

# **Su Ürünleri ve Ziraatte Yenilikçi Yaklaşımlar: Sürdürülebilirlik, Teknoloji ve Ekolojik Stratejiler**

**Editörler**

Banu YÜCEL

Mustafa Tolga TOLON



© Copyright 2024

*Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi AŞ'ne aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.*

<b>ISBN</b>	<b>Sayfa ve Kapak Tasarımı</b>
978-625-375-095-4	Akademisyen Dizgi Ünitesi
<b>Kitap Adı</b>	<b>Yayıncı Sertifika No</b>
Su Ürünleri ve Ziraatte Yenilikçi Yaklaşımlar: Sürdürülebilirlik, Teknoloji ve Ekolojik Stratejiler	47518
<b>Editörler</b>	<b>Baskı ve Cilt</b>
Banu YÜCEL ORCID iD: 0000-0003-4911-7720 Mustafa Tolga TOLON ORCID iD: 0000-0002-2233-0663	Vadi Matbaacılık
<b>Yayın Koordinatörü</b>	<b>Bisac Code</b>
Yasin DİLMEN	TEC003120
	<b>DOI</b>
	10.37609/akya.3304

#### **Kütüphane Kimlik Kartı**

Ziraat ve Su Ürünleri / ed. Banu Yücel, Mustafa Tolga Tolon.  
Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2024.  
279 s. : şekil, tablo. ; 160x235 mm.  
Kaynakça ve İndeks var.  
ISBN 9786253750954

**GENEL DAĞITIM**

**Akademisyen Kitabevi AŞ**

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara

Tel: 0312 431 16 33

siparis@akademisyen.com

**www.akademisyen.com**

## ÖN SÖZ

Akademisyen Yayınevi yöneticileri, yaklaşık 35 yıllık yayın tecrübesini, kendi tüzel kişiliklerine aktararak uzun zamandan beri, ticarî faaliyetlerini sürdürmektedir. Anılan süre içinde, başta sağlık ve sosyal bilimler, kültürel ve sanatsal konular dahil 3100'ü aşkın kitabı yayımlamanın gururu içindedir. Uluslararası yayınevi olmanın alt yapısını tamamlayan Akademisyen, Türkçe ve yabancı dillerde yayın yapmanın yanında, küresel bir marka yaratmanın peşindedir.

Bilimsel ve düşünsel çalışmaların kalıcı belgeleri sayılan kitaplar, bilgi kayıt ortamı olarak yüzlerce yılın tanıklarındır. Matbaanın icadıyla varoluşunu sağlam temellere oturtan kitabın geleceği, her ne kadar yeni buluşların yörüngesine taşınmış olsa da, daha uzun süre hayatımızda yer edineceği muhakkaktır.

Akademisyen Yayınevi, kendi adını taşıyan **“Bilimsel Araştırmalar Kitabı”** serisiyle Türkçe ve İngilizce olarak, uluslararası nitelik ve nicelikte, kitap yayımlama sürecini başlatmış bulunmaktadır. Her yıl mart ve eylül aylarında gerçekleşecek olan yayımlama süreci, tematik alt başlıklarla devam edecektir. Bu süreci destekleyen tüm hocalarımıza ve arka planda yer alan herkese teşekkür borçluyuz.

**Akademisyen Yayınevi A.Ş.**



# İÇİNDEKİLER

Bölüm 1	Yumuşak Kabuklu Yengeç Yetiştiriciliği .....	1
	<i>Halil ŞEN</i>	
Bölüm 2	Tatlı Su Akvaryum Balıklarının Üreme Davranışları, Ortamı ve Materyal Seçimleri .....	11
	<i>Meryem ÖZ</i>	
	<i>Dilek ŞAHİN</i>	
	<i>Ünal ÖZ</i>	
	<i>Orhan ARAL</i>	
Bölüm 3	Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Sürdürülebilirlik Ölçütleri: FCR, FIFO, FFDR Kavramları .....	47
	<i>Kutsal GAMSIZ</i>	
	<i>Ali Yıldırım KORKUT</i>	
Bölüm 4	Deniz Ekosisteminde Hayalet Avcılık ve Tür Çeşitliliğine Etkisi .....	61
	<i>Ali ULAŞ</i>	
Bölüm 5	Uzaktan Algılama ve Balıkçılıkta Kullanımı.....	75
	<i>Adnan TOKAÇ</i>	
Bölüm 6	Su Ürünleri Alanında Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Kullanımı ve Meteorolojik Verilerin Önemi.....	85
	<i>Erdem ÖZSOY</i>	
	<i>Serpil SERDAR</i>	
Bölüm 7	Su Ürünleri Muhafasazında Postbiyotikler.....	95
	<i>Esmeray KÜLEY</i>	
	<i>Yetkin SAKARYA</i>	
Bölüm 8	Fermente Deniz Ürünleri Kaynaklı Nutrasötikler .....	113
	<i>Hatice YAZGAN</i>	
Bölüm 9	Balık Silajı Hazırlama Yöntemleri ve Kullanım Alanları.....	139
	<i>Gülsün ÖZYURT</i>	
	<i>Yetkin SAKARYA</i>	
Bölüm 10	Balık Yağı ve Yağ Asitleri: Sağlık Faydaları ve Uygulamaları .....	171
	<i>Barış BAYRAKLI</i>	
Bölüm 11	Deniz Kaplumbağalarının Sürdürülebilirliği ve Türkiye Denizlerindeki Türlerin Genel Özellikleri.....	189
	<i>Akile ESENLİOĞULLARI</i>	
	<i>Zafer TOSUNOĞLU</i>	

## *İçindekiler*

Bölüm 12	Mersin Balığının Doğal Habitatına Yeniden Kazandırılmasında Ekolojik ve Biyolojik Stratejiler .....	207
	<i>Barış BAYRAKLI</i>	
	<i>Hünkar Ayni DUYAR</i>	
Bölüm 13	Antalya Körfezinin Lesepsiyan (Kızıldeniz Kökenli) Balıkları .....	221
	<i>Kemal GÖKOĞLU</i>	
	<i>Mete KUŞAT</i>	
Bölüm 14	Bitki Gelişimini Destekleyen Rizosferik Fungi.....	237
	<i>Çiğdem KÜÇÜK</i>	
Bölüm 15	Ekstrüzyon Teknolojisi, Prensibi, Gıda Uygulamaları ve Gıda Bileşenleri Üzerine Önemli Etkileri.....	251
	<i>Selda BULCA</i>	

## YAZARLAR

**Dr. Öğr. Üyesi Orhan ARAL**

Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Yetiştiricilik AD

**Doç. Dr. Barış BAYRAKLI**

Sinop Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Su Ürünleri Bölümü

**Dr. Öğr. Üyesi Selda BULCA**

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gıda Teknolojileri AD

**Prof. Dr. Hünkar Avni DUYAR**

Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İşleme Teknolojisi AD

**Dr. Akile ESENLİOĞULLARI**

Karayolları 2. Bölge Müdürlüğü

**Dr. Öğr. Üyesi Kutsal GAMSIZ**

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Yetiştiricilik AD

**Yüksek Mühendis Kemal GÖKOĞLU**

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi

**Prof. Dr. Ali Yıldırım KORKUT**

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Yetiştiricilik AD

**Dr. Öğr. Üyesi Mete KUŞAT**

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Avlama Teknolojisi AD

**Prof. Dr. Çiğdem KÜÇÜK**

Harran Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Genel Biyoloji AD

**Prof. Dr. Esmeray KÜLEY**

Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İşleme Teknolojisi AD

**Dr. Öğr. Üyesi Meryem ÖZ**

Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Yetiştiricilik AD

**Dr. Öğr. Üyesi Ünal ÖZ**

Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimleri Bölümü, Balıkçılık Temel Bilimleri AD

