdan sulu kısmı mümkün olabildiğince sıkarak ayırmak amacıyla yapılır. Balık ununun yapımındaki esas nokta iyi presleme işleminin uygulanabilmesidir. Buda iyi pişirmeye ve kullanılan hammaddenin kalitesine bağlıdır. Presleme işlemi genellikle 90–95 °C arasında uygulanır. Kötü kalitedeki hammadde, presleme esnasında sorun yaratmakta ve katı kısmın elde edilme oranı düşmektedir. Bu nedenle presleme işleminin tam gerçekleşmemesi nedeniyle sıvı kısım içine karışan katı kısım oranı da artmaktadır. Bu işlem sonunda elde edilen katı kısma pres

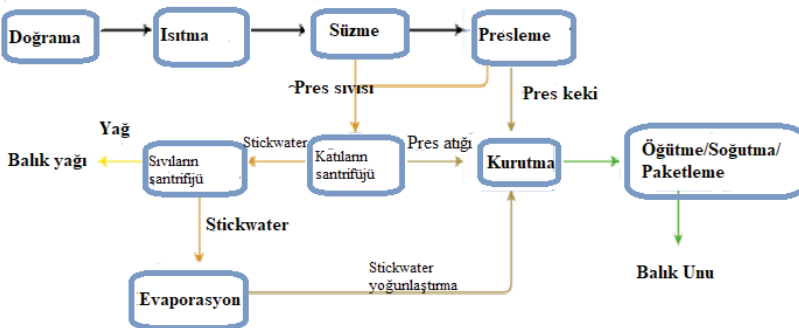
keki adı, elde edilen sıvı kısma ise pres sıvısı denilmektedir. Balık unu endüstrisinde bir ve iki vidalı olmak üzere iki tip pres makinesi bulunmakta olup, her ikisi de aynı prensiple çalışmaktadır.

4. Kurutma

Kurutma işleminin doğru şekilde yapılması önemlidir. Ürün az kurtulduğunda küflenme görülmekte, aşırı kurutma yapıldığında ise kavrulduğu için besin değeri düşmektedir. Kurutma işleminde direkt ve indirekt olmak üzere iki farklı tipte kurutucu kullanılabilir. Direkt kurutucular, büyük silindir şeklinde hızlıca dönen kurutucular olup, 500°C den yüksek bir sıcaklıkta hava ürün üzerinden geçmektedir. Küçük pelajik balıkların yakalandığı büyük endüstriyel balıkçılıkta yaygın olarak kullanılmaktadır. Yakıt tasarrufu sağlaması avantajıdır. Dezavantajı ise büyük miktarlarda hava kullanıldığından koku problemine neden olmaktadır. İndirekt kurutucular ise buharla ısıtılmaktadır (Şekil.2.4.10.1). Bu sistemde az hava kullanılması nedeniyle de koku problemi azdır. Ürünün az miktarda nem içermesi, stabil kalması ve bakteriyel ya da enzimatik bozulma olaylarının engellenmesi açısından da önemlidir.

5. Öğütme

Öğütme işleminde amaç balık ununun pul, balık gözü, vb. gibi istenmeyen maddelerden temizlenmesi ve öğütülerek homojen bir görünüm kazandırılmasıdır. Genellikle öğütülen balık unu partikül büyüklüğü 1-2 mm arasında olup, bu amaçla değişik tipte öğütücüler kullanılmaktadır. En yaygın kullanılanı çekiçli değirmenlerdir. Balık unları değirmene alınmadan önce eleklerden geçirilerek, içerdiği yabancı maddelerden ayrılır ve şaft etrafında yerleşmiş metal kolların bulunduğu çekiçli değirmene konarak öğütülür.



Şekil 1. Balık unu üretim şeması

SONUÇ

Sağlıklı beslenme diyetlerinde su ürünleri tüketimi önemli düzeyde tavsiye edilmektedir (Bayraklı ve Duyar 2019 a ; Çağlak vd., 2020). Günümüz su ürünleri sektörü talep edilen su ürünleri miktarını sadece avcılık yöntemi ile elde edilen su ürünleri ile karşılayamamaktadır. Bu nedenle yetiştiricilik yolu ile elde edilen su ürünleri üretimi her geçen gün sektörel anlamda büyümektedir. Yetiştiricilik yolu ile elde edilen su ürünleri miktarı avcılık yolu ile elde edilen su ürünleri miktarını yakalamış ve gelecekte geçeceği öngörülmektedir (Bayraklı ve Duyar 2019 a). Yetiştiricilik yolu ile elde edilen su ürünleri için kullanılan yemlerin hammaddesini balık unu oluşturmaktadır. Balıkların büyümelerinde ihtiyaç duyulan protein, aminoasit ve omega3 içeriğine balık unu sahiptir (Webster vd. 1999; Simopoulos vd. 2000). Bitkisel kaynaklı proteinlerde lizin ve metiyonin gibi aminoasitler balık unu kadar fazla değildir (De Silva ve Anderson 1994). Balık unu fazla miktarda avlanan ve ekonomik değeri düşük olan balıklar ve balık atıklarından elde edilmektedir (Bayraklı ve Duyar 2019b). Dünya su ürünleri üretiminde avcılık yöntemi ile elde edilen su ürünleri miktarının daha fazla artmayacağı öngörülmektedir, bu nedenle balık unu üretimi de daha fazla artmayacaktır. Yetiştiricilik yöntemi ile elde edilen su ürünleri miktarının artması balık ununu zaman içerisinde daha değerli hale getirmiştir (Kristofersson vd. 2004; Bayraklı ve Duyar 2019a).

Hızlı artan dünya nüfusunu besleyebilmek için mevcut gıda kaynaklarının artması gerekmektedir. Uzmanlar 2050’li yıllarda dünya nüfusunu sağlıklı bir şekilde besleyebilmek için mevcut gıda üretiminin iki katına çıkması gerektiğini bildirmektedirler. Bu ihtiyaca cevap verebilecek önemli bir potansiyel ise su ürünleri üretimidir (Arslan 2017). Gelinecek noktada özellikle iklim değişikliği ve diğer nedenlerden dolayı avcılık yolu ile elde edilen su ürünleri miktarındaki düşüş yetiştiricilik yolu ile elde edilen su ürünleri üretimine olan ilgiyi arttırmıştır. Tablo 3’de Dünya su ürünleri üretim miktarı verilmiştir (FAO 2018).

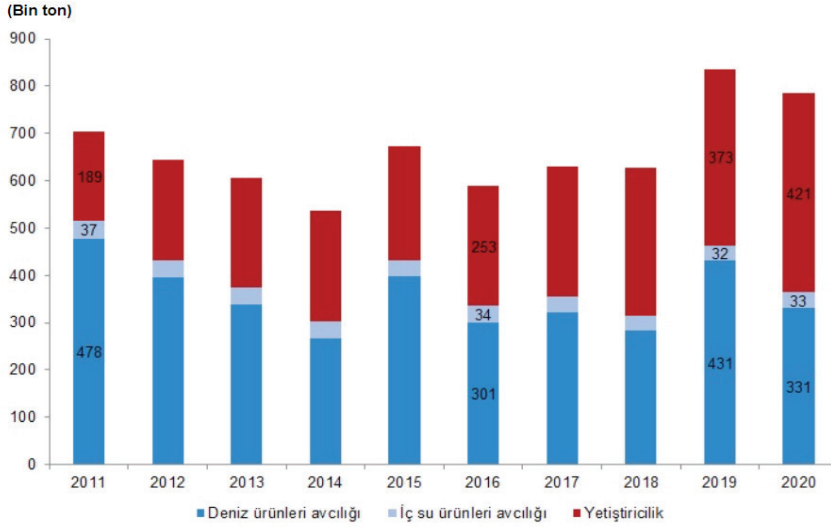
Tablo 3. Dünya Su Ürünleri Üretimi

YILLAR	AVCILIK (ton)			YETİŞTİRİCİLİK (ton)			TOPLAM (ton)
	Deniz	İçsu	Toplam	Deniz	İçsu	Toplam	
2010	76.278.358	10.863.861	87.142.219	21.861.535	35.945.661	57.807.196	144.949.415
2011	81.136.060	10.502.636	91.638.696	22.737.131	37.105.127	59.842.258	151.480.954
2012	77.767.502	10.881.090	88.648.592	23.925.870	39.576.434	63.502.304	152.150.896
2013	78.832.286	10.915.515	89.747.801	24.855.137	42.130.065	66.985.202	156.733.003
2014	79.349.911	11.045.110	90.395.021	26.225.099	44.329.027	70.554.126	160.949.147
2015	80.521.369	11.149.469	91.670.838	27.039.998	45.772.262	72.812.260	164.483.098
2016	78.285.821	11.365.442	89.651.263	28.578.979	47.978.996	76.557.975	166.209.238
2017	81.222.361	11.908.155	93.130.516	30.055.941	49.554.288	79.610.229	172.740.745
2018	84.421.966	12.021.387	96.443.353	30.782.285	51.339.568	82.121.853	178.565.206
2019	80.419.970	12.088.653	92.508.623	32.060.104	53.302.727	85.362.832	177.871.455

Not: Üretim rakamlarına su bitkileri ve deniz memelileri dâhil değildir.

Avcılık yöntemi ile elde edilen su ürünleri miktarında dalgalanmalar söz konusudur. Fakat yıllar içerisinde yetiştiricilik yöntemi ile elde edilen su ürünleri miktarının arttığı açıktır. Bu durum avcılık sektöründe ki olumsuz koşullardan kaynaklandığı kadar su ürünlerine olan talebinde arttığı anlamına gelmektedir. Özellikle yetiştiricilik faaliyetlerindeki artış yem sanayisi içinde önemlidir. Zira yetiştiricilik yöntemiyle elde edilen su ürünleri için balık yemleri önemli bir gideri oluşturmaktadır. Balık yemlerinin ham maddesi olan balık unu bu anlamda sektör için son derece önem arz etmektedir. Ülkemizde de son yıllarda önemli seviyele çıkan yetiştiricilik faaliyetlerini özellikle yem giderleri etkilemektedir. Şekil 2’de Türkiye su ürünleri üretimi verilmiştir (TÜİK 2021).

Şekil 2. Türkiye Su Ürünleri Üretim Miktarı



Tablo 1 ve Şekil 2’den de anlaşılacağı üzere ülkemiz ve dünya genelinde avcılık sektöründe dalgalanmalar söz konusudur. Yetiştiricilik faaliyetlerinde ise yıllar içerisinde artış yaşanmaktadır. Bu artış avcılık sektöründeki dalgalanmalardan olduğu kadar su ürünleri tüketimine olan talebin artmasıyla da alakalı bir durumdur. Fakat yetiştiricilik yöntemi ile elde edilen su ürünleri miktarının artması sektörde kullanılan balık yem fiyatlarıyla yakından ilişkilidir. Özellikle balık yemlerinin ham maddesi olarak kullanılan balık ununun miktar açısından azlığı yem fiyatlarında artışa ve nihayetinde yetiştiricilik faaliyetlerinde olumsuz sonuçlara sebep olacaktır. Bu nedenle balık unu üretimi su ürünleri sektörü açısından son derece önemlidir.

KAYNAKLAR

- Anonim (2019). <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Su%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Sekt%C3%B6r%20Politika%20Belgesi%202019-2023.pdf>
- Anonim (2022a). <https://prezi.com/mrj6ykvevkmv/balik-unu/?frame=58847ec17bdfd64f549fd1af642ec55c35ee708a>
- Anonim (2022b). Balık besleme file:///C:/Users/HP/Downloads/BALIK%20BESLEME-2020.pdf.
- Aras, S. (1977). Balık unu üretimi ve yem olarak değeri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(1).
- Arslan, G. (2017). Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yavru Yemlerine Farklı Oranlarda İlave Edilen Üzüm Çekirdeği Yağının (*Vitis vinifera*) Büyüme, Yaşama Gücü, Yağ Asidi Profili, Antioksidan Enzim Düzeyleri ve Kan Parametreleri Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Erzurum.
- Barlow, S.M., Pike, I.E. (1977). The role of fat in fish meal in pig and poultry nutrition. Technical Bulletin No: 4, International Association of Fish Meal Manufacturers. Potters Bar, UK.
- Bayraklı, B. (2009). Balık tazeliğinin balık unu kalitesi üzerine etkisi. Doktora Tezi, Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop.
- Bayraklı, B., Duyar, H.A. (2019 a). Karadeniz’de Hamsi ununa alternatif olarak üretilen Çaça ununun besin bileşenlerinin karşılaştırılması. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(3), 545-550.
- Bayraklı, B., Duyar, H.A. (2019b). The effect of raw material freshness on fish oil quality produced in fish meal & oil plant. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(3), 473- 479.
- Bilgüven, M., Can, G. (2018). Balık Yemlerinde Balık Unu Yerine Tavuk Ununun Kullanılma Olanakları. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32(2), 189-200.
- Cağlak, E., Karslı, B., Koral, S. (2020). The Effect of depuration on metals, bacteria, and nutrition in Venus verrucosa from the Aegean Sea: Benefit and risk for consumer health of warty Venus. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 29(6), 577-591.
- Chen, L., (2018). Review of global fishmeal market and analysis of supply and demand. *China Fish*. 06, 67–71.
- Çaklı, Ş. (2008). Su Ürünleri İşleme Teknolojisi 2, Ege Üniversitesi Yayınları, Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 77, 281s.
- Çetiner, B. (2011). Orta karadeniz’de 2010 yılı av sezonunda çaça (*Sprattus sprattus phalericus* Risso, 1826) balığından üretilen balık unu ve yağının

besin kompozisyonunun incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sinop Üniversitesi, Sinop.

De Silva, S.S., Anderson, T.A. (1994). Fish nutrition in aquaculture. Chapman and Hall Aquaculture series 1. London, 319 p.

Duyar, H.A., Bayraklı, B. (2009). Balık unu kalitesine hammadde (Hamsi-*Engraulis encrasicolus ponticus*) tazeliğinin etkisi. Proje No: 108O008, Ankara.

Einarsson, M.I., Jokumsen, A., Bæk, A.M., Jacobsen, C., Pedersen, A.S., Samuelsen, A., Pálsson, J., Eliassen, O., Flesland, O. (2019). Nordic Centre of Excellence Network in Fishmeal and Fish oil. Report Matis 6-19.

Emir, M. (2012). Türkiye’de Balık Unu ve Yağı Üretimi ve Ticareti: Mevcut Durum, Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı Doktora Semineri.

Emre, Y., Sevgili, H., Diler, Y. (2003). Replacing Fish Meal with Poultry By-Product Meal in Practical Diets for Mirror Carp (*Cyprinus carpio*) Fingerlings. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 3: 81-85.

FAO (1986). The production of fish meal and oil. FAO Fisheries technical paper-142. FAO Fisheries Departman, Roma, Italy

FAO (2009). The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO, Rome.

FAO (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018 Yearbook, Dünyada Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Durumu.

FAO (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action. Italy, Rome.

Hongmanee, P., Wongmaneeprateep, S., Boonyoung, S., Yuangsoi, B. (2022). The optimal dietary taurine supplementation in zero fish meal diet of juvenile snakehead fish (*Channa striata*). Aquaculture, 738052.

Keller, S. (1990). Making profits out of seafood wastes. In Hardy, R.W. and Masumoto, T. eds. Specifications for marine by-products for aquaculture, pp. 109-120. Alaska.

Kristofersson, D., Anderson, J.L. (2004). Structural breaks in the fishmeal-soybean meal price relationship, Peer Review: No. In: Proceedings of the Twelfth Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics & Trade, July 20- 30, 2004, Tokyo, Japan: What are Responsible Fisheries? Compiled by Ann L. Shriver. International Institute of Fisheries Economics & Trade, Corvallis, Oregon, USA, 2004. CD ROM, ISBN 0-9763432-0-7.

Mai, C. (2016). Aquaculture, feed ingredients and world fishery resources in China. FeedLivestock 06, 17-19.

Nguyen, N.T.B., Chim, L., Lemaire, P., Wantiez, L. (2014). Feed intake, molt frequency, tissue growth, feed efficiency and energy budget during a molt cycle of mud crab juveniles, *Scylla serrata* (Forskål, 1775), fed on diffe-

- rent practical diets with graded levels of soy protein concentrate as main source of protein. *Aquaculture*, 434(20), 499-509.
- Orhun, G. (2014). Balık ununun buğday gluteni ile ikamesinin *Pangasius (Pangasius hypophthalmus* Sauvage, 1878) balıklarının büyüme performansı ve yem değerlendirme üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir.
- Osmanoğlu, M.İ. (2016). Karaca mersin balığı (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833) yeminde pelajik balık unu yerine mezgit balığı ununun kullanım olanaklarının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Rize.
- Öncülökür, M. (2015). Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua*) tohumunun balık ununa alternatif olarak yavru koi sazan (*Cyprinus carpio*) diyetlerinde besleme potansiyeli. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Pike, I. (1998). Future supplies of fishmeal and fish oil: quality requirements for aquaculture with particular reference to shrimp. In *International Aquafeed Directory & Buyers' Guide 1998*. pp. 39-49. Uxbridge, United Kingdom, Turret RAI plc.
- Simopoulos, A.P., Leaf, A., Salem, N.Jr. (2000). Statement on the essentiality of and recommended dietary intakes for ω -6 and ω -3 fatty acids, Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids, 63, 119-121
- Tacon, A.G.J., Metian, M. (2008). Global Overview on the Use of Fishmeal and Fish Oil in Industrially Compounded Aquafeeds: Trends and Future Respects. *Aquaculture*, 285, 146- 158.
- Tunca, T. (2019). Balık ununun bezelye proteini ve buğday gluteni ile ikamesinin levrek (*Dicentrarchus labrax* linnaeus, 1758) balıklarının büyüme performansı ve yem değerlendirmesi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir.
- TÜİK (2021). Türkiye İstatistik Kurumu, Su Ürünleri 2021.
- Varlık , C.,Erkan, N.,Özden , Ö., Mol , S., Baygar, T.,(2004). Su Ürünleri İşleme Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi Yayınevi, 491s.
- Wang, X., Yuana, Y., Li, C., Zhoub, F., Jin, M., Suna, P., Zhou, T., Ding, X.Y., Zhou, Q. (2020). Partial substitution of fish meal with soy protein concentrate in commercial diets for juvenile swimming crab, *Portunus trituberculatus*. *Animal Feed Science and Technology*, 259, 114290.
- Wang, Q., Li, J., Zhu, X., Suna, C., Teng, J., Chen, L., Shan, E., Zhao, J. (2022). Microplastics in fish meals: An exposure route for aquaculture animals. *Science of The Total Environment*, 807(3),151049.
- Webster, C.D., Tiu, L.G., Margan, A.M., Gannam, A. (1999). Effect of partial and total replacement of fishmeal on growth and body composition of sunshi-

ne bass, *Morone chrysops* x *M. Saxatilis* fed practical diets. Journal of the World Aquaculture Society, 30, 443-453.

Wu, Z., Yu, X., Guo, J., Fu, Y., Guo, Y., Pan, M., Zhang, W., Mai, K. (2022). Effects of replacing fish meal with corn gluten meal on growth performance, intestinal microbiota, mTOR pathway and immune response of abalone *Haliotis discus hannai*. Aquaculture Reports, 23, 101007

Xie , M., Xie, Y., Li, Y., Zhou, W., Zhang, Z., Yang, Y., Olsen, R.E., Ran, C., Zhou, Z. (2021). The effects of fish meal replacement with ultra-micro ground mixed plant proteins (uPP) in practical diet on growth, gut and liver health of common carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture Reports

19, 100558.

Yeşilayer, N., Kaymak, İ.E., Gören, H.M., Karşlı, Z. (2013). Balık Yemlerinde Balık Ununa Alternatif Bitkisel Protein Kaynaklarının Kullanım Olanakları. Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research, 4, 12-30.

Yu, X., Wu , Z., Guo, J., Fu, Y., Luo, K., Guo, Y., Zhang, W., Mai, K. (2022). Replacement of dietary fish meal by soybean meal on growth performance, immunity, anti-oxidative capacity and mTOR pathways in juvenile abalone *Haliotis discus hannai* Ino. Aquaculture, 551, 737914.

Yürüten, K. (2012). Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) diyetlerinde balık unu yerine bitkisel protein kaynaklarının kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.



BÖLÜM 15

AV AMAÇLI SÜLÜN YETİŞTİRİCİLİĞİ

Şeyma Sultan YİĞEN¹

GİRİŞ

İnsanoğlunun yaratıldığından günümüze kadar var olmuş ve var olmaya devam edecek olan avcılık, sürekli bir değişim göstermektedir. Bu değişime örnek olarak kullanılan silahlar, av hayvanlarının çeşidi ve en çok da avcılığa yaklaşım verilebilir. Eski zamanlarda av olan bir hayvan türünün, şu anda avlanmaması veya av olmayan bir hayvanın şu anda av olarak kullanılması yeni avcılık yaklaşımlarıdır. Modern avcılıkta en çok üzerinde durulan veya durulması gereken, avın veya avcılığın sürdürülebilir olmasıdır. Bu bağlamda Türkiye avcılığındaki en önemli problem olarak, sürdürülebilir olmasından uzak bir hale gelmiş olması söylenebilir.

Türkiye avcılığı, Çevre ve Orman Bakanlığı bünyesinde kurulan Merkez Av Komisyonu (MAK) adı verilen bir komisyon tarafından düzenlenmektedir. Bu komisyon yılda bir kez toplanarak, avlanacak av hayvanlarını, av yapılacak bölgeleri ve bir av gününde veya bir av mevsiminde avlanacak hayvan sayılarını belirlemekten başka bir karar almamaktadır. Üstüne üstlük bu komisyon toplanmadan ve kararları aldıktan sonra günlerce ve hatta haftalarca alınan kararlar tartışılmakta ve kimseyi memnun etmemektedir. Alınan kararların ne kadarına uyulduğu veya bu komisyon eliyle oluşturulan Türkiye avcılığının ne kadar sürdürülebilir olduğu da ayrı bir tartışma konusudur. Kısaca, Türkiye’de şu anda avlanma izni verilen av hayvanı sayıları yıllık olarak 10-20 karaca, 30-50 kızıl geyik, 2-3 yaban koyunu ve 125-175 yaban keçisidir. Avlanmasına 2-3 adet izin verilen Anadolu yaban koyunu paratüberküloz (sığır ve koyunlarda görülen bir çeşit verem) nedeniyle yüzlercesi telef olmaktadır. Bunun yanında Türkiye için önemli olan sülün avı kesinlikle yasaktır ve bu yasak 80 yıldır devam etmesine rağmen Türkiye doğal hayatında sülüne rastlamak neredeyse imkânsızdır. Aynı zamanda Türkiye’nin yerli bir kuşu olan kınalı keklik Anadolu’da artık yok olmaya başlamış, çil keklik ise Orta Anadolu’da yok olmuştur.

Bu duruma etken olarak birçok faktör sayılabilir. Her zaman söylen- diği gibi kaçak avcılık, zirai ilaçlar vs. Burada tartışılması gereken konu bunlardan ziyade, bu durum nasıl düzeltilebilir? veya Türkiye’de avla beraber avcılık kültürünün de yok olmaması için ne yapılabilir? sorusuna cevap aramak olmalıdır. Bu sorunun cevabı ise gayet basittir. Av hayvanlarının zengin olduğu ülkeler veya avcılığı ülkemize göre çok ileride olan ülkeler ne yapıyorsa, o yapılmalıdır. Peki bu ülkeler ne yapıyorlar da Türkiye’de yılda o da izinle avlanan karaca sayısı 10-20 iken, sadece Almanya’da yılda 1.200.000 (birmilyonikiyüzbin) karaca avlanabiliyor? veya A.B.D.’nin sadece bir eyaletinde (Kansas) yılda 1.000.000 (birmilyon) sülün avlanabiliyor. Örnekleri çoğaltmak mümkündür.

Tablo 1. 2010-2011 av sezonunda Almanya ile Türkiye’de avlanan hayvanların sayıları

Hayvan Türü	Almanya* (2010)	Almanya** (2011)	Türkiye (2010)
Porsuk	59.696		<i>Bilinmiyor</i>
Tilki	518.768		<i>Bilinmiyor</i>
Rakun	14.673		<i>Türkiye’de yok</i>
Kır sansarı	67.706		<i>Bilinmiyor</i>
Ağaç sansarı	46.438		<i>Bilinmiyor</i>
Bayağı kokarca	11.501		<i>Bilinmiyor</i>
Mink	974		<i>Türkiye’de yok</i>
Gelincik	8.887		<i>Bilinmiyor</i>
Kızıl geyik	67.970	76.308	47
Ala geyik	62.403	64.505	<i>Avlanması yasak</i>
Sika geyiği	1.370	1.474	<i>Türkiye’de yok</i>
Karaca	1.138.593	1.160.489	38
Domuz	583.334	474.717	<i>Bilinmiyor</i>
ÇBYK	4.473	4.803	29
Muflon koyunu	7.269	7.237	3
Çil keklik	5.506	2.509	<i>Bilinmiyor</i>
Sülün	204.541	95.085	<i>Avlanması yasak</i>
Tahtalı	811.168	578.540	<i>Bilinmiyor</i>
Kuğu	3.194		<i>Avlanması yasak</i>
Yabani Kaz	65.620	81.013	<i>Bilinmiyor</i>
Yabani Ördek	418.391		<i>Bilinmiyor</i>
Çulluk	10.275	10.920	<i>Bilinmiyor</i>
Sakarmeke	12.145		<i>Bilinmiyor</i>
Martı	8.754		<i>Avlanması yasak</i>
Karga	539.440	475.200	<i>Bilinmiyor</i>
Turna	1.197		<i>Avlanması yasak</i>
Dağ tavşanı	367.042	500.000 civarında	<i>Bilinmiyor</i>
Ada tavşanı	261.507		<i>Bilinmiyor</i>
Kunduz	13.381		<i>Türkiye’de yok</i>
TOPLAM	5.323.740		<i>Bilinmiyor</i>

*, Üner N. (2012).

**, Üner N. (2015). <http://www.yabantv.com/yazi/784-dusun->

Günümüzde devlet yönetimi ve devlet-vatandaş ilişkisinin modern ölçülerde olduğu ülkeler gelişmiş ülkelerdir. Her yönden gelişmiş ülkelere yaşayan insanların devlete karşı ilk görevi vergi vermektir. Bugün birçok ülkenin hukuk sistemlerinde, şahsi suçlar için hafifletici sebepler aranırken, vergi konusunda işlenen suçlarda herhangi bir hafifletici sebep aranmamaktadır. Böyle suçların affı veya ötelenmesi diye bir durum da söz konusu değildir. Zira işlenen suç, o ülkede yaşayan tüm insanlara karşı işlenmiştir. Bu düşünceden yola çıkılarak oluşturulan av-yaban hayatı sistemlerinde, avcının vurduğu av hayvanının veya tuttuğu balığın avcıya değil, o ülkede yaşayan tüm insanların ortak malı olduğu gerçeğinden yola çıkılarak avcılardan kullanım ücreti veya avlanma ücreti alınması söz konusudur. Yani nasıl elektrik, su, belediye otobüsleri veya diğer kamuya ait hizmetlerden yararlanmanın bir ücreti varsa, avlanmanın da bir ücreti bulunmaktadır ki, normal veya adaletli olan sistem de budur. Buradaki problem ise, avlakların nasıl yönetileceğidir.

İçinde doğal bir yaban hayatının olduğu avlaklar, avcılıktan önemli oranda katma değer kazanan ülkelerde devletin veya kamunun değildir. Bu avlaklar özel sektöre veya tüzel kuruluşlara verilmiş, satılmış veya kiralanmıştır. Verilmiş, satılmış veya kiralanmış olan avlakları yöneten veya kullanan kuruluşların ise bazı önemli görevleri vardır. Bunlar; bir veya iki yılda bir olmak üzere avlaktaki av hayvanı envanterlerinin belirlenmesi, yasak olan şekillerde avcılık yaptırılmaması ve vergi ödemelerine tam olarak riayet etmesidir. Tutulan envanterlere göre hayvan sayısının azaldığı avlaklar, sahibinden alınarak tekrar başka kuruluşlara kiralanmakta veya satılmaktadır. Avlaklara sahip olan kuruluşlar daha fazla avcılığı avlaklarında avlandırmak için, avlaklarda hizmet yarışına girmektedir. Bunlar otel, restaurant hizmetleri ve farklı av hayvanlarının üretilerek avcılarının hizmetine sunulmasıdır.

Generasyon aralıklarının kısa ve menajmentlerinin kolaylığı dolayısıyla en fazla üretimi yapılan av hayvanı türleri av kuşlarıdır. Av kuşlarının içinde en fazla üretimi yapılan hayvan türleri olarak sülün, kınalı keklik ırkları (chukar, graeca, red legged) ve çil keklik sayılabilir. Üretim için en çok tercih edilen av kuşlarının sayılan bu türler olmasının daha farklı gerekçeleri de vardır. Bunlardan en önemlisi, sayılan bu türlerin aynı zamanda adaptasyon kabiliyetlerinin de yüksek olmasıdır. Örnek verecek olursak, A.B.D.'de doğal olarak keklik ve sülün bulunmamasına rağmen, bu iki tür bu ülkeye geçen yüzyılda götürülmüş ve oldukça başarılı bir şekilde üretilerek avlatılmaktadır.

Sülünler, zoolojik sistemde omurgalıların (vertebrata), kuşlar (aves) sınıfının, tavukgiller (gallinae) takımının, sülüngiller (phasianidae) familyasında yer almaktadır. *Phasianidae* cinsinde 35 sülün türü bulunmaktadır. Bunlar içinde yer alan ve bu seminerin de konusu olan halkalı

sülünler (*Phasianus colchicus*) dünyada en yaygın olarak bulunan sülün türüdür. Aynı zamanda entansif üretimi en yaygın olan sülün türüdür.

Halkalı sülünlerin dişileri ile erkekleri arasında eşeysel dimorfizm bulunmaktadır. Erkeklerinin başı ve boynu parlak koyu yeşil mavisi, göz etrafı kırmızı bir bölge ile çevrili ve kulak tüylerinin arkaya doğru uzantısı vardır. Göğsü ve enseden sırta uzanan bölge koyu kırmızı kahverengi ve enine siyah çizgilidir. Kanat tüyleri kahverengi üzeri donuk sarı bantlıdır. Uzun ve kahverengiye çalan kızıl kuyruğu enine siyah çizgilidir, ayağında mahmuz bulunur. Dişi ve genci daha kahverengi ve koyu beneklidir, bu görünüm onlara mükemmel bir saklanma avantajı sağlar. Dişinin göz çevresi ve gıdısı daha açık renklidir. Erkekleri dişilerine kıyasla daha renkli, uzun kuyruklu ve daha gösterişlidir. Erkekler 1000–1400 g, dişiler 900–1200 g canlı ağırlıktadır. Orman kenarlarında, tarım arazilerine yakın alanlarda, orman içi açıklıklarda, çayırıklarda, fundalıklarda, sulak alanlarda yaşamaktadırlar. Tohum, taze filizler ve böcek, kurtçuk gibi küçük hayvanlarla beslenmektedirler. Yuva mekanı olarak yüksek kuru ot veya ısırgan otu yoğun olan bölgeleri seçerler. Yuva yerde yapılı ve kuru otlardan oluşan bir zeminden ibarettir, kuluçkaya dişi yatar (Kırıkçı 2012).

Halkalı sülün yumurtaları düz satırlı, mat yeşil-kahverengi renktedir. Nadiren de olsa turkuaz mavisi ve kirli krem renkte yumurta da yaparlar (Kırıkçı 2012). Kuluçka süreleri 26 gün, yavrularda tüylenme süresi 12-14 gündür. Erkekler birden fazla dişiyle çiftleşir, dişiler yuvanın ve yavruların bütün ihtiyaçlarını tek başlarına karşılarlar. Çok rahatsız edilmedikçe uçamazlar ve sık çalıların arasında büyük bir maharetle izlerini kaybettirirler. Bu türün vahşileri en yaman av köpeğini veya tilkiyi bile aldatabilir. Erkekler genellikle birden fazla dişiyle çiftleşirler. Bölgelerini ve haremını korumak için diğer erkeklerle karşı vahşi döğüşler vermek zorunda kalırlar.

Kısa, dayanıklı gagası ve güçlü tırnaklarıyla kazamayacakları toprak yoktur. Sülünler tüy dökme dönemini ağaçlarda geçirirler ve kışın beslenirken sürüler halinde gezerler. Erkeğin ötüşü sert bir “korr- kok ‘’ şeklindedir (Trakus 2020). Ülkemizde üretimi yapılmaktadır. Dünya’nın pek çok ülkesinde de bolca üretimi yapılmaktadır. Üretim şekillerine göre çeşitlilik göstermektedir (Trakus 2020). Halkalı sülünlerin canlılar alemindeki yeri şu şekildedir.

Alem: Hayvanlar(*Animalia*)

Şube: Kordalılar(*Chordata*)

Sınıf: Kuşlar(*Aves*)

Takım: Tavuksular(*Galliformes*)

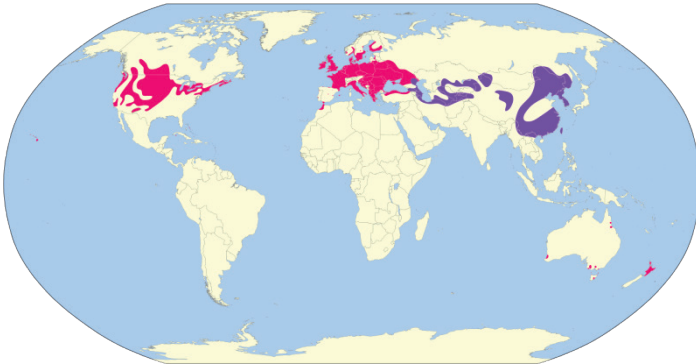
Familya: Sülüngiller(*Phasianidae*)

Cins: *Phasianus*

Tür: *Phasianus colchicus* (Kırıkçı 2012)

1. Halkalı Sülünlerin Yayılışı

Sülünler Türkiye'nin içinde yer aldığı birçok ülkenin yerli kuş türüdür. Türkiye'nin Doğu Karadeniz ve Marmara Bölgelerinin kıyıya yakın bölgelerinde yayılma alanı bulmuşlardır. Halkalı sülünler Türkiye'nin dışında Japonya'dan Balkan'lara ve hatta Avrupa içlerine kadar tabii bir yayılma alanı bulmuşlardır. Geçmiş zamanda Karadeniz bölgesinde, Marmara ve Trakya'nın bazı bölgelerinde, Sakarya ve Kocaeli illerinde bol miktarda bulunurdu. Tarım ve Orman Bakanlığı sülünlerin eski doğal yaşam alanlarına 2000 yıllarından itibaren yerleştirme ile yeniden bir popülasyon oluşturma çabalarına girmiştir. Doğu Karadeniz bölgesinde hala doğal ortamda üremiş sülünlerin varlığı gözlemlenmiştir. Ne yazık ki şu anda yerli olmadığı ülkelerdeki sayıları ülkemizle mukayese edilemeyecek kadar daha fazladır. Bölgemizde yerli olarak bu tür ülkemiz de dahil olmak üzere Doğu Karadeniz ve Kafkaslardan Çin'e doğru uzanan bir bölgede yaşamaktadırlar (Kırıkçı 2012).



Şekil 1. Halkalı Sülünlerin Yayılış Haritası (Linnaeus 1758)

Batıdan doğuya doğru halkalı sülünlerin alt türleri şu şekildedir; *Phasianus colchicus colchicus*; Karadeniz kıyıları, Kafkaslar ve Batı Türkistan *Phasianus colchicus chrysomelas*; Orta Türkistan

Phasianus colchicus mongolicus; Kuzey Doğu Türkistan ve komşu Moğolistan toprakları.

Phasianus colchicus tarimensis ; Güney Doğu Türkistan ve Çin'in Tarım havzası

Phasianus colchicus torquatus ve *formosanus*; Çin, Vietnam ve Tayvan (Wikipedia 2020)

Entansif Sülün Yetiştiriciliği

Sülün yetiştiriciliği Avrupa'da özellikle Fransa ve İtalya'da yoğunlaşmış durumdadır. 1983 yılında 100 milyon sülün yumurtasının 76,5 milyonu Fransa'da 22,1 milyonu İtalya ve 1,3 milyonu Belçika'da üretilmiştir. 1984 yılında Avrupa'da 78 kuluçka işletmesi sülün civcivi üretiminde bulunmuştur. Bunlardan 65'i Fransa'da 5'i Belçika'da ve 4'ü İtalya'da üretim yapmıştır. Son 10-15 yılda Fransa ve İtalya'daki üretim %25-30 düzeyinde artmıştır. İtalya'da büyük sürülere sahip işletmeler az sayıda olmasına karşın, Fransa'da 5.000-10.000'lik sürülerden oluşan orta büyüklükteki işletmelere rastlamak mümkündür (Sarica ve ark 1999).