**Dr. Erdem ÖZSOY**

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, İzmir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü

**Prof. Dr. Gülsün ÖZYURT**

Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İşleme Teknolojisi AD

**Arş. Gör. Yetkin SAKARYA**

Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İşleme Teknolojisi AD

**Prof. Dr. Serpil SERDAR**

Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Yetiştiricilik AD

**Doç. Dr. Dilek ŞAHİN**

Sinop Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü

*Yazarlar*

**Prof. Dr. Halil ŞEN**

Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi  
Yetiştiricilik Bölümü, Yetiştiricilik AD

**Prof. Dr. Zafer TOSUNOĞLU**

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi,  
Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi  
Bölümü, Avlama Teknolojisi AD

**Prof. Dr. Adnan TOKAÇ**

Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi,  
Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi  
Bölümü, Avlama Teknolojisi AD

**Prof. Dr. Ali ULAŞ**

Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi,  
Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi  
Bölümü, Avlama Teknolojisi AD

**Doç. Dr. Hatice YAZGAN**

Çukurova Üniversitesi, Veteriner Fakültesi,  
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü,  
Veterinerlik Gıda Hijyeni ve Teknolojisi, AD

# Bölüm 1

## YUMUŞAK KABUKLU YENGEÇ YETİŞTİRİCİLİĞİ

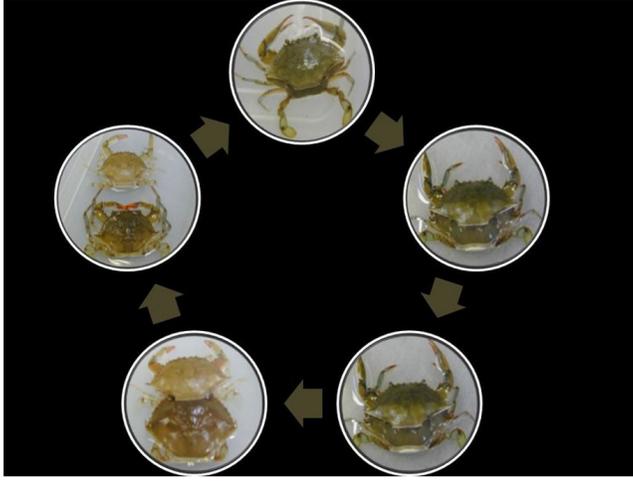
Halil ŞEN<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Yengeçler, 1,5 milyon tonun üzerinde perakende pazarlama miktarı ile dünyada avlanan tüm deniz eklembacaklıları arasında % 20'lik bir paya sahiptir. Yengeçlerin lüks tüketim gıdası olarak yer bulduğu pazarda, ihracatta %60'lık payıyla Japonya ilk sırada yer alırken Çin, Amerika ve Vietnam bu ülkeyi takip etmektedir. Yengeçler yoğun olarak, taze, donmuş ve/veya işlenmiş (pişirilmiş kiskaç eti, bacak vs) olarak satılmakta ve tüketilmektedir. Özellikle Amerika pazarında yumuşak kabuklu (soft-shell; yeni kabuk değiştirmiş) olarak yüksek fiyatlardan (taze sert kabuklu 5-7 \$/adet, soft-shell 10-15 \$/adet) alıcı bulmaktadır. En fazla talep gördüğü ülkelerin başında gelen Fransa'da fiyatı 3-6,5 €/kg, İtalya'da 9,5 €/kg ve Şili'de 8 €/kg'dan alıcı bulmaktadır. Yengeç eti, yüksek protein, düşük yağ ve karbonhidrat oranına sahip olmasının yanı sıra zengin mineral madde ve vitamin içeriği bakımından mükemmel bir gıda kaynağıdır (1-4).

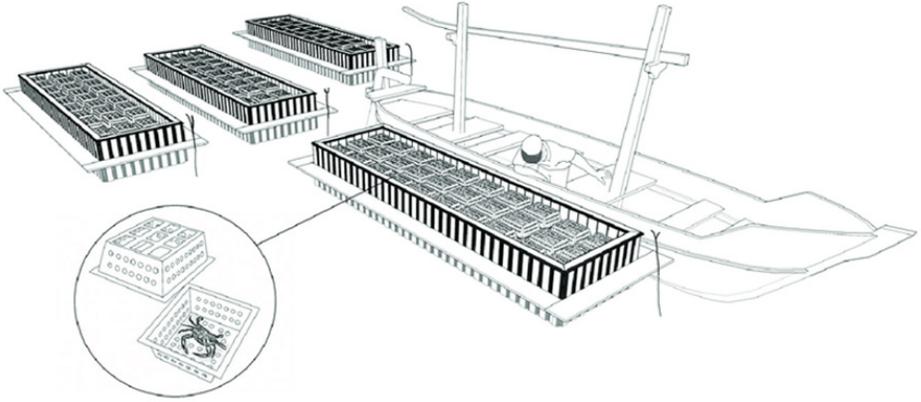
Yumuşak kabuklu yengeç, terimi özel olarak herhangi bir yengeç türünü değil, eski sert dış iskeletini yeni sertleşmemiş (yumuşak) bir kabukla değiştiren, kabuk değişiminin ilk saati içinde, herhangi bir yengecin fizyolojik durumunu ifade eder (5) (Şekil 1). Kabuk değişimi eski iskeletin atılarak yerine daha büyük bir kabuğun oluşumunu ve %30-40 oranında büyümeyi sağlar (6). Yumuşak kabuklu yengeç yetiştiriciliği son yıllarda tüm dünyada yüksek pazar fiyatı ve tüketici talepleri doğrultusunda büyük ölçüde artmıştır (7,8). Ancak yengeçlerin yüksek kanibalizm yani yamyamlık özelliğinden dolayı yetiştiricilik bireysel olarak yapılmak zorundadır (9). Çamur yengeci (*Scylla spp.*) ve mavi yengeç (*Portunus spp.*) uluslararası pazarda yumuşak kabuklu yengeç olarak aranan en popüler türlerdir (9,10).

<sup>1</sup> Prof. Dr., Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü, Yetiştiricilik AD, halil.sen@ege.edu.tr, ORCID iD:0000-0003-0878-3583

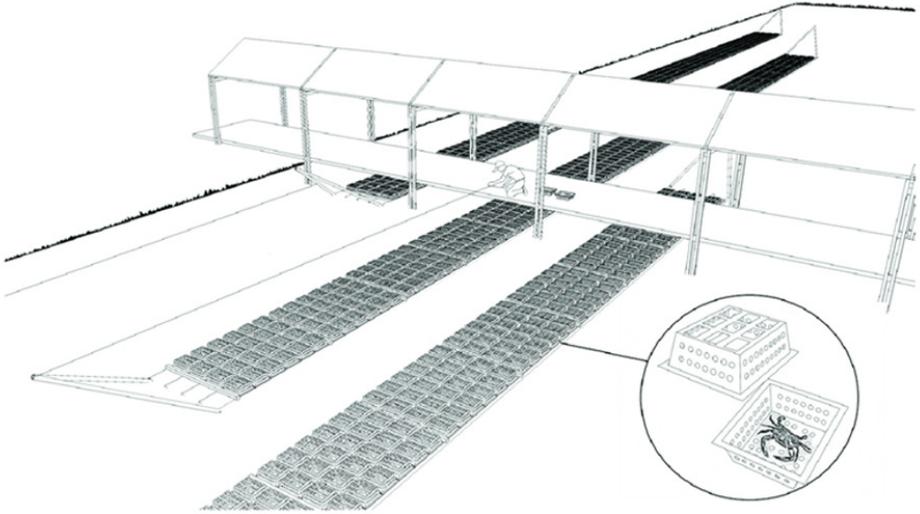


Şekil 1. Yengeç kabuk değişirme (11).