Fransa ve İtalya'da sülün eti için piliç etine göre %50 daha fazla para ödemek gerekmektedir. Bu Avrupa ülkelerine göre düşük düzeyde olmakla birlikte Polonya, Macaristan, Çek Cumhuriyeti, Slovak Cumhuriyeti ve Rusya'da da sülün üretimi yapılmaktadır. Özellikle Rusya'nın Sibirya kesiminde -40°C'ye kadar düşük sıcaklık bölgelerinde sülün yetiştiriciliği yapılabilmektedir. Ayrıca Rusya'da sülün yumurtası pazarlanabilmektedir. ABD'de Iowa eyaletinde özellikle Boynu Halkalı sülünlerle gerek doğal hayatın korunması, gerekse avcılık amaçlı üretim oldukça yaygınlaşmıştır. 1930'lu yıllarda 4-6 milyon civarında bir sülün popülasyonu bulunan eyalette, tarım tekniklerindeki gelişmeler doğal hayattaki sülün varlığını azaltmıştır. 1985 yılından sonra her yıl yapılan yetiştirme çalışmaları ile pazarlanabilir özellikte kesim veya avlanma yaşına ulaştırılmış yaklaşık 1,2-1,4 milyon sülün üretilmeye başlanmıştır. Otel, motel veya tatil yörelerine yakın alanlarda oluşturulan avlanma bölgeleri sayesinde sülün avcılığından Iowa ekonomisine yıllık 250 milyon dolar katkı sağlanabilmektedir. Sülünler ile ilgili ülkemizdeki ilk bilimsel çalışmalar OMÜ Ziraat Fakültesinde gerçekleştirilmiş ve eldeki sülün genotipinin verim özellikleri ortaya konulmuştur. Sonraki yıllarda S.Ü. Veteriner Fakültesinde araştırma ve üretim çalışmaları sürdürülmüştür. Sülün yetiştirmeden önce en önemli faktör hangi amaçla sülün yetiştireceğimize. Yetiştirme amaçlarını şöyle sıralamak mümkündür. Et ihtiyacı, yumurta ihtiyacı, doğada az bulunan veya yok olan alanlara yerleştirmede, koleksiyonculuk hobi amacıyla ve av yaptırılıp ekonomik gelir elde etmek amaçlarıyla üretim yapılmaktadır (Sarica ve ark 1999).

Et Amaçlı Sülün Yetiştiriciliği

Sülün eti, proteinin yanı sıra demir, potasyum, fosfor ve folik asit açısından da oldukça zengin bir besindir (Yemek 2020). Yapılan araştırmalara göre sülün etinde yüksek oranda selenyum bulunmaktadır Selenyum bağışıklık sistemini güçlendirir ve içerdiği antioksidanlar sayesinde kanser riskini azaltmaktadır (Yemek 2020). Et üretim amaçlı yetiştiriciler için tercih edilecek en ideal sülün türü Halkalı sülün türü ve varyeteleridir (Turan

1990). Et üretimi için yapılan halkalı sülün yetiştiriciliğinde amaç pazarlama sırasında karkas ağırlığı fazla ve kalitesi olan kuşların üretimidir. Av amaçlı üretimde ise vücut ağırlığı hafif ve iyi uçabilen kuşların üretimi söz konusudur. Dolayısıyla damızlıkta kullanılacak halkalı sülünlerin yetiştirilme amaçlarına göre seçilmeleri gerektiği bildirilmiştir (Çetin ve Kırıkçı 2000). Et üretimi için yapılacak yetiştirmede, canlı ağırlığın damızlık halkalı sülün dişilerinde en az 900 g. erkeklerde ise 1200 g olması gerektiği tavsiye edilmiştir (Nowland 2007).

Sülün besisi sonunda karkas randımanı yaklaşık % 75-80 olup karkas ağırlığı 1 kg civarında olabilmektedir (Sarıca ve Karaçay 1994; Çetin ve ark, 1997; Tepeli ve ark, 1999). Sarıca ve Karaçay (1994), karkasın önemli parçalarından olan but, göğüs ve kanatların karkasa oranlarını sırasıyla; % 30.58, 35.51 ve 10.65; Çetin ve ark. (1997a) ise aynı sırayla; % 26.76, 33.97 ve 11.35 olarak tespit etmişlerdir. Tepeli ve ark (1999) 16 hafta besiyeye tabi tutulmuş halkalı sülünlerin karkas, göğüs ve but oranlarının sırasıyla; % 77.15, 34.74 ve 27.66 olarak belirlemişlerdir.

Sülün etinde, göğüs kasları, yüksek miktarda ham protein içeriği ve düşük yağ içeriği ile butlara kıyasla daha düşük yağ oranına sahiptir (Hofbauer ve ark 2010, Gasparovic ve ark 2017). Sülün karkasının, göğüs kaslarında % 23.5-25.2, butlarda % 19.4-22.7 protein ve % 0.6-1.1 oranında yağa sahip olduğu bildirilmiştir (Večerek ve ark 2005, Kuzniacka ve Adamski 2010). Kokoszyński ve ark (2014) erkek ve dişi sülünlerin göğüs etlerindeki yağ oranını % 1.46 ve 1.80 olarak bildirmişlerdir. Kotowicz ve ark (2011) da 20 haftalık yaşta kesilen erkek ve dişi sülünlerin göğüs etlerinde protein oranını % 21.9 ve 21.6, butlarda ise 20.4 ve 20.1 olarak hesaplamışlardır. Franco ve Lorenzo (2013) tarafından yapılan bir çalışmada 10 aylık erkek sülünlerin göğüs ve but etlerinde protein oranı % 25.37 ve 22.22 olarak bildirmişlerdir. Hofbauer ve ark. (2010), erkek sülünlerin göğüs ve butlarında, protein ve yağ oranlarını sırasıyla; 71.83 ve 75.28; 25.66 ve 22.60 olarak; dişilerde ise aynı sırayla; 71.85 ve 74.20; 25.03 ve 23.56, 0.35 ve 1.16 ve 0.52 ve 0.84 olarak bildirmişlerdir.

Yumurta Amaçlı Sülün Yetiştiriciliği

McGowan ve Garson (1995)'a göre sülün yumurtalarının vitamin ve mineral kaynağı olduğu bilinmektedir. İnsanlar için çok yüksek miktarda protein deposudur. Protein oluşturan aminoasitler, beyin tarafından iştahı, uykuyu, kiloyu, kas dengesini vb. düzenlemektedir. Sülünlerden bir yumurtlama sezonunda 60-70 civarında yumurta elde edilmekle birlikte (Çetin ve ark, 1999); yumurta verim yönünde selekte edilmiş sürülerden 170 civarında yumurta alınabilmektedir (Sarıca ve ark, 1999) Sülünlerden elde edilen yumurtaların tamamının kuluçkada kullanılması tavsiye edilmektedir. (McGowan ve Garson 1995). Fakat genel anlamda tam olarak

yumurta üretim amaçlı bir sülün yetiştiriciliğinden bahsedilemez. Yapılan bazı araştırmalarda (Hulet ve ark 1985, Kırıkçı ve ark 2005) turkuaz ve kirli beyaz renkte olan yumurtaların kabuklarının çok ince olması dolayısıyla kuluçkadan ziyade tüketilmesinin daha uygun olabileceği söylenmektedir.

Doğal Yaşam Alanlarına Sülün Yerleştirme Amaçlı Sülün Yetiştiriciliği

Dünyada av kuşlarına olan ilgi ile birlikte sülün üretimi gittikçe artmaktadır. Türkiye’de de önceki yıllara kıyasla artış yaşanmaktadır. Yerleştirme ve çoğaltma amaçlı sülün yetiştiriciliğine bakacak olursak, bir bölgede sülün hiç kalmamışsa ve önceden o bölgede sülün yayılımı var ise o alana sülün salımı yapılabilir (Arpacık 2020). Bir diğer salım ise bölgede sülün az sayıda ise önce alanda arttırılmaya çalışılır, istenilen sayıya ulaşmazsa, sülün salımı yapılabilir. Bunun en güzel örnekleri İngiltere ve A.B.D.’dir. Bu ülkelerde sülün doğal olarak bulunmazken sonradan yerleştirilerek doğaya yerleştirilmişlerdir

Hobi Amaçlı Sülün Yetiştiriciliği

Sülünler güzelliklerinden ötürü tüm dünyada hobi amacıyla çok yaygın bir şekilde üretilmektedir (Howman 1993, Çetin ve Kırıkçı 2000). Ayrıca hayvanat bahçelerinde de yetiştirilip sergilenmektedirler. Zaten Türkiye’deki sülün yetiştiriciliği de hobi amaçlı olmaktan öteye geçememiştir. Hobi amaçlı yetiştiricilikte yetiştiriciler genelde sülün türlerinden bir erkek bir dişiye sahiptirler. Elde ettikleri yavruları diğer meraklılara satarlar. Hobi amaçlı yetiştiricilikte en çok tercih edilen sülünler Leydi Amherst, Gümüş, Kral, Altın sülün ve varyeteleri ile Tragopan sülünleridir (Çetin ve Kırıkçı 2000; Kırıkçı, 2012)).

Av Amaçlı Sülün Yetiştiriciliği

Sülünler genelde av materyali olmalarından dolayı özellikle profesyonel avcılığın gelişmiş olduğu ülkelerde geniş çaplı olarak yetiştirilirler (Şipal 1998). Bu ülkeler arasında başta Macaristan olmak üzere, Çek Cumhuriyeti, Bulgaristan, Fransa ve Amerika Birleşik Devletleri sayılabilir (Şipal 1998). Sülünler bu ülkelerin yerli hayvanları olmamakla birlikte ithal edilerek yetiştiricilikleri yapılmış ve sülünler bu ülkelerin tabii şartlarına kolaylıkla adapte olmuşlardır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri’ne 1881 yılında götürülerek tabiata salınmışlardır (Çetin ve Kırıkçı 2000). Günümüzde Amerika’da birçok özel avlakta çok başarılı bir şekilde üretilen sülünler yıl boyu avlatılmaktadırlar. Av amaçlı sülün yetiştiriciliğinde, uçuş kabiliyetleri daha iyi olan hafif canlı ağırlığa sahip olan sülünler tercih edilmektedir. Bu sülünlerden elde edilen civcivler 8-10 haftalık yaşa kadar beslenip daha sonra özel şekillerde avlaklara salınmaktadırlar. Bu sülünler 16 haftalık yaştan itibaren avlandırılırlar (Çetin ve Kırıkçı 2000).

Sülün Üretimi

Dünyada en fazla yetiştirilen (av ve et üretimi amaçlı) sülünler, halkalı sülünlerdir. Ancak bazı sülün türlerinin de (Gümüş, Kral, Bakır, Kalij, Yeşil sülün) av amaçlı olarak yetiştirildikleri bildirilmektedir. Çiftlik şartlarında sülünlerin verimleri şöyledir. Yumurta verimleri, tabiatta 12-16 adet ve çiftlik şartlarında 60-70 adettir (Kırıkçı 2013).

Et verimleri, 16-18 haftalık besi sonunda bir sülünden 850-1000 gr et elde edilebilmektedir. Sülünler, yağ oranı çok düşük, protein oranı yüksek ve oldukça lezzetli karkaslara sahiplerdir (Kırıkçı 2013).

0-5 hafta, sülünlerin hayatlarındaki ilk devredir. Kuluçkadan çıkan civcivler 33-35°C olan ana makinelerine veya talaşlı altlıklı kümeslere konulurlar, şekerli-vitaminli su verilir ve 4 saat sonra yem verilmesine başlanır. Kafeslerindeki (ana makinelerindeki) ışık 15 günlük olduktan sonra kapatılmalı veya şiddeti azaltılmalıdır. Cereyan, aşırı sıcak, aşırı soğuk, ıslaklık ve aşırı kalabalıktan sakınılmalıdır. 4 veya 5 haftalık olduklarında genellikle ısı ihtiyacı duymazlar. Bu dönemde en az % 28 HP ve 3000 ME kcal/kg ihtiva eden rasyonla *ad libitum* beslenmelidirler. Ayrıca 10 günden sonra yeşil yoncanın kesilerek verilmesi kanibalizmin önlenmesine yardımcı olmaktadır (Kırıkçı 2013).

5-12 hafta, sülünler bu dönemde yarı açık veya açık kümeslerde, tercihen zemini yem bitkileriyle yeşillendirilmiş volyerler içinde çiftleşme mevsimlerine kadar büyütülürler. Bu dönemde sülünler % 22-24 HP ve 3000 ME kcal/kg içeren rasyonlarla beslenirler. Yoğun yetiştirmeden kaçınılmalıdır. İdeal yoğunluk m²'ye bir sülün olmalıdır (Kırıkçı 2013).

12-16 hafta, bu dönemde sülünler % 16-18 HP ve 2800-2900 ME kcal/kg enerji içeren rasyonlarla beslenirler, ilave olarak yeşil yemler verilebilir. 16. haftanın sonunda damızlık seçimi yapılmalıdır (Kırıkçı 2013).

Sülünlerde damızlık seçimi 16-40. haftada yapılabilir. Dişi:erkek oranına göre (1:5, 1:6 olabilir), kullanılacak damızlık erkeklerin 2 katı sayıda erkek damızlığa ayrılmalıdır (Ör; 500 dişi, 200 erkek). Gelişimi ve canlı ağırlığı normal olan, tüyleri yolunmamış, yağlanmamış, mahmuzları uzun olan (erkekler için) bireyler seçilmelidir. Sülünler 2 yıl boyunca damızlıkta kullanılabilirler. Çok yüksek ve çok düşük canlı ağırlığa sahip sülünler damızlıkta kullanılmamalıdır. Damızlığa ayrılan erkek ve dişiler çiftleştirme kümeslerinde birlikte büyütüldüklerinde, çiftleşme sezonunda erkekler arasında olabilecek kavgalar azalabilir (Kırıkçı 2013). Damızlığa ayrılan sülünlerin çiftleşme mevsimine kadar volyerlerde veya çiftleştirme kümeslerinde bir arada tutuldukları, işçilik gerektirmeyen dönemdir. Bu dönemde sülünler en ucuz sağlanabilecek yemlerle (kuru yonca, yem pancarı, marul, lahana vs. artıkları ve proteince fakir rasyonlar) beslenebilirler.

Sülünler günlerin uzamaya başladığı 21 Mart'tan sonra yumurta verimine başlarlar (Kırıkçı 2013).

Kırıkçı (2013)'e göre sülünler genelde açık kümeslerde yetiştirilmeleri gerektiğinden, zorlamalı olarak yumurta verimine sokulmalarına da gerek yoktur. Bunun yerine ilk yumurtanın alımı beklenmeli, ancak daha sonraları akşam saatlerinden sonra aydınlatma uygulanmalıdır. Sülünlerin çiftleşme mevsimine girmeleri erkek sülünlerin kulaklarının üzerindeki tüylerinin boynuz benzeri ayağa kalkmalarından ve gözlerinin etrafındaki kadifemsi derinin şişmesinden anlaşılabılır. Sülünlerde çiftleşmek için erkekler dişileri değil, dişiler erkekleri tercih ederler. Kriter mahmuz uzunluğudur. Erkek damızlıkların seçiminde bunun kriter olarak uygulanması, döllülüğü artıracaktır (Kırıkçı 2013).

40-62 hafta (Verim dönemi), sülünlerin yumurtlama sezonu 20 hafta boyunca devam edebilir. Bu süre zarfında sülün başına 60-70 yumurta elde edilebilir. Sülünlerin çiftleştirildikleri kümeslerde sürekli olarak folluk bulundurulmalıdır. Üreme mevsimi dışında da bulundurulanan folluklar, sülünlerin yumurtalarını folluklara yapma davranışını geliştirmektedir. Sülünlerden elde edilen yumurtalar kahverengi, zeytin yeşili, mavi (turkuaz) ve kirli beyaz renklerinde. Mavi ve kirli beyaz renkte olan yumurtalar kuluçkaya konmamalıdır. Yumurtalar günde 3-4 hatta daha fazla kez gezilerek, açıkta veya follukta yapılan yumurtalar toplanmalıdır. Sülünlere yaptıkları yumurtaları kırma davranışı geliştirmelerine fırsat verilmemelidir (Kırıkçı 2013).

Verim Dönemi(devam), sülünlerin sadece ilk 4 ay (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz) üretilen yavruları salınmalıdır. Temmuz 15'ten sonra kuluçkaya konulacak yumurtalardan çıkan civcivler ya et üretimi ya da avlandırılarak değerlendirilmelidir (Kırıkçı 2013).

Kuluçka Dönemi: Sülün yumurtaları en fazla 8 gün depo edilmelidir. Haftalık olarak kuluçkaya konulurlar. Kuluçka süresi 25-26 gündür. 22 gün inkubasyonda (37.5-37.7 °C ısı ve % 60 nem), geri kalan sürede ise çıkım makinelerinde (37.5 °C ısı ve en az % 80-85 nem) tutulurlar (Kırıkçı 2013).

Üretim Planlaması: 500 damızlık dişi için;

500 x 60 adet yumurta = 30.000 yumurta

30.000 x 0.60 kuluçka randımanı= 18.000 civciv

18.000 x 0.10 ölüm oranı = 16.000 sülün

16000 x 0.10 (salım harici)= 14.400 salım yapılabilecek sülün (Kırıkçı 2013).

10. Sülünlerin Salımı

Sülünler için ormanlık alanın kapalılığı oldukça önem taşır. Nitekim sülünler orman kenarından orman içine doğru 20 m uzaklıkta yoğun, 50 m uzaklıkta ise nadir olarak bulunur (Mccall 1988). Sülünler Bodur hanımeli (*Lonicera nitida*), Çalı hanımeli (*Lonicera pileara*), Dağ muşmulası (*Cotoneaster sp.*), Karayemiş (*Prunus laurocerasus*), Şimşir (*Buxus sempervirens*), Snowberry (*Symphoricarpos rivularis*) gibi türleri barınak; Dağ muşmulası (*Cotoneaster distichus*), Ağaç dağ muşmulası (*Cotoneaster frigidus*), *Crataegus prunifolia*, Yalancı iğde (*Hippophae rhamnoides*), Kuş üvezi (*Sorbus aucuparia*) gibi türleri ise yiyecek olarak kullanırlar (Mccall 1988). Sülünler yaşama ortamı özelliklerine göre açık ve kapalı kafeslerde olmak üzere iki biçimde alana bırakılır (Game Conservancy 1991). Sülünler yaşama ortamının elverişli bulunmadığı durumlarda kapalı kafesler aracılığı ile alana salınır. Kapalı kafeslerde salma habitatın sürekli olmadığı, düzenlenmemiş alanlarda uygulanan bir yöntemdir (Game Conservancy 1991). 30 m² 'lik bir kapalı kafes 250 sülün yavrusunu bir kaç gün veya hafta barındırabilir. Salınacak sülün palazlarının 8 haftalık olması tercih edilir. Salınan sülünlerin açık kafeslere alıştırılması 6-8 hafta sürmektedir (Game Conservancy 1991).