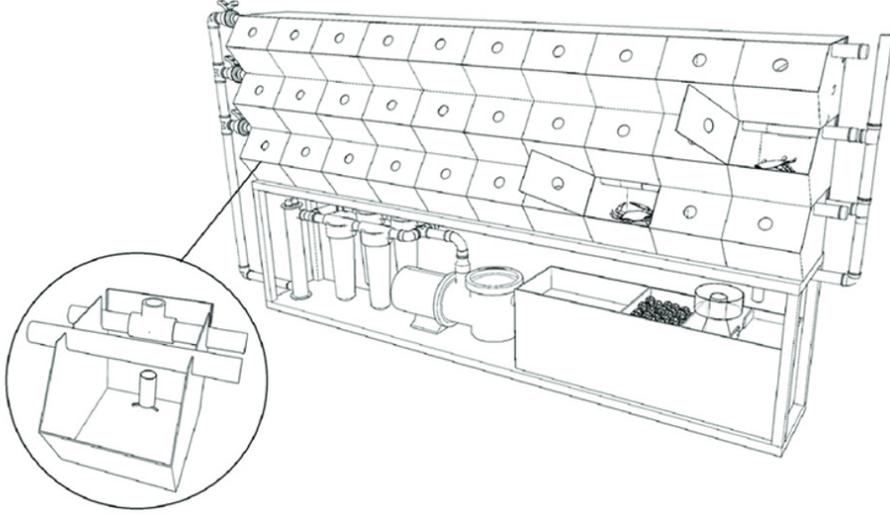
Yumuşak kabuklu yengeç yetiştiriciliği ile ilgili çalışmalar daha çok çamur yengeçleri üzerinde yoğunlaşmaktadır. Yumuşak kabuklu çamur yengesi yetiştiriciliği genel olarak doğadan yakalanan ve olgun olmayan bireylerin kabuk değiştirerek hasat edilmesiyle biten dönemi kapsamaktadır (8,12,13). Açık sistem, yarı kapalı sistem ve kapalı devre yetiştiricilik sistemleri kullanılır. Açık devre sistemde, kıyısız bölgede doğrudan deniz içerisinde veya denizle bağlantılı olan alanlarda yapılan yetiştiricilik ifade edilir (Şekil 2). Yarı kapalı devre sistemde, 0,5-1,0 hektarlık toprak havuzlarda özel plastik kutulara bireysel olarak yerleştirilen yengeçlerin beslenmesiyle ve gün içi periyodik kontrolleri yapılarak yumuşak kabuklu yengeç yetiştiriciliği yapılır (Şekil 3). Kapalı devre sistemde bireysel olarak özel kapaklı kutulara konulan yengeçlerin beslenmesi ve gün içi kontrolleriyle yetiştiricilik yapılır (Şekil 4).



**Şekil 2.** Açık devre yumuşak kabuklu yengeç yetiştiriciliği (8).



**Şekil 3.** Yarı kapalı yumuşak kabuklu yengeç yetiştiriciliği (8).



Şekil 4. Kapalı devre yumuşak kabuklu yengeç yetiştiricilik sistemi (8).

## YUMUŞAK KABUKLU (SOFT-SHELL) YETİŞTİRİCİLİK YÖNTEMLERİ

Yumuşak kabuklu yengeç yetiştiriciliği için birtakım metotlar geliştirilmiştir:

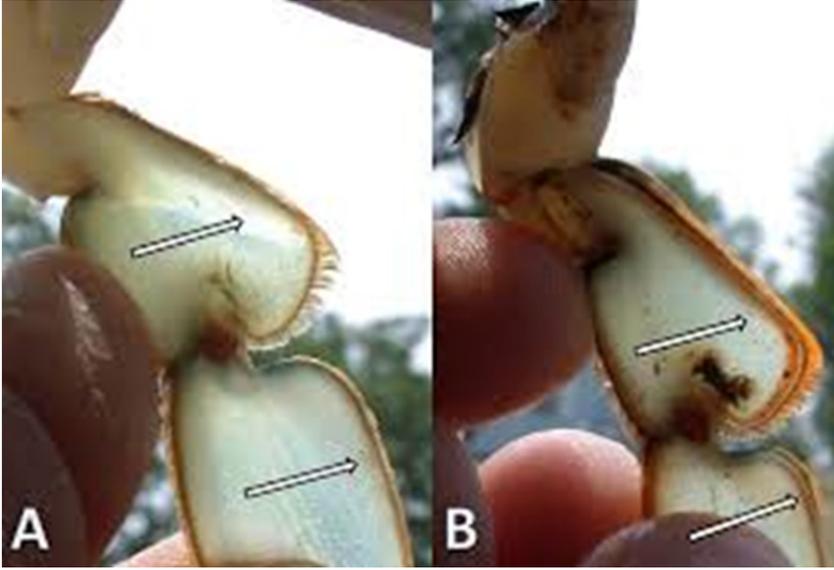
- Ototomi, bazı hayvanlarda, tehlikeli durumlarda, strese tepki olarak vücut parçalarını attıkları ve genellikle rakiplerini şaşırtmak ve daha sonra onlardan kaçmak için benimsenen davranışsal adaptasyondur. Birçok kabukluda olduğu gibi yengeçler de riskli durumlarda kısıkaçlarını, yürüme bacaklarını ve yüzme bacaklarını bırakarak ortamdan kaçabilirler. Karides ve diğer kabuklular gibi yengeçler de eski iskeletlerini atarlar ve yeni uzuvlarını oluşturarak büyürler (14). Yengeçlerin ototomi sonrası aynı organı kabuk değişimi ile yenileyebildikleri bilinmektedir (15). Önceki çalışmalar, çeşitli kabuklu türlerinde kısıkaç ototomisinin üretim ve büyüme performanslarını arttırdığını göstermiştir (15-20). Uzuvo ototomisi, yumuşak kabuklu yengeç yetiştiriciliğinde iki kabuk değişimi arasındaki süreyi kısaltmak için Güneydoğu Asya'da kullanılan yöntemlerdendir. Uzuvo, vücut ile birleştiği eklem yerinin kesilmesi şeklinde uygulanmaktadır (21,22). Bu yöntem en çok bir çamur yengeci türü olan *Scylla olivacea*'da başarıyla kullanılmaktadır (22-24).
- Kurustaselerde kabuk değişimini teşvik eden yöntemlerden biri olan göz sapının kesilmesi, bir ya da iki göz sapının alınması şeklinde uygulanmaktadır

(22,25). Göz sapı alınması, ekonomik olan kabuklu türlerinde kullanılırken bu işlemin uygulandığı bireylerde uygulanmayanlara göre daha kısa sürede kabuk değişimi olduğu tespit edilmiştir (22,26).

c) Kurustaselerde kabuk değişimini düzenleyen ana hormon ekdisteroidlerdir (22,27). Ekdisteroid'ten elde edilen 20E isimli hormon ajanı ile kabuk değişim süresinin kısaltılabileceği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (22,28.29). Ekdisteroidlere benzeyen bitki bazlı ikincil metabolit olan fitoekdisteroidlerin kullanımı (22,30) kabuk değişimini teşvik etmede büyük potansiyele sahip bir yöntemdir (22,31). Günümüzde ticari olarak faaliyet gösteren yumuşak kabuklu yengeç çiftliklerinde bu uygulama yapılmaktadır (22,32). Fitoekdisteroidlerin kabuk değişimine etkisine öncülük eden Endonezya ve Tayland'da yapılan çalışmalarda çoğunlukla enjeksiyon yönteminden faydalanılmaktadır (22,33-37). Bununla birlikte fitoekdisteroidin yemlerle verilmesi ile ilgili çalışmalar da bulunmaktadır (22,32,33).

d) Kabuk değişimini hızlandırmak için kullanılan, Y-organdaki nöropeptidlerin üretimini etkileyen diğer bir parametre sıcaklıktır (22,38,39). Birkaç yengeç türünde yapılan çalışmalarda belirli sıcaklıklarda yengeçlerin daha sık kabuk değiştirdiği ve büyüdüğü gözlemlenmiştir (22,40-43). Sıcaklık kadar etkili olmasa da kullanılan diğer fiziksel parametre olan tuzluluk için yapılan bir çalışmada kabuk değişimi süresinin kıaldığı tespit edilmiştir (22).

Çamur yengesinde olduğu gibi mavi yengeç (*Callinectes sapidus*) ile yapılmış yumuşak kabuklu yetiştiricilik çalışması bulunmamaktadır. Yumuşak kabuklu mavi yengeç üretimi genellikle doğadan yakalanan bireylerin yüzme bacalarının sondan ikinci segmentine bakılarak (Şekil 5) kabuk değişim zamanı tahmin edilen bireylerin, raf sistemi adı verilen sürekli su akışına sahip sistemlerde (Şekil 6), en fazla 7 gün tutulması şeklinde yapılır. Bu süre boyunca yengeçlere yem verilmez. Kabuk değiştiren yengeçler gün içerisinde düzenli aralıklarla kontrol edilirler ve kabuk değişimini tamamlamış olan bireyler ortamdan alınarak soğutuculu dolaplara canlı olarak konulurlar. Bu şekildeki yengeçler 1 haftaya kadar canlı olarak soğutuculu dolaplarda tutulabilirler. Bu işlemin kabuk değişimini takiben 1-3 saat içerisinde yapılması gereklidir. Aksi halde yengeç kabuğu sertleşir ve yumuşak kabuklu olarak pazarlanması mümkün olmaz.



**Şekil 5.** A: Kabuk değişimi henüz başlamamış birey, B: Kabuk değişimi başlamış birey (<https://www.queerfish.net/2019/08/22/oh-golly-do-i-eat-the-whole-thing-a-hard-look-at-soft-shell-crab/>).



**Şekil 6.** Sürekli su devir daimi olan raf tipi kabuk değiştirme tankları (<https://www.queerfish.net/2019/08/22/oh-golly-do-i-eat-the-whole-thing-a-hard-look-at-soft-shell-crab/>).

## **SONUÇ**

Türkiye'nin jeopolitik konumu yani hem Asya hem de Avrupa ülkelerine olan yakınlığı sebebiyle, ülkemizde var olan ekonomik yengeç türlerinin süratle ticari yetiştiricilik çalışmalarının başlatılmasına ihtiyaç vardır. Böylece ülke ekonomisine ve yeni istihdam alanlarının açılmasının yanı sıra su ürünleri sektörümüzün ürün yelpazesinin genişlemesi ve uluslararası mecrada rekabet gücümüzün artmasına da katkı yapılması mümkün olacaktır.

## **KAYNAKÇA**

1. Türeli, C., Çelik, M. ve Erdem, Ü. İskenderun Körfez'indeki Mavi Yengeç (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) ve Kum Yengeci (*Portunus pelagicus* Linne, 1758)'nde Et Kompozisyonu ile Veriminin Araştırılması. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*; 1998;24(2000): 195-203.
2. Skonberg, D.I. and Perkins, B.L. Nutrient composition of green crab (*Carcinus maenus*) leg meat and claw meat. *Food Chemistry*; 2002;77(4): 401-404.
3. Musaiger, A.O. and Al-Rumaidh, M.J. Proximate and mineral composition of crab meat consumed in Bahrain. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*; 2005;56(4): 231-235.
4. Jimmy, U. P., and Arazu, V. N. The proximate and mineral composition of two edible crabs *Callinectes amnicola* and *Uca tangeri* (Crustacea: Decapoda) of the Cross River, Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*; 2012;11(1): 78-82.
5. Freeman, J. A., Kilgus, G., Laurendeau, D. and Perry, H. M. Postmolt and intermolt molt cycle stages of *Callinectes sapidus*. *Aquaculture*; 1987;61(3-4), 201-209.
6. Romano, N. and Zeng, C. The effects of salinity on the survival, growth and haemolymph osmolality of early juvenile blue swimmer crabs, *Portunus pelagicus*. *Aquaculture*; 2006;260(1-4): 151-162.
7. Gaudé, A., and Anderson, J. A. *Soft Shell Crab Shedding Systems*. SRAC Publication; 2011.
8. Tavares, C.P.d.S., Silva, U.A.T., Pereira, L.A. and Ostrensky, A. Systems and techniques used in the culture of soft-shell swimming crabs. *Reviews in Aquaculture*; 2017;10: 913-923. doi.org/10.1111/raq.12207.
9. Kennedy, V. S., and Cronin, L. E. *The Blue Crab: Callinectes sapidus*. Maryland Sea Grant College, University of Maryland, College Park, MD; 2007.
10. Shelley, C. and Lovatelli, A. *Mud crab aquaculture: a practical manual*. FAO Fisheries and aquaculture technical paper, (567), I; 2011.
11. Rashadul Islam, S.M. *Bio-Economic Evaluation of Soft Shell Crab Farming Subjected to the Removal of Chelipeds and Walking Legs or Walking Legs and Swimmerets of Mud Crabs*. Department of Aquaculture Faculty of Fisheries Chattogram Veterinary and Animal Sciences University Chattogram-4225, Bangladesh; (PhD Thesis, pp. 62); 2019.
12. Qunitio, E. T. *Soft-shell crab production using hatchery-reared mud crab*. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center, Tigbauan, Iloilo, Philippine; 2015.