Salım aşamasında kafeslerle taşıma yapılırken sülünler stresten uzak tutulmaktadır. Sülün taşımak için uygun kafeslerin kullanılması gerekmektedir. Salım saatine de çok dikkat etmek gerekmektedir.

Salma alanının bir kaç küçük merkezden oluşması yerine, bir tek merkezden yapılması daha faydalıdır (Arpacık 2020). Nitekim tek merkezli salmanın maliyetleri düşürme, daha az zaman harcama ve kanatlıların hem yırtıcılardan, hem de kaçak avcılardan daha iyi korunmasını sağlama gibi faydaları mevcuttur. Kanatlıların tek bir kafesten salınması planlanmış ise ağustos ayında yaşlı palazların, temmuz ayında ise gençlerin araziye salınması uygundur (Arpacık 2020). Ülkemizdeki kuş salımı çalışmalarında önceliğin, kınalı keklik (*Alectoris chukar*) ve sülün (*Phasianus colchicus*) kuşlarına verildiği görülmektedir (Arpacık 2020). Öte yandan gerek ülkemizdeki salım uygulamalarında, gerekse diğer ülkelerdeki yaban hayvanı salımlarının etkinlik, salımların yararı ve ekonomik olup olmadığı konusundaki tartışmalar hiç duracak gibi görünmemektedir. Ülkemizde özellikle sülünün salımının uzun yıllardır devam etmekte olmasına karşın, henüz genel avlamlarda avlanabilecek türler arasında yer almamasının, kuş salımlarının etkin olup olmadığı yönündeki kuşkuları destekler bir veri olduğu açıktır.

Salım yapılmadan önce yapılması gereken en önemli faktörlerden birisi alanın habitat analizinin yapılmasıdır. Alanın faunası ve florası hakkında geniş çapta bir bilgi edinilmelidir. Salım yapmadan önce eğer habitatta

bozulmalar varsa, bozulmaların iyileştirilip daha sonra salım gerçekleştirilmelidir. Örneğin sülünün besinlerinde eksiklik var ise onlar temin edilip daha sonra salım işlemi yapılmalıdır. Bir diğer dikkat edilmesi gereken husus ise yırtıcı baskısının engellenmesidir. Alanda eğer olması gerekenden fazla yırtıcı bulunuyorsa yapılan salım amacına ulaşmamış olup, zarar edilecektir. Bu sebeple salım yapılmadan önce mutlaka yırtıcı baskısı azaltılmalıdır. Alanı sürekli takip etmek gerekmektedir bunun sebebi ise kaçak avcılığın önlenmeye çalışılmasıdır.

11.Yırtıcı Baskısı

Arpacık (2020)'a göre sülün salınımindan sonra ortaya çıkan popülasyon azalmasında genel olarak iki faktörün suçlandığı görülmektedir. Kaçak avlanma ve yırtıcı hayvanlar. Ülkemizde genel avlamlarda sülün avı yasaktır. Buna karşın, doğaya salım ile birlikte avcılık kulüpleri ile birlikte çalışmalar yapılmakta ve kaçak avcılığa karşı eğitimler düzenlenmektedir. Avcılık kulüplerinin genel olarak üyelerini bu yöndeki kaçak avcılığa karşı denetlediği düşünülmektedir. Buna karşın, yine yabancı literatürde ölen kuşların %90'ında ölüm nedeninin yırtıcı hayvanlar olduğu belirtilmektedir. Bunun nedeni açıktır. Kümeste yetiştirilen hayvanlarda yırtıcılardan kaçma güdüsü gelişmemiştir. Bundan başka kümeste yetiştirilen kuşlar, habitatteki çalı, ağaç, uzun otlar gibi doğal unsurların yırtıcı hayvanlardan saklanmak amacıyla nasıl kullanılacağını öğrenmemişlerdir. Sonuçta, tilki, çakal ve yırtıcı kuşlar salımın ilk günlerinden başlayarak bu "kolay avları" tüketmektedirler. Salınan hayvanların ölümlerindeki bir diğer etmen ise doğal yollardan beslenmenin öğrenilememesidir. Kümeste yetiştirilen hayvanların ilk anda doğada yiyecek arayıp bulması ve hayatlarını devam ettirecek şekilde beslenmesi mümkün olamamaktadır. Araştırmalar, yiyecek bulmayı öğrenme sürecinin ise 3 haftayı bulduğunu göstermektedir. Bunun sonucu olarak birçok birey de açlıktan ölmektedir. Birçok yönetici ve avcılık kuruluşu temsilcisi, durum bu ise salımdan önce yırtıcı mücadelesi yapılması gerektiğini düşünmektedir. Mücadeleden maksat, kuş salınımindan önce bu kuşları yemesi muhtemel yırtıcı hayvanların öldürülmesi veya başka bir alana taşınmasıdır (Arpacık 2020).

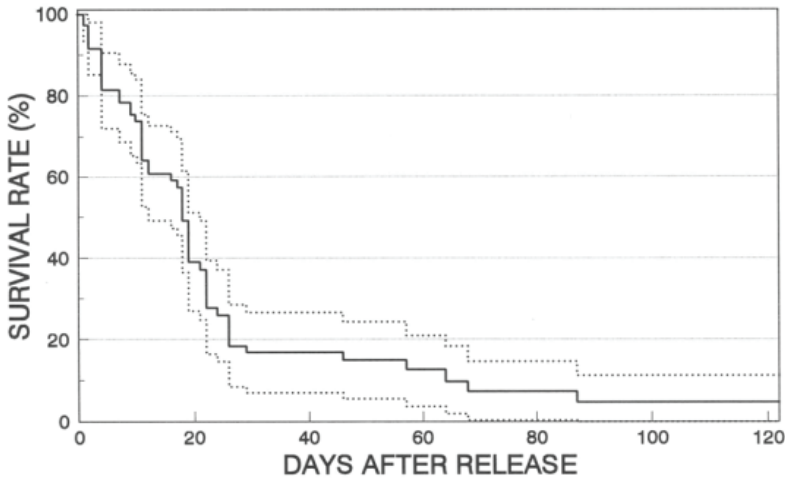
Mevcut yasa ve avcılık kurallarının bu uygulamaları yasaklamış olmasının ve yırtıcı mücadelesinin zor ve maliyetli bir iş olmasının yanı sıra, araştırmalar da göstermiştir ki, yırtıcı hayvanların elimine edilmesi salınan kuşların hayatta kalma oranlarını artırmamaktadır. Bu nedenle, modern yaban hayatı idarecileri yırtıcıları ortadan kaldırmaya çalışmamakta, ancak yırtıcıların bu kuşlara zarar vermesi olasılığını azaltmaya çalışmaktadır. Bunun için yırtıcı telleri ve alıştırma kafesleri gibi uygulamalar bulunuyor olsa da en etkili önlemin kuşların saklanabileceği doğal ortamların oluşturulması ve artırılması olduğu tespit edilmiştir. Yırtıcı kuşların verebileceği zararın büyük ölçüde bu şekilde azaltılması mümkündür. Habitat koşul-

larının iyileştirilmesi ile yırtıcıların vermiş olduğu zararın toplamda %80 oranında azaltılabileceği ortaya çıkarılmıştır (Arpacık 2020).

12.Hayatta Kalma Oranı

Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü internet sayfasında yer alan Mustafa Kantarlı'ya ait bir çalışmaya göre, “Yapılan etüt-envanter çalışmaları herhangi bir alana salınan keklik ve sülünlerin sadece % 20 sinin” hayatta kaldığı belirtilmektedir. Buna karşın, yabancı literatürde “ortalama salımın ilk haftasında salınan kuşların %60'ının hayatta kaldığı; salımdan bir ay sonra %25'inin hayatta kaldığı, araştırmalarda kış sonunda genelde hayatta kalma oranının %5 olduğu” belirtilmektedir. Kantarlı'nın çalışmasında süre ve mevsime göre detay bulunmamaktadır. Buna karşın, kümesteki beslenme, barınma ve ısınma koşullarından sonra doğaya salınan sülünlerin hangi mevsimde doğaya salındığı ve ne kadar bir süre sonra hayatta kalma oranının ölçüldüğü hususları büyük önem taşımaktadır. Kış şartlarının, salınan hayvanların hayatta kalma oranını büyük ölçüde azalttığı ortadadır (Yolcu ve ark. 2013).

Yapılan başka bir çalışmada yıllık sağ kalım tespit edilmemiştir (Dordevic ve ark. 2010). Bu çalışmada yıllık sağ kalım % 0'a yakın olduğu; sadece 2 bireyin 90 günden uzun süre hayatta kaldığı biliniyordu. Sülünlerin ölümleri doğaya bırakıldıkları günden itibaren başlıyor (Dordevic ve ark. 2010).



Hafta	Bulunan ölü Birey Sayısı		
		Yırtıcı Kuşlar	Büyük Memeliler
Salım Günü	1	1	-
1. Hafta	4	2	2
2. Hafta	3	1	2
3. Hafta	7	3	4
4. Hafta	3	2	1
7. Hafta	6	2	4
10. Hafta	2	-	2
12. Hafta	6	1	5
18. Hafta	1	1	-
Toplam	33	13	20

2020 yılı Niğde ili Karanlıkdere mevkiine 750 adet Kınalı keklik (*Alectoris chukar*) salımında yapılan gözlemlere göre, salımdan bir gün sonra salım yapılan noktadan 50 adet keklığın uzaklaşmadığı ve insandan kaçmadığı gözlemlenmiştir. Bir hafta sonra tekrar gözlem yapıldığında ise 23 adet keklığın yine aynı noktada beklediği ve kınalı keklığe bir metre kadar yaklaşıldığı tespit edilmiştir. Bir ay sonra tekrar gözlem yapıldığında ise 4 adet kınalı keklığın yine aynı bölgede olduğu ve yine insandan kaçmadığı gözlemlenmiştir. Köylülerden ve çevredeki yörük çobanlarından edinilen bilgilere göre salınan kekliklerin %90'ının kaçak avcılık, predatörlerin(kurt, tilki, vaşak vb.) baskısı altında kaldığı düşünülmektedir. Çünkü yukarıda bahsettiğimiz üzere salınan kınalı keklikler kendilerini koruyamayacak ve kuluçkaya yatamayacak kadar yabaniğini kaybetmiş ve evcilleşmiş olduğu görülmüştür. Ayrıca Niğde ili DKMP çalışanlarından aldığım bilgiye göre birkaç sefer salınan bölgeye çok yakın mesafede tespit edilen tilki yuvasında 13 adet kınalı keklik istiflenmek sureti ile tilki tarafından saklandığı görüşmüştür. Aslında bu gözlemlenen olay da salınan kekliklerin ne kadar evcilleştiğini ve üzerindeki predatör baskısını göstermektedir.

Sage ve ark. (2003)'e göre salınan kekliklerin hayatta kalabilmesi için, saha içerisinde memeli yırtıcı (*Vulpes vulpes*, *Mustela erminea*, *Mustela nivalis* vb.) ve yırtıcı kuşların (bütün karga türleri, *Pica pica* vs.) kontrolü yapılmalıdır.

Sülün (*Phasianus colchicus*) ve Kınalı Keklik (*Alectoris chukar*)'in ülkemizdeki üretim şekli, salınım şekli ve predatörleri çok benzer olduğundan kınalı keklikte edinilen bu sonuçlar sülün içinde geçerlidir.

Salım yapılan sülünlerin, baltalık ormanların kesildikten sonraki 2 yıl içerisinde, ormanlık alanların içerisindeki açıklıklarda daha verimli adapte

oldukları ve hayatta kalma oranının bu bölgelerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Clarke ve Robertson 1992).

Bagliaca ve ark. (2008)'lerinin yabani ve çiftlikte üretilen sülünlerin hayatta kalma ve üreme başarı açısından yaptığı bir çalışmaya göre, doğadan yakalanan sülünlerin çiftlikte bakılan yavrularının hayatta kalma başarısı %50, tamamen çiftlikte yetiştirilen sülünlerin %70 ve yabani sülünlerin %80 olduğu saptanmıştır. Ayrıca bu çalışmaya göre üreme başarısı ise doğadan yakalanan sülünlerin çiftlikte bakılan yavrularının %60, tamamen çiftlikte yetiştirilen sülünlerin %28.6 ve yabani sülünlerin %50 olduğu hesaplanmıştır (Bagliaca ve ark. 2008).

13. Üretilen Sülünlerin Avlatılması

Av ve yaban hayvanlarının avlanma planı yapılmadan avlanma programlarına alınması işletmenin sürekliliği açısından uygun değildir (İğircik 2001). Avlanma planı envanteri yapılmış sınırları belli olan bir avlak alanında avlanmasına izin verilen hayvanlardan hangi cinsiyetten ve yaş grubundan kaç adet hayvanın, hangi usul ve tekniklerle avlanılacağı ile bu avlanmanın ne zaman kaç avcı tarafından ve ne kadar süre içerisinde yapılacağıın yer aldığı belgelerdir (İğircik 2001). Bu bağlamda avlanma planı, avlanma etkinliğinin hangi bölgede düzenlenebileceğini işletme yöneticisine göstermektedir (İğircik 2001). Avlanma planı düzenli bir envanter ve izleme işlemine dayanmaktadır. Avlanılacak miktarın belirlenebilmesi için popülasyonların yumurtlama öncesi sayıları ile bireylerin hayatta kalma oranlarının belirlenmesi gerekir (İğircik 2001). Bu oranlar belirlendikten sonra avlanma planı kolaylıkla yapılabilir (İğircik 2001). Özel avlak işletmelerinde avlanma planı arazinin küçük olması ve üretilen, salınan ve avlanılan hayvan bilgilerinin bilinmesi nedeniyle devlet avlaklarına göre daha kolay yapılır (İğircik 2001). Devlet avlaklarında avlanma planları süreklilik temeline dayanmakta iken özel avlaklarda böyle bir kaygı bulunmayabilir (Mccall 1988). Özel avlak işletmelerinde salma işlemi yapılmadan önce bir önceki yıldan kalan av ve yaban hayvanlarının sayısı belirlenir. Bu envanter işlemi sonuçları ile araziye salınması planlanan av hayvanları sayısı değerlendirilerek avlanma planı yapılır. Bir sonraki aşamada yetiştirilen yaban hayvanları araziye avlanma planı kapsamında bir düzen içerisinde salınır. Bu düzen daha çok avlanmanın gerçekleştirileceği alan, bitki örtüsü, yaban hayvanı yoğunluğu gibi faktörlere göre belirlenmektedir (Mccall 1988). Çalı, ibreli ve yapraklı odunsu türlerin arazi üzerine yerleştiriliş biçimi avlanma teknikleri açısından da önemlidir (Mccall 1988). Üretilip araziye salınan yaban hayvanlarının avlanma planları yapılmasından sonraki aşaması avlamadır. Nitekim avlanma planlarında avlanılmasına karar verilen hayvanlar artık av hayvanı 10 olarak adlandırılır. Av ve yaban hayvanlarının avlama aşamasında avlanma yöntemleri oldukça önemlidir (Resmi Gazete 2020).

Türkiye’de kanatlı av ve yaban hayvanlarının üretimi konusundaki bilgi eksikliği artık büyük bir darboğaz oluşturmamaktadır (Şafak 2003). Üretilen kanatlı av ve yaban hayvanlarının araziye salınması ve hasat edilmesi (pazarlanması) konularında Türkiye’de bilgi eksikliği bulunmaktadır (Şafak 2003). Avlak arazisi üzerinde kanatlıların isteklerine uygun bitki örtüsünün bulunmaması, kanatlıları yaşama alanı bulma sorunu ile karşı karşıya bırakmaktadır (Şafak 2003). Bu durumda kanatlılar genellikle avlak dışındaki isteklerine uygun en yakın alanı yaşama alanı olarak seçmektedir. Bu nedenle kanatlı türün isteklerine uygun bitki örtüsünün arazide bulundurulması olmazsa olmaz şartlardan bir tanesidir (Şafak 2003). Av ve yaban hayvanı sayısı habitatın taşıma kapasitesini aştığında, besin ve örtü sağlayan bitki örtüsü zarar görür. Bu sebeple salım yapılmadan habitat envanteri yapılması uygun görülmektedir (Gündoğdu 2004).

14.Sürek Avı

Sürek avı, Türkiye’de orman ve bakir alanlarda avcılarının birbirlerinden belirli bir uzaklıkta durmaları ve sarıların belirli bir yöne doğru düz bir hat boyunca, önlerine çıkan hayvanların çeşitli biçimlerde avcılara doğru sürülmesiyle yapılmaktadır (Çanakçıoğlu ve Mol 1996). Alanın topografik yapısı, bitkilendirme, rüzgar ve doğal uçuş yolları kanatlıların havalandıktan sonra gidecekleri yönü veya yolu etkiler (Game Conservancy 1991). Her kanatlı türüne göre, uygulanan değişik sürme teknikleri bulunmaktadır. Sürme işleminde iletişimin sağlanamaması en çok yaşanan sorunlardandır (Game Conservancy 1991). Bu sorun büyük alanlarda daha yoğun yaşanır. Bu nedenle alandaki sürencilerin arazinin topografyasını, doğal uçuş yollarını, sürme işleminin amacını ve nasıl bayrak kullanılacağını bilmesi gerekir. Örneğin bayrak kanatlıların belirlenen bir araziye doğru havalandırılması sırasında değil, hareket halinde bulunan kanatlıların hareket yönünü değiştirmede kullanılır (Game conservancy 1991).

15.Parlama (Parlatma) Avı

Şafak (2003)’a göre bu teknik keklik, bıldırcın, ördek, çulluk gibi küçük av ve yaban hayvanlarına uygulanmaktadır. Belirli bölgelerde bulunan kanatlıların köpekli veya köpeksiz olarak, havaya kaldırılmasıyla yapılan avlanma parlama (parlatma) avı olarak adlandırılır. Bu avlanma biçiminde av köpeklerinin kullanılması avda büyük kolaylıklar sağlar. Parlama avı özel avlak işletmelerinde ve devlet avlaklarında uygulanan bir avlanma yöntemidir. Bu avlanma yöntemi avcılar tarafından sürek avına göre daha eğlenceli bulunur (Şafak 2003).