13. Hungria, D. B., dos Santos Tavares, C. P., Pereira, L. Â., de Assis Teixeira da Silva, U. and Ostrensky, A. Global status of production and commercialization of soft-shell crabs. *Aquaculture International*; 2017;25(6): 2213-2226.
14. Chang, E. S. and Mykles, D. L. Regulation of crustacean molting: a review and our perspectives. *General and comparative endocrinology*; 2011;172(3), 323-330.
15. He, J., Gao, Y., Wang, W., Xie, J., Shi, H., Wang, G. and Xu, W. Limb autotomy patterns in the juvenile swimming crab (*Portunus trituberculatus*) in earth ponds. *Aquaculture*; 2016;463: 189-192. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.05.043
16. Sagi, A., Snir, E. and Khalaila, I. Sexual differentiation in decapod crustaceans: role of the androgenic gland. *Invertebrate Reproduction & Development*; 1997; 31(1-3): 55-61.
17. Venkitraman, P.R., Jayalakshmy, K.V., Balasubramanian, T., Maheswari, N. and Nair, K.K.C. Effects of eyestalk ablation on molting and growth of penaeid prawn *Metapenaeus dobsoni* (de Man), Indian. *Journal of Experimental Biology*; 2004;42: 403-412.
18. Tamone, S. L., Adams, M. M. and Dutton, J. M. Effect of eyestalk-ablation on circulating ecdysteroids in hemolymph of snow crabs, *Chionoecetes opilio*: physiological evidence for a terminal molt. *Integrative and Comparative Biology*; 2005;45(1): 166-171.
19. Quintio, E. T. and Estepa, F. D. P. Survival and growth of mud crab, *Scylla serrata*, juveniles subjected to removal or trimming of chelipeds. *Aquaculture*; 2011;318(1-2): 229-234.
20. Food and Agriculture Organization (FAO). *Fishery and Aquaculture Statistics*, Food and Agriculture Organization of the United Nation; 2015.
22. Waiho, K., Ikhwanuddin, M., Baylon, J. C., Jalilah, M., Rukminasari, N., Fujaya, Y., and Fazhan, H. Moulting induction methods in soft-shell crab production. *Aquaculture Research*; 2021;52(9): 4026-4042. doi.org/10.1111/are.15274
23. Fujaya, Y., Rukminasari, N., Alam, N., Rusdi, M., Fazhan, H., and Waiho, K. Is limb autotomy really efficient compared to traditional rearing in soft-shell crab (*Scylla olivacea*) production? *Aquaculture Reports*; 2020;18: 100432.21. Smith, D. L. Patterns of limb loss in the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, and the effects of autotomy on growth. *Bulletin of Marine Science*; 1990;46(1), 23-36.
24. Rahman, M. R., Asaduzzaman, M., Zahangir, M. M., Islam, S. R., Nahid, S. A. A., Jahan, D. A., and Khan, M. N. A. Evaluation of limb autotomy as a promising strategy to improve production performances of mud crab (*Scylla olivacea*) in the soft-shell farming system. *Aquaculture Research*; 2020;51(6): 2555-2572.
25. Browdy, C. L., and Samocha, T. M. The effect of eyestalk ablation on spawning, molting and mating of *Penaeus semisulcatus* de Haan. *Aquaculture*; 1985; 49: 19-29. doi.org/10.1016/0044-8486(85)90187-5
26. Rana, S. Eyestalk ablation of freshwater crab, *Barytelphusa lugubris*: an alternative approach of hormonal induced breeding. *International Journal of Pure and Applied Zoology*; 2018;6:30-34.
27. Techa, J.S. and Chung, S. Ecdysteroids Regulate the Levels of Molt-Inhibiting Hormone (MIH) Expression in the Blue Crab, *Callinectes sapidus*. *PLOS ONE*; 2015;1-19. doi:10.1371/journal.pone.0117278.
28. Tamsil, A. and Hasnidar, E., 2018. The effect of molting hormone (20-hydroxyecdysone) on molting of mud crab (*Scylla olivacea* Herbst, 1976). *Ecology, Environment and Conservation*; 2018;24(2): 960-967.

29. Raghavan, S. D. A., and Ayanath, A. Effect of 20-OH ecdysone and methyl farnesoate on moulting in the freshwater crab *Travancoriana schirnerae*. *Invertebrate Reproduction and Development*; 2019;63: 309–318. doi.org/10.1080/07924259.2019.1653387
30. Rharrabe, K. Sayah, F., and Lafont, R. Dietary effects of four phytoecdysteroids on growth and development of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. *Journal of Insect Science*; 2010;10(1):1-12. doi.org/10.1673/031.010.1301
31. Chandrakala, M. V., Maribashetty, V. G., and Jyothi, H. K. Application of phytoecdysteroids in sericulture. *Current Science*; 1998;74: 341–346.
32. Fujaya, Y. Growth and molting of mud crab administered by different doses of vitomolt. *Jurnal Akuakultur Indonesia*; 2011;10, 24–28. [In Indonesian language]. doi.org/10.19027/jai.10.24-28.
33. Aslamyah, S., and Fujaya, Y. Stimulasi molting dan pertumbuhan kepiting bakau (*Scylla sp.*) melalui aplikasi pakan buatan berbahan dasar limbah pangan yang diperkaya dengan ekstrak bayam. *Ilmu Kelautan*; 2010; 15: 170–178. [In Indonesian language]. doi.org/10.14710/ik.ijms.15.3.170-178.
34. Sorach, K., Pratoomchat, B., Hanna, P.Y., and Suksamrarn, A. Effects of phytoecdysone on the molting period and survival rate of the blue swimming crab, *Portunus pelagicus*. *Journal of Science Technology and Humanities*; 2013;11(2): 87-94.
35. He, J., Gao, Y., Wang, W., Xie, J., Shi, H., Wang, G. and Xu, W. Limb autotomy patterns in the juvenile swimming crab (*Portunus trituberculatus*) in earth ponds. *Aquaculture*; 2016;463: 189-192.
36. Herlinah, H., Tenriulo, A., Septiningsih, E., and Suwoyo, H. S. Survival and response molting of mud crab (*Scylla olivacea*) injected with murbey (*Morus spp.*) leave extract. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*; 2015;7: 247–258. doi.org/10.29244/jitkt.v7i1.9810
37. Nikhlani, A., and Sukarti, K. Survival and metamorphosis rate of swimming crab *Portunus pelagicus* larvae with the use of phytoecdysteroid in the artificial feed. *Jurnal Akuakultur Indonesia*; 2017;16: 261–267. doi.org/10.19027/jai.16.2.261-267
38. Chung, J. S., and Webster, S. G. Dynamics of in vivo release of molt-inhibiting hormone and crustacean hyperglycemic hormone in the shore crab, *Carcinus maenas*. *Endocrinology*; 2005; 46: 5545–5551. https://doi.org/10.1210/en.2005-0859.
39. Pitts, N. L., Schulz, H. M., Oatman, S. R., and Mykles, D. L. Elevated expression of neuropeptide signalling genes in the eyestalk ganglia and Y-organ of *Gecarcinus lateralis* individuals that are refractory to molt induction. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*; 2017;214: 66–78. doi.org/10.1016/j.cbpa.2017.09.011.
40. Cadman, L. R., and Weinstein, M. P. Effects of temperature and salinity on the growth of laboratory-reared juvenile blue crabs *Callinectes sapidus* Rathbun. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*; 1988;121: 193–207. doi.org/10.1016/0022-0981(88)90088-3.
41. Ruscoe, I.M., Shelly, C.C., and Williams, G.R. The combined effects of temperature and salinity on growth and survival of juvenile mud crabs (*Scylla serrata* Forskål). *Aquaculture*; 2004;1-4: 239-247.
42. Brylawski, B. J., and Miller, T. J. Temperature-dependent growth of the blue crab (*Callinectes sapidus*): a molt process approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*; 2006; 63: 1298–1308. doi.org/10.1139/f06-011

43. De la Cruz-Huervana, J. J. Y., Qunitio, E. T., and Corre, V. L. Induction of moulting in hatchery-reared mangrove crab *Scylla serrata* juveniles through temperature manipulation or autotomy. *Aquaculture Research*; 2019;50: 3000–3008. doi.org/10.1111/are.14257.