16.Bekleme Avı

Bekleme avının amacı av ve yaban hayvanlarını gözetleyerek en uygununu vurmaktır. Bekleme avı yaban hayvanlarının geçiş yolları üzerin-

deki çayır ve tarlaların orman kenarlarına rastlayan kısmına, uygun ağaçlar üzerine veya özel yapılan bekleme yerlerine genellikle sabahları şafak sökmeden ve akşamüzeri karanlık basmadan yerleşilerek yapılır. Bekleme avı kolay ve emin bir avlanma tipidir. Bu av tekniği hemen hemen tüm 12 av ve yaban hayvanlarına uygulanabilir. Bu av tekniğinin iyi şekilde uygulanabilmesi için hayvanların saklandığı, otladığı, su içtiği yerlerin iyi bilinmesi gerekir (Çanakçıoğlu ve Mol 1996). Türkiye’de kınalı keklik ve ördek avı yaygın olarak bekleme avı ile yapılmaktadır (Üçbaş 1999). Keklik yerden havalanan av kanatlıları içerisinde avcılarının avlamaktan en çok zevk aldığı av hayvanı türüdür (Üçbaş 1999). İlki günün ilk ışıklarıyla, diğeri gün batımı öncesinde olmak üzere, keklik günde en az iki kez yayılma çıkmaktadır (Rıce ve Dahl 1978). Bu bağlamda keklik yayılımı çıktığı zamanlarda geçiş yollarında beklenerek avlanabilir (Şafak 2003).

17. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde yetiştirilen sülünler genel anlamda kümes hayvanı gibi yetiştirildiği için doğal hayata yani yaban hayatına adapte olamayıp, öldüğü yahut çok azının yaşadığı tespit edilmiştir. Bu sebeple üretimin daha çok sülünün yaşam alanına uyum sağlanarak yapılması önerilmektedir. Üretim yapılırken sülünlerin insanlarla ilişkilerinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Doğal habitatında hangi besinleri tüketiyorsa üretim yapılırken de aynı şekilde ya da doğala çok yakın beslenmelidir. Üretim amaçlarına bakılıp yabani bir şekilde üretimi yapılmalıdır. Yırtıcı baskısına çok dikkat edilerek, üretme istasyonu yapılmalıdır. Salım aşamasında öncelikle alan taranıp, bilinip ona göre hangi alana salınacağına karar verilmelidir. Bu aşamada da yırtıcı çok önemlidir. Örneğin Tilki(*Vulpes vulpes*), Kurt(*Canis lupus*), Vaşak(*Lynx lynx*) ve Şahin(*Buteo buteo*) gibi diğer yırtıcıları göz önüne alınıp salım yapılmalıdır. Salım vakitleri dikkate alınıp salınmalıdır. Salıma sülünü götürürken stresten uzak tutulup, kafesleri uygun kafes seçmek gerekmektedir. Salım yapılacak bölgeye yakın ya da o bölgenin şartlarına uyum sağlayabilecek alanlarda yetiştirilmelidir. Son olarak ise üretim kaliteli bir şekilde daha çok artırılıp, ülke ekonomisine katkı sağlanmalıdır.

Başka bir yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgulardan, çiftlik şartlarında insan eliyle yetiştirilen kekliklerin doğaya adaptasyonlarının başarısız olduğu görülmüştür. Farklı araştırmacılar da benzer bulgu ve sonuçlar bildirmişlerdir (Puataala ve Hissa 1998; Rymesova ve ark. 2013). Buradaki bilgilerden yola çıkarak sülün içinde hayatta kalma hakkında aynı yorumu yapmak mümkündür. Yırtıcı baskısı ve habitat analizi ile bu sonuçlar değiştirilebilmek elimizdedir. Doğal sülün sayısının azaldığı alanlarda sülün salımı yapmak yerine bölgede bulunan popülasyonu iyileştirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Aktaş H, 2009. Türkiye’de Hobi Amaçlı Olarak Yetiştirilen Bazı Sülün Türlerinin Verim Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- Arpacık Net, 2020. Kuş Salımı Hakkında, Erişim tarihi 5 Mayıs 2020. Erişim Adresi www.arpacik.net/icerik_yazar.asp?Icerik=791&Yazar=816 .
- Baliaca M, Falcini F, Porrini S, Zalli F, Fronte B, 2008. Pheasant (*Phasianus colchicus*) hens of different origin. Dispersion and habitat use after release, *Anim, Sci*, 7, 321-333.
- Clarke SA, Robertson PA, 1993. The relative effects of woodland anagement and pheasant *phasianus colchicus* predation on the survival of the pearl-rdered and small pearl-bordered fritillaries *boloria euphrosyne* and *b. selene* in the south of england, *Biological Conservation*, 65, 199-203.
- Çanakçıoğlu H, Mol T, 1996. Yaban Hayvanları Bilgisi, İstanbul Üniversitesi yayın, İstanbul, s. 385.
- Çetin O, Kırıkçı K, 2000. Alternative Poultry Breeding, Pheasant-Partridge Sel-Ün publ, Konya, Turkey (2000)
- Çetin O, Kırıkçı K, Gülşen N, 1997. Some productivity characteristics of chukar Partridges (*A. chukar*) in different management conditions *J. Vet. Sci.*, 13, pp. 5-10.
- Çetin O, Kirikci K, Tepeli C, Gunlu A, Yılmaz A, 1999. Some production characteristics of rock partridges (*A. graecae*) in different management and lighting conditions *Eurasian J. Vet. Sci.*, 15, pp. 15-22
- Demirel Ş, 2008. Sülün (*P. colchicus*) Yumurtalarında farklı depolama sürelerinin kuluçka sonuçları ve bazı yumurta kalite özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- Demirsoy A, 2008. Genel Coğrafya ve Türkiye Zoocoğrafyası ‘‘Hayvan Coğrafyası’’. Yedinci baskı, Ankara, Meteksan Anonim Şirketi, s. 898-935.
- Dordevic B, Savikin K, Zdunic G, Jankovic T, Vulic T, Oparnica C, & Radivojevic D, 2010. Biochemical properties of red currant varieties in relation to storage, *Plant Foods Hum, Nutr.*, 65, 326–332.
- Franco D, Lorenzo JM, 2013. Meat quality and nutritional composition of pheasants (*Phasianus colchicus*) reared in an extensive system. *Br Poult Sci*, 54(5), 594-602.
- Game Conservancy’s Advisory Service, 1991. Gamebird Releasing. The Game Conservancy Limited, 75 p. Hampshire.
- Gasparovic M, Hrnecar C, Galik B, 2017. The effect of feed additives in pheasants fattening: A review. *J Cent Eur Agric*, 18(4), 749-761.

- Gündoğdu E, 2004. Yaban Hayatında Habitat Envanteri. Süleyman Demirel Üniversitesi Or Fak Derg, 73-83.
- Hofbauer P, Smulders FJM, Vodnansky M, Paulsen P, 2010. A note on meat quality traits of pheasants (*Phasianus colchicus*). Eur J Wildl Res, 56(5), 809-813.
- Hulet RM, Denbow DM, Leighton AT, 1985. Behavior and Growth Parameters of Large White Turkeys as Affected by Floor Space and Beak Trimming. II. Females, Poultry Science, 64(3), pp. 440-446.
- İğircık, M. 2001. Türkiye'nin Av Potansiyelinin Geliştirilmesine İlişkin Sosyo Ekonomik Çözümleme, İstanbul, İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2001.
- Kırıkçı K, 2012. Doğanın Gizemli Kuşları SÜLÜNLER. Birinci baskı. Ankara, Dörtrenk Yayın, s. 15-112.
- Kırıkçı K, 2013. Keklik ve Sülün Üretimi, DKMP Eğitim Semineri, Afyonkarahisar.
- Kuźniacka J, Adamski M, 2010. Growth rate of body weight and measurements in pheasants reared up to the 24th week of life (Short Communication), Archiv Tierzucht, 3, pp. 360-367.
- Küçükyılmaz K, 2003. Kekliklerde Yumurta Verimi ve Kuluçka (derleme), Lalahan Hay.Araşt. Enst Derg,43, 41-49.
- Mccall I, 1988. Woodlands for Pheasants. The Game Conservancy Limited, 100 p. Hampshire.
- McGowan, PJK, and Garson, PJ, 1995. Pheasants: status survey and conservation action plan 1995–1999. Gland, Switzerland: IUCN.
- Resmi Gazete, 2020. Av ve Yaban Hayvanları ile Bunlardan Elde Edilen Ürünlerin Bulundurulması, Üretimi ve Ticareti Hakkında Yönetmelik, Erişim tarihi 8 Mart 2020, Erişim Adresi <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/06/20050616-8>.
- Sage RB, Putaala A, Pradell-Ruiz V, Greenall TL, Woodburn, MIA, Draycott RAH, 2003. Incubation success of released hand-reared pheasants *Phasianus colchicus* compared with wild ones, Wildl Biol, 9, 179-184.
- Sarıca M, Karaçay N, Camcı Ö, 1999. Slaughter age and carcass traits of pheasants. Arc. Geflügelk, 63,182-184.
- Sarıca M, Karaçay N, 1994. Sülünlerin büyüme ve karkas özellikleri üzerinde bir araştırma. Doğa Türk Vet. ve Hay. Dergisi, 18, 371-376.
- Sarıca M, Karaçay N, Çam MA, Soley F, 1995. Sülünlerde kesim yaşı ve karkas özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, Hayvancılık Bilim Kongresi, Antalya.
- Şafak İ, 2003. Sülün ve Kekliklerin Salınması ve Avlanması. Ege Ormancılık Araştırma Enstitü Dergisi, 23-36.

- Şipal F, 1998. Keklik Yetiştiriciliğinin Kırsal Kalkınma ve Çevre Üzerine SosyoEkonomik Etkisi Alamut Köyü Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.
- Tepeli C, Kırıkçı K, Çetin O, Günlü A, Yılmaz A, 1999. Farklı Kesim Yaşlarında Sülünlerin (*P. colchicus*) Kesim ve Karkas Özellikleri, Vet. Bil. Derg., 15 (1), s. 27-32.
- Trakus, 2020. Sülün (*Phasianus colchicus*) genel bilgiler, Erişim tarihi 13 Mayıs 2020, Erişim adresi https://www.trakus.org/kods_bird/uye/?fsx=2fsd-117@d&tur=S%FCI%FCn .
- Turan N, 1990. Türkiye'nin Av ve Yaban Hayvanları, Kuşlar. OGM Eğitim Dairesi Bşk Yayın ve Şube Md. Mat, Ankara, 274.
- Üçbaş K, 1999. Avcının Temel Eğitimi. 4 Renk Yayınları. Ankara.
- Üner N, 2012. Nasıl oluyor da 2010/2011 yılında Almanya'da 5.323.740 adet av hayvanı avlanabiliyor? Av-Doğa Dergisi, 105; 14-15.
- Yemek, 2020, Sülün Eti, Erişim tarihi 12 Mayıs 2020, Erişim adresi <https://yemek.com/sozluk/sulun-eti/>
- Yolcu Hİ, Aslan A, Serttaş A, Sarıbaşak H, Uysal H, Çobanoğlu A, 2013. Doğaya Salınan Kekliklerin (*Alectoris sp.*) İzlenmesiyle, Yaşama ve Üreme Oranlarının Belirlenmesi (Elmalı Sedir Ormanı Örneği),Orman Genel Müdürlüğü



BÖLÜM 16

BİYOLOJİK SELÜLOZ ÜRETİMİ, KULLANIM ALANLARI VE AĞAÇ İŞLERİ ENDÜSTRİSİNDEKİ YERİ

Gonca DÜZKALE SÖZBİR¹

¹ Dr. Öğretim Üyesi Gonca DÜZKALE SÖZBİR, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, <https://orcid.org/0000-0002-0728-841X>

1.GİRİŞ

Endüstrinin gelişimi ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte doğal olmayan sentetik ürünlerin kullanımı artmakta ve bu durumla birlikte çevresel problemlerin ortaya çıkması hız kazanmaktadır. Çevreye uyumu ve insan sağlığına olan yararlı etkileri nedeniyle biyolojik olarak elde edilen ürünlerin kullanımına olan ilgi artmaktadır.

Selüloz doğada doğal olarak bulunması nedeniyle, dünyada en çok tercih edilen, zehirli etkisi olmayan, ekolojik bir biyopolimerdir. Kuvvetli hidrojen bağlarından oluşan ağ yapılı polimer olmasından dolayı çözünmemekte, birçok farklı pH ortamında, birçok organik çözücüye karşı direnç göstermektedir (Lampugnani ve ark., 2019).

Selüloz, 10.000 adet glukoz molekülünün birbiri içerisinde 180°'lik açı yaparak glikosidik bağlar ile birleşmesi sonucu oluşan zincir formunda bir biyopolimerdir (Dimitrellou ve ark., 2009). Selüloz molekülleri monomerlerde yer alan hidroksil grubunun birbirlerine hidrojen bağları ile birleşmesi sonucu demet şeklini almakta ve buna mikrofibril adı verilmektedir (Lu ve ark., 2016). Mikrofibriller bir araya gelerek makrofibrilleri ve makrofibriller birleşerek selüloz liflerini meydana getirir (Marshall ve Alexander, 1960). Selüloz, yapısında yer alan hidroksil grupları nedeniyle oldukça hidrofildir. Selülozun izomeri nişastadır ve birbirinden ayıran en temel özellik, selüloz molekülünde yer alan glikosidik bağının β formunda olmasıdır (Marshall ve Alexander, 1960). Bu özellik, insanın tarafından selülozun sindirilmesini engellemektedir (Kamra ve Singh, 2017). Selüloz bitkilerde hemiselüloz ve lignin gibi bileşenlerle beraber yer almakta ve böylece hücre duvarına destek görevini sağlamaktadır (Rodrigues Reis ve ark., 2019). Ancak hemiselüloz ve ligninin, selülozla beraber kompleks oluşturmaları sebebiyle, selülozun saf olarak elde edilmesi oldukça zor ve karmaşık kimyasal yöntemleri gerektirmektedir (Fernandez Nunez ve ark., 2017). Selülozu izole etmek için büyük hacimlerde asit çözeltileri ve yüksek sıcaklık gerekmektedir bu durumda maliyeti arttırmakta ve açığa çıkan atıklar çevreye zarar vermektedir (Sohail ve ark., 2009). Bu şekilde gerçekleştirilen saflaştırma işlemleri, geniş kullanım alanını sınırlandırmaktadır. Ayrıca selüloz üretimi için farklı türlerde birçok ağacın kullanılıyor olması, ormanların tahribatına ve doğal çevrenin bozulmasına sebep olmaktadır. Bu nedenler göz önüne alındığında, selüloz eldesi için farklı kaynak arayışları başlamıştır (Kang ve ark., 2004).

Selüloz üzerine yapılan birçok çalışma bulunmaktadır ve yapılan çalışmalar hızla artmış ve zamanla selüloz pek çok farklı alanlarda kullanılan bir materyal haline gelmiştir. Du ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada, selüloz nanokristallerini ve nanofibrillerinden ürettikleri hidrojelilerin medikal alanda kullanılması amacıyla yaptıkları çalışmalarda olumlu sonuçlar al-

mışlardır. Yapılan bir başka çalışmada ise bilim insanları mısır koçanından ürettikleri selüloz nanofibrilleri kullanarak elektronik aydıtılarda da kullanılabilen optik, sağlam ve esnek nanokağıt üreterek elektronik alanda da selülozun kullanımına destek olmuşlardır (Wang ve ark., 2019).

Doğal selüloz ve selüloz türevleri üzerine yapılan çalışmalar yoğun olarak devam ederken, biyoteknolojik araştırmalar, biyolojik selüloz elde etme ve kullanım alanlarının araştırılması üzerine çalışmalar hız kazanmıştır. Son yıllarda biyoteknolojik yöntemler ve mikroorganizmalar kullanılarak mikrobiyal kaynaklardan elde edilen ürünlerin üretimi önemli olmaktadır. Mikrobiyal üretim, birçok endüstride kullanılan selüloz elde-sinde tercih edilen yöntemler arasında yer almaktadır. Biyolojik selüloz, bakteri, mantarlar ve farklı alg türlerinin de biyolojik selüloz ürettikleri belirlenmiştir (Basu ve ark., 2018).

2.BAKTERİYEL SELÜLOZ (BS)

İlk olarak Brown tarafından teşhis edilen bakteriyel selüloz (BS), bazı bakteriler tarafından üretilen bir polisakkarittir. Sirke mayası olarak da bilinen *Mycoderma acetii* türü maya fruktozlu bir ortamda üretildiğinde zar kütlesi benzeri yapılar üreten bir organizma keşfetmiştir ve bu organizmaya *Acetobacter xylinum* adını önermiştir. Elde edilen bu yapının görüntüsünü pamuğa benzetmiş ve bu jelatinimsi membranı yırtmaya çalışmasına rağmen oldukça dirençli olduğunu tespit etmiştir (Brown, 1886).

Bakteriyel selüloz, doğal odun selülozu ile aynı kimyasal formüle sahip olup ($C_6H_{10}O_5$)n β -1,4 glikozidik bağlarla birbirine bağlı glikoz monomerlerinden oluşan ekzopolisakkarit materyaldir (Sheykhnazari ve ark., 2011). Saf BS, açık üç boyutlu ağ yapısına sahip geniş H bağı nedeniyle yüksek oranda kristaldir. Çapı 25-100 nm arasında değişen fibrillere sahip bir psödoplastik olarak kabul edilir (Lee ve ark., 2014). β -(1–4) bağlantılı glukoz zincirleri ayrıca yaklaşık 80 nm'lik mikrofibriller adı verilen düzensiz bir nano yapıda birleşmektedir (Saxena ve ark., 1994; Brown, 2004). BS mükemmel bir su tutma özelliğine sahiptir ve kendi ağırlığının en az 100 katı su tutabilir. Polar olduğu için organik çözücülerde çözünmez. Yüksek elastikiyet modülü değeriyle yüksek mekanik dayanıma sahip olduğu kanıtlanmıştır (Nishi ve ark., 1990).

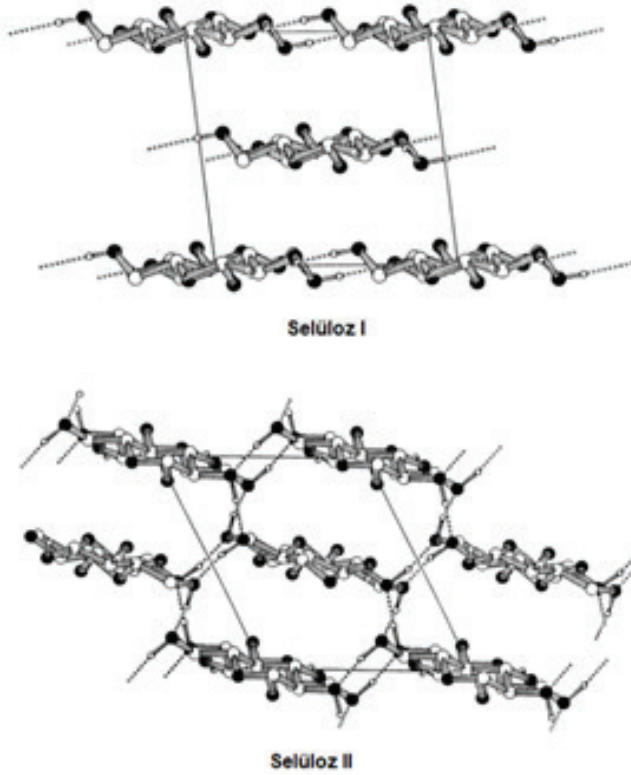
Bakteriyel selüloz, lignin ve hemiselüloz içermediği için bütünüyle saf ekzopolisakkarittir. (Schramm ve Hestrin, 1954.). Bakteriyel selüloz fibrilleri bitkisel selülozla karşılaştırıldığında yaklaşık 100 kat daha incedir ve fibriller birleştiğinde üç boyutlu bir ağ yapısı görülmektedirler (De Wulf ve ark., 1996). Bitki selülozu ile karşılaştırıldığında, bakteriyel selülozun su tutma kapasitesi ve su emme özelliği oldukça yüksektir (Du Toit ve Lambrechts, 2002). Selüloz bünyesinde bulunan hidrojen bağlarının sebep olduğu bu özellikler, selüloza kendi kuru ağırlığının 700 katı kadar

su tutma özelliği sergilemesine neden olmaktadır. Sonuçta, bakteriyel selülozun su tutma kapasitesi bitkisel selülozundan neredeyse 300 kat fazladır (Rodrigues Reis ve ark, 2019)

BS'nin moleküler yapısı bitki kaynaklı selüloz ile aynı olmasına rağmen, polimerizasyon derecesi (DP), BS de daha yüksektir. BS nin polimerizasyon derecesi 13,000–14.000 arasında iken, bitki bazlı selüloz için bu değer 2000–6000 arasındadır (Jonas ve Farah, 1998). Bakteriyel selülozun, gerilme katsayısı olarak da bilinen elastikiyet modülü değeri yaklaşık 25 Gigapaskal (GPa) iken gerilme kuvveti ortalama 250 GPa'dır (Çoban, 2007). Bu değer polipropilenden elde edilen sentetik iplerle karşılaştırıldığında neredeyse 10 kat daha yüksektir ve bu durumda, mekanik kuvvetlere karşı direnme gücünün yüksek olmasına imkan tanınmaktadır (Strauss ve ark., 2001).

Bakteriyel selülozun sergilediği fiziksel özellikleri kültür edilme koşullarına bağlı olarak farklılık sergilemektedir. Selüloz üreten bakteriler, statik kültür ortamında selüloz fibrillerini oksijen oranının fazla olduğu sıvı yüzeyinde oluştururlar (Hu ve Catchmark, 2010). Selüloz moleküllerinden oluşan zincirler, bakteri hücresinden hücre dışına salınmakta ve sentezlenip hücre dışına verildiği için ekstraselüler polisakkaritler olarak adlandırılmaktadır. Bakteriyel selüloz molekülleri kristalleşerek önce mikrofibrilleri sonrasında da makrofibrilleri oluştururlar ve sıvı besi yerinin üzerini kaplamaktadırlar (Poyrazoğlu Çoban ve Bıyık, 2008). Çalkalamalı kültür yönteminde ise oksijen sıvı besi yerinde homojen bir şekilde bulunduğu için hücre dışına verilen selüloz fibrilleri, küreler veya iplikçikler gibi düzensiz şekillerde bulunurlar (Lisdiyanti ve ark., 2001).

Bakteriyel selüloz eldesinde selüloz iki tipte bulunmaktadır. Bunlar; Selüloz I ve selüloz II dir. Selüloz I, bulunan ilk bakteriyel selüloz formudur. Birbirlerine paralel şekilde uzanan β -1,4 glukan zincirleri, statik kültür metoduyla oluşan zar şeklinde oluşan selülozdur. Selüloz II oluşumu, çalkalamalı kültür ortamında oluşan ve birbirine paralel olarak uzanmayan β -1,4 glukan zincirlerinden oluşan selüloz şeklidir (Şekil 1). Selüloz II aynı zamanda doğal selülozun yeniden kristallendirilmesiyle de elde edilebilmektedir. Selüloz II' de glukan zincirlerinin birbirine paralel olmaması, yapıdaki hidrojen bağ sayısını yükseltmektedir. Hidrojen bağlarının artması ise selüloz II'nin ısı işlemlere ve mekanik kuvvetlere karşı olan direnci artırırken, kristallenme katsayısını ve kristal boyutunu ise azaltmaktadır (Lisdiyanti ve ark., 2001).



Şekil 1. Bakteriyel Selüloz I ve Selüloz II formu (Lisdiyanti ve ark., 2001).

Bakteriyel selüloz kullanmanın avantajları sıralanacak olursa, lignin veya hemiselüloz yokluğu nedeniyle yüksek saflıktadır, tamamen biyobozunur ve geri dönüştürülebilir olduğu için yenilenebilir bir kaynaktır, yüksek dayanımlı kristal selüloza sahiptir, boyutsal kararlılık ve yüksek çekme dayanımı sergiler, hafiftir ve mükemmel mekanik dayanıma sahiptir, yüksek su tutma kapasitesi ve yüksek yüzey hacmine sahiptir, fibril yapılarını modifiye etmek mümkündür ve son derece ince, optik, şeffaf bir malzeme özelliği sergiler (Krystynowicz ve Bieleck, 2001). Tablo 1’de Bakteri selülozu ve bitki selülozunun karşılaştırılmıştır. Bitki selülozuna göre birçok üstün özellik sergilemesi, bakteriyel selülozun malzeme içerisinde kullanımının önemini arttırmaktadır.

Tablo 1. Bakteri selülozu ve bitki selülozunun karşılaştırılması (Wang ve ark., 2019)

Özellikler	Bitki Selülozu	Bakteriyel Selüloz
Çekme Direnci (MPa)	25-200	20-300
Elastikiyet Modülü (MPa)	2.5-0.17	20000
Su tutma kapasitesi (%)	25-35	> 95
Lif boyutu (nm)	mikrometre boyutunda	20-100

Kristallik (%)	40-85	74-96
Nispi su tutma (%)	20-30	40-50
Safılık (%)	< 80	> 99
Polimerizasyon derecesi	300-10000	14000-16000
Porozite (%)	< 75	> 85
Toplam yüzey alanı (m ² /g)	< 10	> 150

2.2. BS Üretimine Etki Eden Faktörler

Bakteriyel selülozun kültür edilerek üretilmesinde gerekli parametreler vardır. Bu selülozun kültür edilebilmesi için gereken parametrelerden, karbon ve azot kaynakları, pH, sıcaklık, oksijen ve karbondioksit basıncı önemli parametrelerdir (Shoda ve Sugano, 2005).

2.2.1. Karbon ve Azot Kaynakları

Üretiminde gereken genel karbon kaynakları arasında glikoz, sükroz, fruktoz, mannitol bulunur, fakat diğer karbon kaynakları arasında arabinoz, arabitol, etanol, sitrik asit, maltoz, etilen glikol, dietilen glikol, galaktoz, glikon lakton, inositol, laktoz, gliserin, mannoz, metanol, rhamnoz, riboz, nişasta, süksinik asit, trehaloz ve ksiloz gibi birçok kaynak belirlenmiştir. Selüloz üreten bakteri türlerinin her biri farklı karbon kaynaklarına ihtiyaç duyar. Örneğin *Komagataeibacter* cinsi bakteriler, glikoz, sakkaroz ve fruktoz gibi optimize edilmiş karbon kaynakları açısından oldukça çeşitlidir (Molina-Ramirez ve ark., 2017; Tsouko ve ark., 2015).

2.2.2. pH

Bakterilerin gelişimi ve BS'un üretilmesi için optimum pH, kullanılan bakterinin türüne bağlıdır. Genel olarak pH'nın 4-7 aralığının uygun olduğu belirlenmiştir (Donald ve ark., 1989). BS gelişimi 4,5 ila 7,5 arasında değişen geniş pH aralığında test edildiğinde en yüksek BS üretimi pH 6,5'te gerçekleştiği bulmuşlardır (Son ve ark., 2001).

BS'nin sentezi sırasında pH'ın önemi, yapılan çalışmalarda kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. 7'nin altındaki pH, *Komagataeibacter* cinsi için en uygun pH olarak kabul edilir (Lin ve ark., 2015). Farklı bir bakteri olan *Gluconacetobacter medellinensis* suşu ID13488 için, en uygun pH 4 olarak belirlenmiştir (Urbina ve ark., 2017). Çoğu tür, hafif asidik ortamlarda genellikle daha üretken olmasına rağmen *K. intermedius* (FST213-1) pH olarak uygun aralığının 8 ile 9 arasında olduğu saptanmıştır (Lin ve ark., 2016).

2.2.3. Sıcaklık

Kültür ortamında bakteri selülozu verimi üzerine sıcaklık da etki etmektedir. Yapılan çalışmalar, en uygun büyüme sıcaklığının 20-30°C olduğunu göstermiş, genel olarak en iyi sıcaklığın 30 °C olduğu bildirilmiştir (Geyer ve ark., 1994).

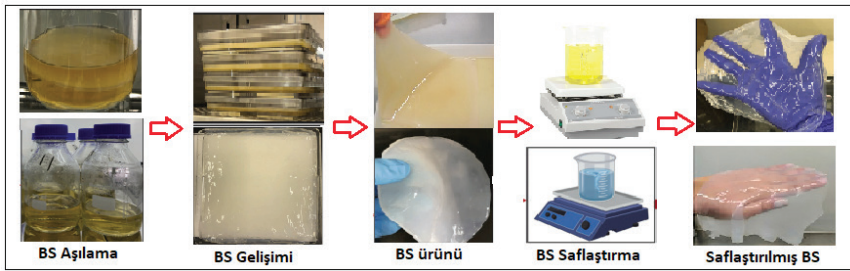
2.2.4. Oksijen ve Karbondioksit Etkisi

Bakteriyel selülozun gelişimi ve eldesi için, zorunlu olarak oksijene ihtiyaç duymaktadır. Oksijen, bakteri hücrelerinde adenozin trifosfat'ı (ATP) aktive etme görevi görmektedir (Saichana ve ark., 2015).

Ortamındaki çözünmüş oksijen, hücre metabolizmasını devam ettirmesi için önemlidir ve hem verimi hem de kalitesini etkilemektedir (Shirai ve ark., 1994). Bununla birlikte, gelişimi sırasında yüksek çözünmüş oksijen, glukonik asit yoğunluğunda bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, selüloz verimini azaltan hücre canlılığını etkilemektedir. Düşük çözünmüş oksijen içeriği ise üremeyi ve selüloz üretimini kısıtlamaktadır. Çalkalamalı kültürde bakteriyel selüloz üretimini yükseltmek için oksijen miktarı önemlidir (Kouda ve ark., 1996; Kouda ve ark., 1997). Ayrıca yüksek oksijen basıncı ve karbon dioksit basıncı, büyümeyi ve aminoasitler üretimini engellediği tespit edilmiştir (Yabannavar ve ark., 1992).

2.3. Bakteriyel selüloz üretim yöntemleri

Bakteriyel selülozun yetiştirilmesinden son uygulama ürününe kadar BS üretmek için gereken genel süreç, Şekil 2'de şematik olarak açıklanmaktadır. BS, statik, çalkalanmış veya karıştırılmış fermantasyon koşulları altında üretilebilir, bu da farklı selüloz biçimleriyle sonuçlanmaktadır. Statik koşullar altında, bakteri yüzeyinden elde edilen selüloz mikrofibrilleri, yığındaki oksijen açlığı nedeniyle hava-sıvı ara yüzünde ince zar oluşturmak üzere bir araya gelir ve bakterilerin büyüme ve polimer sentezinin gerçekleştiği ara yüze doğru hareket etmesine neden olmaktadır (Hestrin ve ark., 1947). Yapılan çalışmalarda bakteriyel selülozun gelişim aşamaları gösterilmiştir (Gregory ve ark., 2021; Revin ve ark., 2020).



Şekil 2. Bakteriyel selülozün gelişim aşamaları

Bu, hasat edilen BS'nin istenen fiziksel özelliklerine karşılık gelen en uygun kültür yöntemini seçmek için hedef uygulamayı dikkate almanın önemini göstermektedir. Statik veya çalkalamalı yetiştirme gibi yetiştirme koşullarını düzenleyerek, BS mikro yapısı, farklı fibrilli yapı elde etmek için özel olarak tasarlanabilir. Çalkalamalı kültürler, yüksek oranda dallanmış üç boyutlu bir BS zar ile sonuçlanır. Statik kültürler ise daha az

belirgin dallanma ile kalın jelatinimsi zar ile sonuçlanır (Gregory ve ark., 2021).

2.3.1. Statik kültür yöntemi

Statik kültür yöntemi, üretim için geleneksel bir yaklaşımdır. Statik kültürlerde, BS, ince zar olarak da adlandırılan, iyi tanımlanmış mikrofibrillerden oluşan bir ağ şeklinde üretilmektedir (Hestrin ve ark., 1947) İnce zar, <130 nm genişliğinde mikrofibrillerin ve 2-4 nm çapındaki daha ince mikrofibrillerin rastgele bir birleşiminden oluşur (Brown ve ark., 1976).

Genel üretim yöntemi olan statik kültür yöntemi, seri üretimi engelleyebilecek geniş yüzey alanları ve uzun kültür süreleri gerektirmektedir. Statik koşullar altında daha yüksek verimlerde BS üretebilen birkaç biyo reaktör geliştirilmiştir. Bunlar aerosol, yatay kaldırma biyoreaktörleri ve döner biyofilm kontaktörleri olarak sayılabilmektedir (Hornung ve ark., 2007; Kralisch ve ark., 2010; Kim ve ark., 2007)

Bu kültür yönteminde, 1-14 gün süreyle 28–30 °C sıcaklık ve $4 < \text{pH} < 7$ 'de üretimi yapılmaktadır. Bu yöntemle elde edilen bakteriyel selüloz, mükemmel yapısı ve özellikleriyle nedeniyle jöle benzeri tabaka elde edilir. Bakteriyel selülozun saflaştırma işlemi için, sıcak su ve sodyum hidroksit kullanılmaktadır. Kültür süresinin uzaması ile selüloz zarının kalınlığı artmaktadır. Çözeltili yüzeyinde selüloz filmi elde edildiğinden, selüloz üretimi doğrudan hava-sıvı yüzey alanı ile alakalıdır (Auta ve ark., 2017).

Sabit kültürlerde zar oluşumu, kültürün alt kısımlarındaki hücreler için uygun oksijen ihtiyacını sınırlandırmıştır. Böylece, selüloz üreten hücreler, statik kültürlerde BS sentezini artıran oksijen açısından zengin ortam hava ara yüzüne doğru hareket etmektedir (Gregory ve ark., 2021).

Daha sonra selüloz, ortamın yüzeyinde kalın bir zar halinde toplanır. BS, yüksek gözenekli 3 boyutlu ağlara sahiptir. Statik kültür yöntemi, düşük kesme kuvveti ortamı ile nispeten basit bir tekniktir; bu nedenle laboratuvar ölçeğinde BS oluşumu için en sık kullanılan tekniktir (Wang ve ark., 2019).

2.3.2. Sallama/Çalkalama kültür yöntemi

Karıştırmalı yetiştirme ve karıştırmalı fermentasyon süreçlerinde üç farklı selüloz formları üretilmektedir. Bunlar; lifli süspansiyonlar, küre şeklinde olanlar ve topak halinde olanlar olarak sayılmaktadır. Statik kültürle üretilen selülozla karşılaştırıldığında, karıştırmalı yetiştirme yöntemleriyle üretilen BS'nin mekanik özellikleri de farklılık göstermektedir (Watanabe ve ark., 1998).

Geleneksel bakteriyel selüloz üretimi yönteminden olan statik kültür üretiminde maliyetin fazla olması ve üretimin az olması iki esas problem-

dir. Bu problemleri çözmek için çalkalamalı kültürün kullanılması tavsiye edilmiştir. Çalkalamalı kültür üretiminde, oluşum esnasında bakterilerin oksijen almasını artırmak veya optimize etmek hedeflenmektedir (Czaja, ve ark., 2004; Inagaki ve Phillips, 1989).

Çalkalama kültür yönteminin bakteriyel selüloz verimini artırmak için tüm bakteri türleri için uygun olmadığı belirlense de, bakterilerin 10 µm ila 10 mm arasında değişen farklı partikül boyutlarında ve küresel dahil olmak üzere çeşitli şekillerde BS üretmesine olanak sağlamıştır. 1-9 mm büyüklüğünde, 3-5 mm büyüklüğünde elipsoidal, yıldız şeklinde, lifli süspansiyonlar, toprak halinde veya düzensiz kütleler oluşturmaktadır. BS'nin boyutu ve şekli, kültür ortamındaki dönme hızı, kültür süresi ve katkı türleri ile ilgilidir (Watanabe ve ark., 1998). Dönel olarak çalkalanan yetiştirme altında, çalkalanmış kültür sırasındaki sürekli kesme kuvveti, küresel bir yapı oluşturan ilk etkidir. Kültürün süresi, küresel BS'lerin boyutunu ve miktarını etkilemede başka bir faktördür. Üretilen BS'ler sürenin artmasıyla daha da büyümektedir (Czaja ve ark., 2004).

Çalkalama kültürde dönme hızı, küre benzeri BS oluşumunda da önemli bir rol oynar. 100 rpm'den daha düşük bir dönüş hızıyla, küre benzeri herhangi bir BS parçacığı bulmak zordur yani sentezlenen BS'nin düzensiz şekiller gözlemlenmiştir. Küresel BS şekli 125 rpm'de belirgin hale gelmektedir (Hu and Catchmark, 2010a).

Genel olarak çalkalamalı kültürde, bakteri türünün kararsızlığı, BS'nin karıştırılması sırasında yerçekimi olmayan davranış ve yüksek kesme kuvveti, çalkalama/çalkalama yönteminin bazı dezavantajlarıdır. Ancak BS bu kültür yönteminde, düşük polimerizasyon derecesi, düşük kristallik indeksi ve düşük mekanik özellikler gibi bazı mikro yapı ve özelliklerdeki değişiklikleri gösterir. (Kouda ve ark., 1997; Kouda ve ark., 1998; Wang ve ark., 2019).