## Bölüm 2

# TATLI SU AKVARYUM BALIKLARININ ÜREME DAVRANIŞLARI, ORTAMI VE MATERYAL SEÇİMLERİ

Meryem ÖZ<sup>1</sup>  
Dilek ŞAHİN<sup>2</sup>  
Ünal ÖZ<sup>3</sup>  
Orhan ARAL<sup>4</sup>

### GİRİŞ

Sucul yaşamın gözlemlenebilmesi temeline dayanan akvaryum balıkları hobisi, günümüzde önemli ticaret hacmine sahip bir sektörün gelişmesine neden olmuştur. Akvaryum düzenleme uygulamaları, sucul canlıların doğal yaşam ortamlarındaki koşulların, en yakın biçimde uygulanabilme hedefini sağlamaya yöneliktir. Böylece yetiştiriciliği hedeflenen tür, tüm yaşamsal ihtiyaçlarının karşılanabildiği ortamlar sağlanarak kontrollü koşullar altında bulundurulabilmektedir. Kontrollü koşullar altında sürdürülebilir uygulama prensipleri ile yetiştiricilik yapılması, bu hobinin önemli bir iş kolu ve insanları sakinleştiren, dinlendiren ve eğlendiren özelliklerde olmasının yanı sıra, doğal yaşamın korunmasına önemli katkı sağlayan uygulamaları da kapsamaktadır.

Akvaryum balıkları sektöründe yetiştiricilik yolu ile üretimin payı oldukça yüksektir. Yetiştiricilik uygulamalarının temeli ise, balıkların üreme biyolojisidir. Tatlı su akvaryum balıklarının yetiştiriciliğinde, türlere özgü üreme davranışlarının bilinmesi ve üreme koşullarının sağlanması iki önemli basamaktır. Genel olarak üreme bulunduğu ortama adaptasyonda birinci rol oynayan fizyolojik bir faktördür. Akvaryum balıklarının üreme biyolojisi gerek bilimsel çalışmalar ile gerekse amatör veya ticari amaçlı uygulamalar ile yoğun biçimde araştırılmakta

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Yetiştiricilik AD, meryemoz@sinop.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-7803-8207

<sup>2</sup> Doç. Dr., Sinop Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, dsahin@sinop.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4454-9030

<sup>3</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimleri Bölümü, Balıkçılık Temel Bilimleri AD, unaloz@sinop.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-1918-3284

<sup>4</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Yetiştiricilik AD, orhanaral@sinop.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8550-9970

ve yeni bilgiler ortaya konulmaktadır. Üreme, balıklar da dahil olmak üzere canlı organizmaların yaşam döngüsünde hayati önem taşıyan önemli fizyolojik sistemlerinden biridir. Genel olarak üreme, canlı bir organizmanın, ilgili türün hayatta kalmasının devamını sağlamak amacıyla ebeveyninin özelliklerini yavrularına aktardığı biyolojik bir süreç olarak tanımlanabilir. Üreme stratejisinin amacı, mevcut enerji ve ebeveyn yaşam beklentisiyle ilişkili olarak üreme açısından aktif yavruları en üst düzeye çıkarmaktır.

Tüm canlılarda cinsiyetin tanımlanmasını sağlayan karakterler temel olarak iki sınıf altında toplanır. Bunlar birincil (primer) cinsiyet özellikleri, diğeri ise ikincil (sekonder) cinsiyet özellikleridir. Birincil cinsiyet özellikleri tüm canlıların üreme ile ilgili organlarıdır. Örneğin, balıklarda ovaryum ve testisler birincil cinsiyet özellikleridir. İkincil cinsiyet özellikleri ise, üremeyle doğrudan ilgisi bulunmayan, fakat sahip olunan cinsiyet ile birlikte görülen özelliklerdir. İkincil (sekonder) eşeyssel özellikler, canlı olarak cinsiyet tayini yapılması istenilen koşullarda çok önemli olup, üreme eylemiyle doğrudan ilgili değilse bile, eş bulma, tanıma veya kopulasyon (çiftleşme), ovipozisyon (yumurta bırakma) ve inkübasyon (kuluçka) gibi üreme eylemlerinde kullanılan, balıkların yaşamları boyunca taşıdıkları veya üreme mevsimi süresince eşeyssel faaliyetlerin başlaması ile gelişen ve cinsiyet tayininde kullanılan dış özelliklerdir. Cinsiyete ait boy farklılıkları, yüzgeç görünüşlerinin farklılıkları, üreme mevsiminde oluşan renklenmeler, çene veya kafa belirginleşmeleri ve baş bölgesinde oluşan cinsiyet döküntüleri bu karaktere özgü örneklerdir. Bazı balıklarda cinsiyetler arasında morfolojik olarak bu tür belirgin farklar bulunmaktadır. Örneğin, Cyprinidae familyasında bazı türlerde (*Cyprinus carpio*, *Carassius auratus*), erkek bireylerde üreme döneminde cinsiyet dış döküntüleri görülebilmektedir. Acı balık (*Rhodeus* sp.) erkeklerinde üreme döneminde özellikle karın bölgesi kırmızı renk almaktadır. Poeciliidae familyası erkek bireylerinde anal yüzgeç şekil değiştirerek, *gonopodium* adını almıştır. Cichlidae familyasının bazı türlerinde erkek bireyler daha canlı renklere (sarı prenses erkek bireyde siyah renk baskın) veya dişilerden tamamen farklı renklere (ahli çiklit erkek birey koyu mavi, dişi birey açık kahverengi) sahiptir. Çöpçü balığının erkek bireylerinde ise, sırt yüzgeci ilk ışını dişi balıklardan daha uzundur. Boyut olarak da bazı çiklit balığı türlerinde genellikle erkek bireyler daha büyük iken, koi ve japon gibi sazanlarda, çöpçü balığında ve canlı doğuranlarda dişi bireyler erkeklere göre daha büyüktür.

Balıklarda üreme şekilleri; ovipar (dış döllenme, dış gelişme), ovovivipar (iç döllenme, dişi vücudunda gelişme ve dişiden beslenmeme) ve vivipar (iç döllenme, iç gelişme, dişiden beslenme) olarak üç farklı şekilde tanımlanmaktadır. Bu üreme

şekilleri içerisinde ovipar üreme balıklar için en yaygın üreme şekli olup, yaşayan balıkların yaklaşık %96'sı ovipardır. Akvaryum balıklarında üreme davranışları olarak, dış ortama bırakma-saçma, ağızda kuluçka yapma, yumurta dizme, yuva yapma, saklı alanlara yumurta bırakma, canlı doğurma gibi davranış şekilleri ve ayrıca aktif/pasif koruma özellikleri görülmektedir.