Küre benzeri BS'nin mikro yapısı, diğer kültür yöntemleriyle üretilenden oldukça farklıdır. Bunun nedeni, BS oluşum sürecinin ajitasyondan etkilenilebilmesidir. Küre benzeri BS'nin geometrileri, statik ve çalkalanmış/sallayan kültürler arasında oldukça farklıdır. Statik kültürde besinin hava sıvı ara yüzünde bir BS membranı oluşturulabilirken, çalkalamalı/sallamalı kültürde BS, merkezde üretilir ve ardından dışa doğru gelişir. Dolayısıyla, küre benzeri BS'nin mikro yapısında katmanlı bir yapı gözlemlenebilir. Küre benzeri BS'nin iç bölgesi boş olmaktadır (Hu and Catchmark, 2010b)

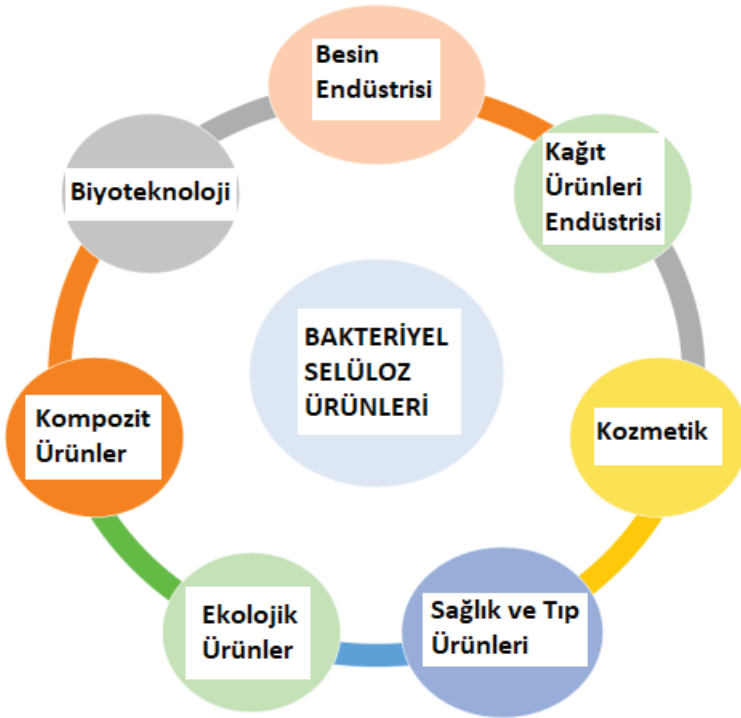
2.3.2. Biyoreaktör kültür yöntemi

Bu kültür yönteminde, oksijen kaynağının artırılmasını, kültür ortamına besin eklenmesini ve kültür ortamının geliştirilmesini içeren birçok çalışma yapılmıştır. BS üretimi, yüksek oksijen veya besin çözeltisi trans-

fer oranı ile sürekli yetiştirme ile arttırılabilir. Bazı biyoreaktör kültürlerinin yüksek seviyelerde BS ürettiği bildirilmiştir. Son yıllarda, BS'nin fermantasyon süreci ve hazırlama teknolojisi hakkında bazı araştırmalar, BS'nin bazı biyoreaktör kültürlerini tanıtmıştır. Oksijenle zenginleştirilmiş hava altında BS üretmek, dönen bir diskin kullanılması veya biyofilm desteği yoluyla BS üretmek gibi işleyiş biçimleriyle karakterize edilebilirler (Campano, ve ark., 2016; Huang et al., 2014). Yöntem içerisinde oksijen dağıtımını artırmak için, karıştırılmış bir tank biyoreaktörü, dönen disk biyoreaktörü, modifiye edilmiş statik biyoreaktör bunlardan bir kaçıdır (Wang ve ark., 2019).

2.4. Bakteriyel selülozun genel kullanım alanları

BS ürünleri, gıda, kağıt, ambalaj, tekstil ve biyo betonun yanı sıra biyo remediasyon, kozmetik, elektronik ve algılama uygulamaları, iyileştirici ve anti bakteriyel yara örtüleri, kontrollü ilaç dağıtımı, kanser tedavisi, doku mühendisliği ve hücre kültürü ile yapay kan damarları gibi birçok kullanım alanı sunmaktadır. Şekil 3'de BS' nin kullanıldığı başlıca endüstri kolları gösterilmektedir.



Şekil 3. Bakteriyel selülozun endüstride kullanıldığı yerler

BS, diyabet, obezite ve kardiyovasküler rahatsızlıklar gibi kronik hastalık risklerinde azalma da dahil olmak üzere geniş bir sağlık yararları yelpazesi sunan lif açısından zengin bir doğal gıda olarak bilinmektedir

(Sukara ve Meliawati, 2016).

Besin endüstrisinde, BS'nin üstün su tutma kapasitesi, yüksek saflığı ve düşük kalorili diyet lifleri onu yenilebilir bir biyo polimer yapmaktadır. Diğer gıda bileşenleriyle birlikte BS, bu nedenle gıda imalat endüstrisinde yüksek potansiyel değere sahiptir (Gallegos ve ark.,2016). Ayrıca BS'nin yüksek su tutma özellikleri ile jelleştirici, koyulaştırıcı ve stabilize edici özellikleri gıda endüstrisi için ideal kullanım sağlamaktadır (Sukara ve Meliawati, 2016; Okiyama ve ark., 1992). Ayrıca Gıda paketleri, gıdaları oksijen, mikroorganizmalar, su buharı gibi kirletici maddelerin riskinden koruyan ve böylece gıdanın raf ömrünü uzatan muhafazalar olarak işlev görür. Araştırmacılar, gıda paketleme sistemlerinde doğal kaynaklı anti mikrobiyal ajanların varlığının, gıdaların raf ömrünü uzattığını ve gıda kalitesini koruduğunu doğrulamıştır (Turhan ve Hyg, 2013). Plastik materyallerin yerine poşet ve gıda ambalaj malzemesi olarak kullanımı mümkün olduğunu bildirmişlerdir (Lin ve ark., 2014).

Süper emici polimerler özelliği sayesinde, kuru malzemenin kendi kütlelerinin yaklaşık yirmi katı bir sıvıyı kendiliğinden emmesi gerekir. Hacimdeki bu değer %2000 değişime uğrarken, şişen malzeme orijinal kimliğini korumaktadır. Bu sayede çeşitli modifikasyonlarla birlikte çocuk bezi, kadın hijyenik pedi ve yaşlı bezi gibi kullanım alanlarında kullanılmasını da mümkün kılmaktadır (Jorfi ve Foster, 2015; Ma ve ark., 2015).

Tekstil endüstrisinde, kullanılan en yaygın lifler sentetiktir ve biyolojik olarak parçalanamaz. Tıbbi tekstil alanında birçok çalışma yapılmaktadır (Aygün, 2021; Arıkan ve Aygün, 2017). Bu nedenle tekstil endüstrisinde çevre dostu kumaşların tanıtılması önemlidir. Doğal ve biyolojik olarak parçalanabilen BS lifleri, uygun fizikokimyasal ve mekanik özellikleri göz önüne alındığında tekstiller için kullanılabilir (Gregorg ve ark., 2021).

BS çimento kompozitleri, çatlamış bir beton malzemenin kırılmaya daha uzun süre dayanmasını sağlayan daha yüksek bir kırılma tokluğu sergilemiştir. BNS'nin koruyucu tabakası tarafından sunulan azaltılmış lif mineralizasyonu, çimento bulamacındaki alkali iyonların lif lümenlerine geçişini sınırlar, böylece çatlakları stabilize etmektedir (Mohammadkaze-mi ve ark., 2015).

Endüstriyel atıklar genellikle herhangi bir uygun işleme tabi tutulmadan çevreye salınır. Biyolojik temizleyiciler, kirleticileri mikroorganizmalardan yararlanarak veya bunları faydalı ürünlere dönüştürerek CO2 ve H2O gibi daha küçük moleküllere dönüştürerek bu sorunlara kalıcı bir çözüm sunmayı amaçlamaktadır. Son zamanlarda, daha önce bahsedilen doğal kombucha simbiyotik bakteri ve maya kültürü tarafından hazırlanan BS kullanılarak bir ultrafiltrasyon membranı geliştirilmiştir (Wang ve ark.,2002).

BS, biyo uyumluluk, su tutma, maddeleri tutma ve salma kabiliyeti ayrıca mükemmel cilt yapışma özellikleri nedeniyle kozmetik ve cilt bakımı alanında, biyolojik olarak parçalanamayan birçok kozmetik bileşenin yerini alabilecek sürdürülebilir bir potansiyele sahiptir (Bianchet ve ark., 2020).

BS'nin bir diğer önemli uygulama alanı, elektronik uygulamalarda kullanılmasıdır. Dhar ve ark. BS'nin elektriksel iletkenliğini ve mekanik performansını iyileştirmek için indirgenmiş grafen oksit (RGO) kullanmışlardır (Dhar ve ark., 2019).

Yapılan bir çalışmada, bakteri selülozu üretimi sırasında renk tutumu üzerine araştırma yapılmış ve yüksek renk derinliği ve yıkamaya karşı direnç elde edilmiştir. Yüksek gözenekli bakteri selülozu malzeme, literatürde belirtilen diğer malzemelerin aksine, biyo-renklendirme desteği olarak büyük performans göstermiştir (Song ve ark., 2018). Yapılan başka bir çalışma da renklendirilmiş filmler üretilmiştir (Cielecka ve ark., 2021).

2.4.1. Bakteriyel selülözün ağaç işleri endüstrisinde kullanım alanları

Ağaç ürünleri sanayisinden kağıt endüstrisinde BS, yüksek kristallliği, yüksek Youngs modülü, düşük iç gözenekliliği ve uzun süreli stabilitesi nedeniyle bozulmuş kağıtları güçlendirmek için gerekli özelliklere sahiptir ve böylece BS'yi bu endüstride ideal bir aday yapmaktadır (Santos ve ark., 2015).

Farklı bir çalışmada, bakteriyel selüloz yıpranmış ve korunması gereken kağıtların kaplanarak korunması yani kağıtların restorasyonunda kullanılabileceğini ortaya koymuştur (Gómez ve ark., 2017).

Manyetik kağıt olarak kullanımı üzerine yapılan bir çalışmada, kağıtlar görünür spektral aralıkta yüksek bir yansıma ile ilişkili olan %75-85'lik bir beyazlık sergilemiştir. Ek olarak, beyaz manyetik kağıt, geleneksel kağıda benzer esneklik, katlanabilirlik ve yuvarlanabilirlik gibi fiziksel ve mekanik özellikler sergileyerek bu alanda kullanılabileceği belirtilmiştir (Sriplai ve ark., 2018).

Yapılan bir çalışmada, BS yüksek kristallliği, yüksek Youngs modülü, düşük iç yapısı nedeniyle bozulmuş kağıtları güçlendirmek için gerekli özelliklere sahip olduğu ve gözeneklilik, uzun süreli stabilite sergilemesi kağıt yapımında ideal bir aday malzeme haline getirdiğini bildirilmiştir (Santos ve ark., 2015).

Farklı araştırmalarda, kağıt hamuru içerisine katılan bakteri selülözünün kağıdın katlanma direncini arttırdığını ve normal kağıtlara kıyasla daha yüksek gerilme mukavemeti ve Young modülü sergilediğini tespit etmişlerdir (Iguchi ve ark., 2000; Cheng ve ark., 2011).

Yapılan bir çalışmada, kağıt hamuru içerisine belli oranlarda katılan bakteriyel selüloz, kağıdın çekme direncini %12.6, yırtılma direncini %10.1, patlama direncini %7.82 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. Hamur içerisine eklenen bakteri selülozunun lifler arasında köprü görevi yaptığı bildirilmiştir (Yang ve ark., 2016).

Vandamme ve arkadaşları (1998) BS'nin ince, iç içe dokunmuş pürüzsüz fiber ağı nedeniyle kağıt yapımında ultra güçlü bir katkı maddesi olduğunu göstermiştir. Ayrıca başka bir çalışmada, Modifiye BS ayrıca özel ve yangına dayanıklı kağıtların üretiminde potansiyel göstermiştir (Skocaj, 2019).

Yapılan bir çalışmada, bakteriyel selüloz katkılı yonga levha üretim olanakları araştırılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre bakteriyel selüloz ile yapılan levhalarda daha düşük MOR ve MOE değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bakteriyel selülozlu levhalar için 2 ve 24 saat sonra şişme değerleri daha düşük bulunmuştur. BS katkılı levhaların, düşük yoğunluklu LP1 teknik şartnamesinin minimum gereksinimlerini karşıladığı, yonga levha üretiminde potansiyel bir hammadde bileşeni olabileceği belirtilmiştir (Wacikowski ve Michałowski, 2020).

Yapılan bir çalışmada mantar miseli kullanılarak üretilen levhaların, mekanik dayanımlarının yetersiz olması nedeniyle levhalara katılan bakteri selülozunun levha özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Bakteriyel selüloz eklendiğinde, kompozit yonga levhaların iç bağının önemli ölçüde iyileştğini bulmuşlardır (Elsacker ve ark., 2021)

Odun plastik kompozit malzeme üretiminde, Polietilen (PE) kompozitlerinin mekanik özellikleri, bakteriyel selüloz (BS) eklenerek değerlendirilmiştir. BS'nin geleneksel ağaç lifi kombinasyonu ile veya kombinasyonu olmadan kompozitlerin mekanik özelliklerini iyileştirebileceği bulunmuştur (Gu ve ark., 2010).

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada, bakteri selülozunun genel yapısı, bitki selülozuna benzerlikleri ve farklılıkları ortaya konmuştur. Bakteri selülozunun gelişiminde ve üretiminde gereken kültür şartları ve kültür yöntemleri özetlenmiştir. Bakteriyel selülozu üzerine yapılan genel kullanım imkanları üzerine yapılan araştırmalar ortaya koyulmuştur. Ağaç işleri endüstrisinde kullanım olanakları üzerine yapılan araştırmalar belirtilmiştir. Genel çıktılar özetlenecek olursa;

Doğal bir yenilenebilir polimer olarak BS, doğal bitki selülozu ile karşılaştırıldığında yüksek saflık, polimerizasyon derecesi ve kristallik sergilemekte ayrıca su tutma kapasitesi, çekme direnci, elastikiyet modülü, porozite, lif boyutu ve yüzey alanı, bitki selülozuna göre daha yüksek olduğu

görülmüştür.

Bakteri selülozu oluşumu için temel karbon kaynağı ihtiyacının öncelikle glukoz olduğu ve diğer şeker birimlerinin de karbon kaynağı olarak kullanılabileceği bildirilmiştir. Genel olarak optimum pH'ın 4-7 aralığında uygun olduğu ve en uygun büyüme sıcaklığının 20-30°C olduğunu tespit etmişlerdir. Özellikle bakteri selülozunun gelişimde yeterli oksijen ihtiyacı olduğu belirtilmiştir.

Genel olarak elde edilen iki kültür yönteminden statik kültür yöntemi, uzun bir kültür süresi gerektirmesine ve düşük bir verim oranına sahip olmasına rağmen, büyük ölçekli ve kalınlık kontrolü yapılarak BS membranı hazırlanabilir. Daha da önemlisi, statik yöntemle elde edilen BS, diğer kültür yöntemleriyle üretilenlere kıyasla mükemmel özelliklere sahiptir. Çalkalama kültür yöntemi ile BS farklı boyut ve şekillerde elde edilebilmektedir.

Bakteri selülozunun kullanım olanaklarının araştırıldığı endüstriler genel olarak besin endüstri, biyoteknoloji, kompozit ürünler, ekolojik ürünler, sağlık ve tıp ürünleri, ağaç işleri endüstrisi olarak sıralanmaktadır.

Ağaç işleri endüstri üzerinde yapılan çalışmalar özetlenecek olursa;

Özellikle kağıtçılık sektöründe çalışmalar yoğunlaşmaktadır. Kağıt endüstrisinde yapılan çalışmalarda bakteri selülozu eklenerek üretilen kağıtların yüksek çekme direnci, yırtılma direnci, katlanma ve patlama direncine sahip olduğu ayrıca pürüzsüz fiber ağı nedeniyle kağıt yapımında ultra güçlü bir katkı maddesi ve yüksek yüksek elastikiyet modülüne sahip olduğu belirtilmiştir.

Ayrıca kağıtların restorasyonunda, yangına dayanıklı kağıtların ve yüksek opaklık özelliği nedeniyle modifiye edilen bakteriyel selülozun manyetik kağıt üretimine imkan tanıdığı belirtilmiştir.

Ayrıca levha üretiminde BS kullanımı dayanımı arttırmak amacıyla ve biyobozunur malzeme olduğu için eklenerek, yonga levha, mantar miseli levha ve odun plastik levhaların içerisine katılarak levha özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Ağaç işleri endüstrisinde BS kullanılarak üretilen malzemeler, kağıt endüstrisinde dayanıklı kağıtların üretilmesi, BS yi modifiye ederek kullanılması ile istenilen özelliğin kağıda verilebilmesi mümkündür. Levha endüstrisinde BS nin kullanılması iç bağlanma özelliğinden faydalanılarak direnç değerlerinin artırılması mümkündür. Bu bilgiler ışığında bakteri selülozunun ağaç işleri endüstrisinde kullanım alanları, bitki selülozundan üstün özellikler göstermesi bakımından önemlidir. Daha fazla kullanım alanları yapılan çalışmalarla ortaya koyulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Arıkan, H. K., Aygün, 2017. H. H., Propolis Extract-PVA Nanocomposites of Textile Design: Antimicrobial Effect on Gram Positive and Negative Bacterias, *International Journal of Secondary Metabolite*, 4(3): 218-226.
- Auta, R., Adamus, G., Kwiecien, M., Radecka, I., Hooley, P., 2017. Production and characterization of bacterial cellulose before and after enzymatic hydrolysis, *Afr. J. Biotechnol.*, 16 (10), 470- 482
- Aygün, H. H., 2021. Tıbbi Tekstillerin Üretimi, Bitim İşlemleri ve Karakterizasyon Yöntemleri, In: Mühendislik Alanında Akademik Araştırma ve Değerlendirmeler. 47083: 33-56. Eds: Selahattin Bardak, Serüven Yayınevi, Türkiye. ISBN 978-625-7721-43-1.
- Basu, A., Vadanani, S. V., & Lim, S., 2018. A novel platform for evaluating the environmental impacts on bacterial cellulose production. *Scientific Reports*, 8(1), 1–8
- Bianchet, R.T. Vieira Cubas, A.L. Machado, M.M. Siegel Moecke, E.H., 2020. Applicability of bacterial cellulose in cosmetics – bibliometric review, *Biotechnol. Rep. Amst. (Amst)* 27
- Brown Jr., R.M. 2004, Cellulose structure and biosynthesis: What is in store for the 21st century, *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.* 42. 487–495.
- Brown Jr., RM, Willison, JHM, Richardson, CL., 1976. Cellulose biosynthesis in *Acetobacter xylinum*: Visualization of the site of synthesis and direct measurement of the in vivo process. *Proc Natl Acad Sci USA* 73:4565-4569.
- Campano, C., Balea, A., Blanco, A., Negro, C., 2016. Enhancement of the fermentation process and properties of bacterial cellulose: a review, *Cellulose*, 23, 57–91.
- Cheng, K.-C., Catchmark, J.-M., & Demirci, A., 2011. Effects of CMC addition on bacterial cellulose production in biofilm reactor and its paper sheets analysis. *Biomacromolecules*, 12, 730-736.
- Cielecka, I., Rynagajło, M., Maniukiewicz, W., Bielecki, S., 2021. Highly Stretchable Bacterial Cellulose Produced by *Komagataeibacter hansenii* SI1, *Polymers* 2021, 13, 4455.
- Czaja, W., Romanovicz, D., Brown, R.M., 2004, Structural investigations of microbial cellulose produced in stationary and agitated culture, *Cellulose*, 11(34), 403 – 411.
- Çoban, E. P., 2007. Yüzey Kültür Fermentasyon Yöntemi ile Bazı Asetik Asit Bakterilerinden Ekstrasellüler Polisakkarit Üretimi, Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- De Wulf, P., Joris, K., & Vandamme, E. J., 1996. Improved Cellulose Formation by an *Acetobacter xylinum* Mutant Limited in (Keto)Gluconate Synthesis

Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental AND Clean Technology, 67, 376-380.

- Dhar, P. Pratto, B. Gonçalves Cruz, A.J. Bankar, S. 2019. Valorization of sugarcane straw to produce highly conductive bacterial cellulose / graphene nanocomposite films through in situ fermentation: Kinetic analysis and property evaluation, J. Clean. Prod. 238. 117859
- Dimitrellou, D., Kandyli, P., Kourkoutas, Y., Koutinas, A. A., & Kanellaki, M., 2009. Evaluation of thermally-dried Kluyveromyces marxianus as baker's yeastFood chemistry, 115, 691-696.
- Du Toit, W. J., & Lambrechts, M. G., 2002. The enumeration and identification of acetic acid bacteria from South African red wine fermentations International journal of food microbiology, 74, 57-64.
- Du, H., Liu, W., Zhang, M., Si, C., Zhang, X., Li, B., 2019, Cellulose nanocrystals and cellulose nanofibrils based hydrogels for biomedical applications, Carbohydrate Polymers, 209, 130–144.
- Elsacker, E., Vandeloock, S., Damsin, B., , Van Wylick, A., Peeters, E., De Laet, L., 2021. Mechanical characteristics of bacterial cellulose-reinforced mycelium composite materials, Fungal Biology and Biotechnology 8:18 <https://doi.org/10.1186/s40694-021-00125-4>
- Fernandez Nunez, E. G., Barchi, A. C., Ito, S., Escaramboni, B., Herculano, R. D., Mayer, C. R. M., de Oliva Neto, P., 2017. Artificial intelligence approach for high level production of amylase using Rhizopus microsporus var. Oligosporus and different agro-industrial wastes, Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 92 (3) 684-692.
- Gallegos, A.M.A., Carrera, S.H., Parra, R., Keshavarz, T., Iqbal, H.M.N., 2016. Bacterial cellulose: a sustainable source to develop value-added products—a review, BioResources 11 (2), 5641-5655.
- Geyer, U., Heinze, T., Stein, A., Klemm, D., Marsch, S., Schumann, D., & Schmauder, H. P. 1994. Formation, derivatization and applications of bacterial cellulose. International Journal of Biological Macromolecules, 16(6), 343–347. [https://doi.org/10.1016/0141-8130\(94\)90067-1](https://doi.org/10.1016/0141-8130(94)90067-1)
- Gómez, N.; Santos, S. M.; Carbajo, J. M.; Villar, J. C. 2017. Use of Bacterial Cellulose in Degraded Paper Restoration: Effect on Visual Appearance of Printed Paper. BioResources 12, 9130–9142.
- Gregory, D.A., Tripathi, L., Fricker, A.T.R., Asare, E., Orlando, I., Raghavendran, V., Roy, I., 2021, Bacterial cellulose: A smart biomaterial with diverse applications, Materials Science & Engineering R, 145, 100623
- Gu, R., Kokta, B.V., Frankenfeld, K., Schluter, K., 2010. Bacterial cellulose reinforced thermoplastic composites: Preliminary evaluation of fabrication and performance, Bioresources 5(4):2195-2207.

- Hestrin, S. Aschner, M. Mager, J. 1947. Synthesis of Cellulose by Resting Cells of *Acetobacter xylinum*, *Nature* 159 (1947) 64–65.
- Hornung, M. Ludwig, M. Schmauder, H.P., 2007. Optimizing the Production of Bacterial Cellulose in Surface Culture: A Novel Aerosol Bioreactor Working on a Fed Batch Principle (Part 3) *Eng. Life Sci.* 7, 35–41.
- Hu, Y., Catchmark, J.M., 2010b. Formation and Characterization of Spherelike Bacterial Cellulose Particles Produced by *Acetobacter xylinum* JCM 9730 Strain, *Biomacromolecules*, 11, 1727–1734.
- Huang, Y., Zhu, C., Yang, j., Nie, Y., Chen, C., Sun, D., 2014. Recent advances in bacterial cellulose, *Cellulose*, 21(1), 1-30.
- Iguchi, M., Yamanaka, S., & Budhiono, A., 2000. Bacterial cellulose- a masterpiece of nature's arts. *Journal of Materials Science*, 35(2), 261-270.
- Inagaki, H., Phillips, G.O., 1989, Cellulosics Utilization-Research and Rewards in Cellulosics, *Cellulosics Utilization: Research and Rewards in Cellulosics*. 175–181.
- Jing, Y. Chuanshan, Z. Yifei, J. Wenjia, H. 2016. The research of adding bacterial cellulose to improve the strength of long-fiber paper, 2016 4th International Conference on Machinery, Materials and Computing Technology, Atlantis Press 390–393.
- Jonas, R. Farah, L.F. 1998. Production and application of microbial cellulose, *Polymer Degradation and Stability*, 59, 101–106.
- Jorfi, M. Foster, E.J. 2015. Recent advances in nanocellulose for biomedical applications., *J. Appl. Polym. Sci.* 132.
- Kamra, D. N., and B. Singh. 2017. Anaerobic gut fungi. In: T. Satyanarayana, S. K. Deshmukh, B. N. Johri, editors, *Developments in fungal biology and applied mycology*. Springer, Singapore. p. 125–134. doi.10.1007/978-981-10-4768-8
- Kang S.W., Park Y.S., Lee J.S., Hong S.I., Kim S.W., 2004. Production of cellulases and hemicellulases by *Aspergillus niger* KK₂ from lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*, 91(2): 153-156.
- Kim, J.Y., Kim, J.N., Wee, Y.J., Park, D.H., Ryu, H.W., 2007. Bacterial cellulose production by *Gluconacetobacter* sp. RKY5 in a rotary biofilm contactor. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 137, 529-537.
- Kouda, T., Yano, H., Yoshinaga, F., Kaminoyama, M., & Kamiwano, M. 1996. Characterization of non-newtonian behavior during mixing of bacterial cellulose in a bioreactor. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 82(4), 382–386. [https://doi.org/10.1016/0922-338X\(96\)89155-0](https://doi.org/10.1016/0922-338X(96)89155-0)
- Kouda, T., Naritomi, T., Yano, H., Yoshinaga, F., 1997. Effects of oxygen and carbon dioxide pressures on bacterial cellulose production by *Acetobacter* in aerated and agitated culture, *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 84 (2,), 124-12.

- Kouda, T., Naritomi, T., Yano, H., Yoshinaga, F., 1998. Inhibitory effect of carbon dioxide on bacterial cellulose production by *Acetobacter* in agitated culture, *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 85(3), 318-321.
- Kralisch, D. Hessler, N. Klemm, D. Erdmann, R. Schmidt, W., 2010. White biotechnology for cellulose manufacturing--the HoLiR concept, *Biotechnol. Bioeng.* 105 (2010) 740–747.
- Krystynowicz, A., & Bielecki, S., 2001. Biosynthesis of bacterial cellulose and its potential application in the different industries. Polish Biotech Database, News Copyright by Bio-Tech Consulting.
- Krystynowicz, A., Czaja, W., Wiktorowska-Jezierska, A., Gonçalves-Miśkiewicz, M., Turkiewicz, M., Bielecki, S., 2002. Factors affecting the yield and properties of bacterial cellulose, *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 29(4), 189–195.
- Lampugnani, E. R., Flores-Sandoval, E., Tan, Q. W., Mutwil, M., Bowman, J. L., Persson, S., 2019. Cellulose synthesis – central components and their evolutionary relationships, *Trends in Plant Science*, 0, 1–11.
- Lee, K.Y. Buldum, G. Mantalaris, A. Bismarck, A. 2014. More Than Meets the Eye in Bacterial Cellulose: Biosynthesis, Bioprocessing, and Applications in Advanced Fiber Composites, *Macromol. Biosci.* 14, 10–32.
- Lin, D., Lopez-Sanchez, P., Li, R., & Li, Z., 2014. Production of bacterial cellulose by *Gluconacetobacter hansenii* CGMCC 3917 using only waste beer yeast as nutrient source, *Bioresource Technology*, 151:113-9.
- Lin S-P, Huang Y-H, Hsu K-D, et al., 2016. Isolation and identification of cellulose-producing strain *Komagataeibacter intermedius* from fermented fruit juice. *Carbohydr Polym.* 151:827–833.
- Lin S-P, Loira Calvar I, Catchmark JM, Liu, J.R. Demirci, A., Cheng, K.C., 2013. Biosynthesis, production and applications of bacterial cellulose. *Cellulose.* 2013;20(5):2191–2219.
- Lin, Q., Zheng, Y., Wang, G., Shi, X., Zhang, T., Yu, J., & Sun, J. 2015. Protein adsorption behaviors of carboxymethylated bacterial cellulose membranes. *International Journal of Biological Macromolecules*, 73(1), 264–269. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2014.11.011>
- Lisdiyanti, P., Kawasaki, H., Seki, T., Yamada, Y., Uchimura, T., & Komagata, K., 2001. Identification of *Acetobacter* strains isolated from Indonesian sources, and proposals of *Acetobacter syzygii* sp. nov., *Acetobacter cibinongensis* sp. nov., and *Acetobacter orientalis* sp. nov. *The Journal of general and applied microbiology*, 47 (2001) 119-131.
- Lu ZM, Liu N, Wang LJ, Wu LH, Gong JS, Yu YJ, Li GQ, Shi JS, Xu ZH., 2016. Elucidating and regulating the acetoin production role of microbial functional groups in multispecies acetic acid fermentation. *Appl Environ Microbiol* 82:5860–5868.

- Ma, J. Li, X. Bao, Y., 2015. Advances in cellulose-based superabsorbent hydrogels, *RSC Adv.*, 5 (2015) 59745–59757.
- Marshall, K. C., & Alexander, M., 1960 Growth Characteristics Of Fungi And Actinomycetes, *Journal of bacteriology*, 80, 412.
- Mohammadkazemi, F. Doosthoseini, K. Ganjian, E. Azin, M. 2015. Manufacturing of bacterial nano-cellulose reinforced fiber–cement composites, *Constr. Build. Mater.*, 101 958–964.
- Mohite BV, Salunke BK, Patil SV. Enhanced production of bacterial cellulose by using *Gluconacetobacter hansenii* NCIM 2529 strain under shaking conditions. *Appl Biochem Biotechnol.* 2013;169(5):1497–1511.
- Molina-Ramírez C, Castro M, Osorio M, et al., 2017. Effect of different carbon sources on bacterial nanocellulose production and structure using the low pH resistant strain *Komagataeibacter medellinensis*. *Materials*. 10(6):639.
- Nishi, Y. Uryu, M. Yamanaka, S. Watanabe, K. Kitamura, N. Iguchi, M. Mitsuhashi, S., 1990. The structure and mechanical properties of sheets prepared from bacterial cellulose *J. Mater. Sci.* 25, 2997–3001.
- Okiyama, A., Motoki, M., Yamanaka, S., 1992. Bacterial cellulose II. Processing of the gelatinous cellulose for food materials, *Food Hydrocolloids*, 6(5), 479-487.
- Poyrazoğlu Çoban E., Bıyık H.H., 2008. Asetik Asit Bakterilerinden Elde Edilen Alternatif Selüloz. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 6(2), 19–26.
- Revin, V.V., Nazarova, N.B., Tsareva, E.E., Liyaskina, E.V., Revin, V.D., Pestov, N.A., 2020. Production of Bacterial Cellulose Aerogels With Improved Physico-Mechanical Properties and Antibacterial Effect, *Bioengineering and Biotechnology*, 8, 603407.
- Rodrigues Reis, C.E.; Bento, H.B.; Carvalho, A.K.; Rajendran, A.; Hu, B.; De Castro, H.F., 2019. Critical applications of *Mucor circinelloides* within a biorefinery context. *Crit. Rev. Biotechnol.* 39, 555–570.
- Santos, S.M. Carbajo, J.M. Quintana, E. Ibarra, D. Gomez, N. Ladero, M. Eugenio, M. E. Villar, J.C., 2015. Characterization of purified bacterial cellulose focused on its use on paper restoration, *Carbohydr. Polym.* 116, 173–181.
- Saichana N, Matsushita K, Adachi O, et al., 2015. Acetic acid bacteria: a group of bacteria with versatile biotechnological applications. *Biotechnol Adv.* 2015;33 (6):1260–1271.
- Saxena, I.M., Kudlicka, K., Okuda, K., Brown, R.M., 1994. Characterization of genes in the cellulose-synthesizing operon (acs operon) of *Acetobacter xylinum*: implications for cellulose crystallization. *J. Bacteriol.*, 176:5735-5752.
- Schramm, M., & Hestrin, S., 1954. Synthesis of cellulose by *Acetobacter xylinum*. I. Micromethod for the determination of celluloses *Microbiology*, 11 (1954) 123-129.

- Sheykhnazari, S., Tabarsa, T., Ashori, A., Shakeri, A., Golalipour, M., 2011. Bacterial synthesized cellulose nanofibers; Effects of growth times and culture mediums on the structural characteristics, Carbohydrate Polymers, 1187-1191, 86(3)
- Shirai, A., Takahashi, M., Kaneko, H., Nishimura, S. I., Ogawa, M., Nishi, N., & Tokura, S. 1994. Biosynthesis of a novel polysaccharide by *Acetobacter xylinum*. International Journal of Biological Macromolecules, 16(6), 297–300. [https://doi.org/10.1016/0141-8130\(94\)90059-0](https://doi.org/10.1016/0141-8130(94)90059-0)
- Skocaj, M. 2019. Bacterial nanocellulose in papermaking Cellulose, 26 (2019) 6477–6488.
- Son, H. J., Kim, H. G., Kim, K. K., Kim, H. S., Kim, Y. G., & Lee, S. J. (2003). Increased production of bacterial cellulose by *Acetobacter* sp. V6 in synthetic media under shaking culture conditions. Bioresource Technology, 86(3), 215–219. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00176-1](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00176-1)
- Song, J. E., Su, J., Noro, J., CavacoPaulo, A., Silva, C., Kim, C.R., 2018. Bio-coloration of bacterial cellulose assisted by immobilized laccase, AMB Expr 8:19.
- Sohail, M., Siddiqi, R., Ahmad, A., & Khan, S. A., 2009. Cellulase production from *Aspergillus niger* MS82: effect of temperature and pH., New Biotechnology, 25, 437-441.
- Sriplai, N. Sirima, P. Palaporn, D. Mongkolthanaruk, W. Eichhorn, S.J. Pinitsoontorn, S., 2018. White magnetic paper based on a bacterial cellulose nanocomposite, J. Mater. Chem. C 611427–11435.
- Strauss, M. L. A., Jolly, N. P., Lambrechts, M. G., & Van Rensburg, P., 2001. Screening for the production of extracellular hydrolytic enzymes by non-Saccharomyces wine yeasts Journal of applied microbiology, 91, 182-190.
- Sukara E., Meliawati R., 2016. Potential values of bacterial cellulose for industrial applications. J Celulosa 4:7–16.
- Tsouko E, Kourmentza C, Ladakis D, Kopsahelis N, Mandala I, Papanikolaou S, Koutinas A., 2015. Bacterial cellulose production from industrial waste and byproduct streams. Int J Mol Sci.16:14832–14849.
- Turhan, K.N., Hyg, J., 2013. Cellulose based packaging films containing natural antimicrobial agents, Hygienic Eng. Des., 5, 13-17.
- Urbina L, Hernandez-Arriaga AM, Eceiza A, et al., 2017. By products of the cider production: an alternative source of nutrients to produce bacterial cellulose. Cellulose. 24(5):2071–2082.
- Vandamme, E.J. De Baets, S. Vanbaelen, A. Joris, K. De Wulf, P., 1998. Improved production of bacterial cellulose and its application potential, Polym. Degrad. Stab. 59 (1998) 93–99.

- Wacikowski, B., Michałowski, M., 2020. The possibility of using bacterial cellulose in particleboard technology, *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW Forestry and Wood Technology* No. 109, 16-23
- Wang, j., Tavakoli, j., Tang, Y., 2019. Bacterial cellulose production, properties and applications with different culture methods – A review, *Carbohydrate Polymers* 219, 63–76.
- Wang, Y., Zhang, L., Liu, W., Cui, C., Hou, Q., 2019. Fabrication of optically transparent and strong nanopaper from cellulose nanofibril based on corn-cob residues, *Carbohydrate Polymers*, 214, 159-166.
- Wang, Z.L., Liu, Y., Zhang Z., (Eds.), 2002. *Forced Hydrolysis and Chemical Co-Precipitation, Handbook of Nanophase and Nanostructured Materials*, Springer US, Boston, MA, pp. 55–71.
- Watanabe K., Tabuchi M., Morinaga Y., Yoshinaga F., 1998. Structural features and properties of bacterial cellulose produced in agitated culture. *Cellulose*, 5, 187–200.
- Yabannavar, V., Singh, V., & Schaefer, E. 1992. Effect of pressure on an aminoglycoside fermentation mediated by dissolved oxygen. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 73(1), 66–69. [https://doi.org/10.1016/0922-338X\(92\)90235-M](https://doi.org/10.1016/0922-338X(92)90235-M)
- Yang Hu, Y., Catchmark, J.M., Vogler, E.A., 2013, Factors Impacting the Formation of Sphere-Like Bacterial Cellulose Particles and Their Biocompatibility for Human Osteoblast Growth, *Biomacromolecules*, 14, 10, 3444–3452.
- Yang Hu, Jeffrey M Catchmark, 2010b. *Studies on Sphere-like Bacterial Cellulose Produced by Acetobacter xylinum under Agitated Culture*, American Society of Agricultural and biological Engineers Pittsburgh, Pennsylvania, June 20-23.
- Yang, J., Zhao, C., Jiang, Y., Han, W., 2016. The research of adding bacterial cellulose to improve the strength of long-fiber paper, 4th International Conference on Machinery, Materials and Computing Technology (ICMMCT).