Tatlı su akvaryum balıklarının orijini Asya, Afrika, Amerika kıtası ağırlıklı olacak biçimde dağılım göstermektedir. Oldukça farklı ortam koşullarında dağılım gösteren balık türlerinde, farklı üreme biçimleri ve davranışları belirlenmiştir. Tatlı su akvaryum balıklarında görülen üreme biçimi ovipar ve ovovivipar yoğunluktadır. Eş seçimleri, ebeveyn davranışları ve cinsiyet ayrımları türlere özgüdür ve yetiştiricilik çalışmaları için bunların belirlenmesi önemlidir. Üretimi hedeflenen türe özgü üreme özelliklerinin belirlenmesinden sonra, uygun ortam koşullarının sağlanması için gerekli materyallerin belirlenmesi üretim başarısı için zorunlu olan diğer bir aşama olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu anlamda çevresel zenginleştirme amacı ile kullanılan materyaller ve diğer sucul canlı türleri (ağaç kökleri ve dalları, kaya kovukları, sucul bitki türleri, diether fish (zebra ve tetra gibi sürü oluşturan hareketli küçük balıklar) veya target fish (Cichlidae familyasının bazı türlerinin üremesini tetiklemede kullanılan hedef balık) vb) üremede etkin rolü oynamaktadır.

Balıklarda çevresel zenginleştirme; hayvan refahını olumlu yönde artırmak için su parametreleri üzerine, ortam materyalleri üzerine, beslenme öğeleri üzerine ve diğer uyumlu sucul türler üzerine düzenlenebilir. Doğal yaşam alanları dışındaki ortamlarda, ideal ortam koşulları oluşturulması prensibine dayalı olarak binlerce sucul canlı türü, bireysel olarak veya uygun diğer türler ile bir arada barındırılabilir. Bu koşulların sağlanmasında, teknolojik desteğin gelişimi oldukça önemli olmuştur. Hobiye duyulan ilgi arttıkça, teknolojik destek gerek taşımacılık gerek ortam düzenleyici materyaller anlamında gelişimini hızla sürdürmektedir. Yeni sucul canlı türleri ve yeni bakım/donanım materyalleri, bilimsel çalışmalara konu olmakta ve akvaryum balıkları sektörünün gelişimine katkı sağlamaktadır. Akvaryum balıkçılığı; hobi, ticari veya bilimsel amaçlı bileşenlerinin her birinin karşılıklı etkisi ile ivme kazanmaktadır. Bilimsel açıdan incelendiğinde genetikten insan sağlığına, su ürünleri yetiştiriciliğinin geliştirilmesinden ekonomiye olan katkısına kadar birçok araştırmaya konu olduğu görülmektedir. Dünyadaki diğer yaşam alanları ve yaşam formları gibi, su ve sudaki biyolojik döngü, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı adına bilimsel bulgular desteğinde takip edilmeli ve korunmalıdır.

## **TATLI SU AKVARYUM SEKTÖRÜNDEKİ BAŞLICA BALIK TÜRLERİ VE ÜRETİM DÜZENEKLERİ**

Akvaryum hobisi İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra sivil havacılığın devreye girmesi ile küresel bir endüstriye dönüşmüştür. Süs balığı yetiştiriciliği günümüzde önemli bir ticari faaliyet olarak yürütülmektedir. Gelişmekte olan birçok ülkede kırsal kalkınmaya olumlu katkı sağlamaktadır (1). Süs balığı yetiştiriciliği dünyada en çok tercih edilen ikinci hobi olup, girişimciliğin gelişmesi ve gelir elde edilmesi açısından büyük bir fırsat sağlaması nedeniyle süs balığı yetiştiriciliğine meraklıların sayısı her geçen gün artmaktadır.

Süs balıklarının küresel ticareti (tatlı su ve deniz süs balıkları, aksesuar ürünleri) Dünya çapında 125 ülkede yapılmakta ve değeri her yıl 15-30 milyar ABD dolarını bulmaktadır. Bu toplamın büyük çoğunluğu (%90) tatlı su balıklarından oluşmaktadır ve bunların çoğu gelişmekte olan ülkelerde, tipik olarak Asya veya Güney Amerika'da, ayrıca İsrail, ABD ve Avrupada bulunan yetiştirme tesislerinden elde edilmektedir. Tatlı su balıklarının yaklaşık 1000 türü yaygın olarak mevcut olmasına rağmen (satışta toplam 5300'den fazla), pazardaki en baskın tatlı su balık türleri Cyprinodontiformes, Perciformes, Characiformes ve Siluriformes takımlarından yalnızca 30 türden oluşmaktadır (2).

Ekonomik önemi olan tatlı su akvaryum balıkları Cyprinidae, Poeciliidae, Cichlidae, Anabantidae (Osphronemidae), Siluridae, Loricariidae, Callichthyidae, Characidae gibi familyaları içine alan ana gruplardan oluşmaktadır. Tür bazında en popüler tatlı su akvaryum balıkları, Japon, koi, lepistes, plati, kılıç kuyruk, moli, zebra (danio) türleri, beta türleri, gurami türleri, çiklit türleri, kedi balığı türleri, barb türleri, tetra türleri olarak sıralanabilir.

Bir canlı türünün adaptasyonunda en önemli kriter üreyebilmesidir. Sucul canlıların üreme davranışlarında ortam koşullarının aktif bir rolü bulunmaktadır. Ortam koşullarına uyum yeteneğini geliştirerek evrimleşen balık türleri, kendi popülasyonlarına özgü formlar oluşturmanın yanı sıra beslenme ve üreme davranışları geliştirmişlerdir. Tatlı su akvaryum balıklarının birçoğu aktif veya pasif yavru koruma davranışı sergilemektedir. Bu davranışlar arasında yavrunun su içerisine doğrudan bırakılmasının yanı sıra, dişi balığın yavruyu ağzında korumasına kadar çok farklı davranış biçimleri bulunmaktadır.

Tatlı su akvaryum balıklarının üretiminde kullanılan materyalleri başlıca su bitkileri, ağaç kökleri, kum, çakıl ve kayalar gibi zemin materyalleri oluşturmaktadır. Doğal bitkiler ve yapay bitki benzeri materyaller; japon balığı, koi balığı gibi sazan türleri, lepistes, moli, kılıçkuyruk gibi canlı doğuran türleri,

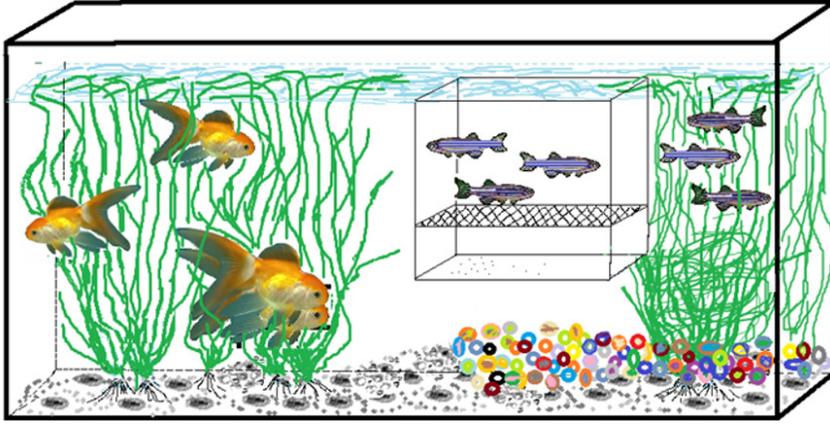
beta ve gurami gibi labirentli balıklar için kullanılmaktadır. Kum, çakıl ve kaya benzeri materyaller, bazı çiklit balığı türlerinde tercih edilirken, kaya kovukları, boş deniz kabukları ve toprak kaplar ise bazı çiklit balığı türleri ile cüce vatoz türleri için uygulanmaktadır (Şekil 1). Akvaryum balıklarının üretiminde, türlerin adaptasyonu için doğadaki koşullara yakın ortamlar oluşturulması gereklidir. Türe özgü koşulların sağlanması ile sucul canlılar yaşam evrelerinin tümünü kontrollü koşullar altında sürdürebilmektedir. Bu anlamda türlerin ekolojik isteklerinin belirlenerek gerekli donanımına sahip ortamların oluşturulması önem taşımaktadır.



**Şekil 1.** Tatlısu akvaryum balıklarının üretiminde kullanılan bazı doğal ve yapay materyaller (Orijinal)

## **CYPRİNİDAE FAMILİYASINDAN BAZI AKVARYUM BALIKLARININ ÜREME BİYOLOJİSİ**

Cyprinidae familyasına ait tatlı su akvaryum balıklarının en tanınmış türleri japon, koi, zebra danio ve barbardan oluşmaktadır. Bu türler tropikal ve/veya soğuk su türleri olup, ovipar üreme özelliği göstermektedirler. Genellikle anaçların aktif yavru koruma özelliği yoktur. Çoğunlukla bitkili ve çakıllı alanları üremede tercih etmektedirler (Şekil 2). Bazı türlerin yumurtaları yapışkan özellikte, bazı türlerin yumurtaları ise yapışkan özellikte değildir.



Şekil 2. Cyprinidae familyasından bazı akvaryum balıklarının üreme ortamı ve materyalleri (Görseller, kullanılan referanslar baz alınarak çizilmiştir)

### **Japon balığı *Carassius auratus* L. 1758**

**Tanımı:** Asya kıtası orijinli olan japon balığı, Cyprinidae familyasına ait olan *Carassius auratus*, L, 1758 türüdür. Omnivor beslenme özelliğine sahiptir. Yetiştiriciliği yapılan balıkların en eskilerinden biri olup, ilk akvaryum balığı olma özelliğine sahiptir. Yetiştiricilik geçmişi yüzyıllar öncesine dayanmaktadır. Orijini, Doğu Asya'dır (3, 4). Günümüzde, ekonomik öneme sahip farklı renk, desen ve vücut formlarında olan varyeteleri üretilmiştir. Varyeteleri arasında, common goldfish, oranda, teleskop, lionhead (aslanbaş), pompon, ranchu, komet, veiltail (peçekuyruk), black moor (siyah teleskop gözlü), fantail (yelpaze kuyruk), ryukin gibi varyeteleri sıralanabilir (4, 5, 6).

**Morfolojik Özellikleri:** Yabani japon balığının yüksek bir gövdesi, gümüş grisi veya zeytin yeşili rengi ve kalın kuyruk sapı vardır. Vücut büyük sikloid pullarla kaplıdır ve sırt yüzgecinin üst kenarı hafif içbükeydir (7). Doğal vücut formu yanlardan hafif basık fuziforma yakın klasik balık biçimindedir. Dişiler genellikle erkeklerden daha büyüktür ve daha uzun yaşarlar. Vahşi doğada balıklar nadiren 6-8 yıldan fazla yaşasa da akvaryumlarda maksimum yaş 30 yıl olarak kaydedilmiştir. Ortalama yaşam süreleri 10 yıl kadardır (7, 6).

Binlerce yıllık yetiştiricilik geçmişiyle sahip olan japon balıkları, seçici üretim uygulamaları sonucunda günümüzde doğal biçiminden farklı vücut formlarına, renklere ve yüzgeç formlarına sahip olan varyeteleri ile temsil edilmektedir. Renk olarak, kırmızı, sarı, turuncu, beyaz, siyah renklere sahip varyeteleri bulunmaktadır. Japon balığı, altın, turuncu, kırmızı, beyaz, siyah ve bunların

kombinasyonları dahil olmak üzere çeşitli desenler sergiler. Uzun forma yakın gövdeleri, çift kuyruk (kuyruk) yüzgeci ve belirgin sırt (üst) yüzgeci ile karakterize edilirler. Bazı japon balığı türlerinin, görsel çekiciliğini daha da artıran teleskop gözleri veya yelpaze şeklindeki kuyrukları gibi ayırt edici fiziksel özellikleri vardır (10, 6). Ayrıca peçe kuyruk, geniş kuyruk ve kelebek kuyruk gibi farklı kuyruk yüzgeci olan türler mevcuttur (1).

**Su Parametreleri:** Soğuk veya ılık su türleridir. Geniş bir sıcaklık aralığını ve yüksek su bulanıklığını tolere edebilirler. Sığ göllerde, bazı yıllar veya mevsimlerde toplam oksijen miktarındaki düşüğe karşılık (0,6 mg/l O<sub>2</sub> kadar düşük) hayatta kalabilen tek balık türüdür. Japon balığı 4,5 ila 10,5 pH aralığında hayatta kalır, ancak optimum pH istekleri 7-8 aralığındadır (7). Yaşamları için su sıcaklığı değerinin 21-30 °C, çözülmüş oksijen değerinin ise 5,5 ile 7 mg/l olması gerektiği bildirilmektedir (3, 8, 1).

**Üreme Biyolojisi:** Japon balığı ovipar üreme özelliği göstermektedir. Sıcaklık, fotoperiyot, beslenme ve yağmurların önemli bir etken olduğu yumurtlama mevsimi genellikle ilkbahar aylarıdır (3, 9). İlk cinsel olgunluk yaşının 21-30 °C’lerde 225 ila 233 gün arasında gerçekleştiği bildirilmiştir (3). Ağırlıkları, 40 ile 100 g arasında değişen yaklaşık 1,5 yıllık balıklar damızlık olarak kullanılabilir (10).

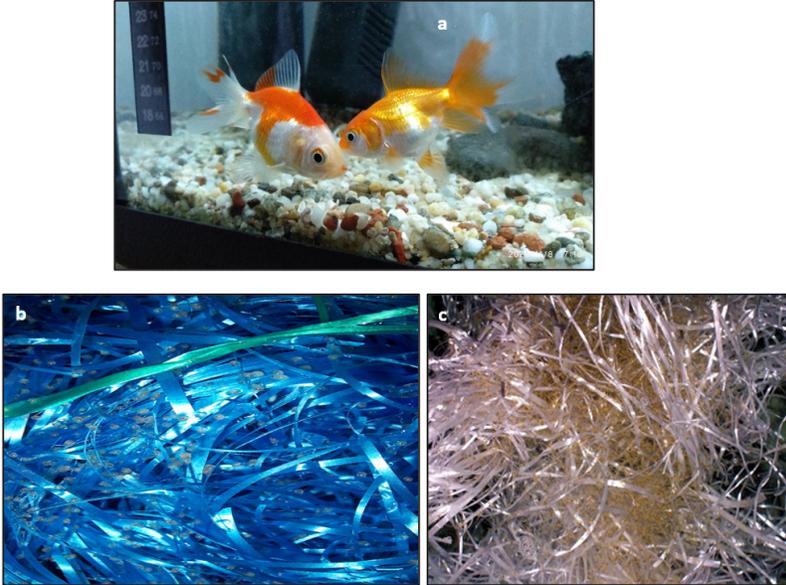
Dişi ve erkek cinsiyetler arasında gözle görülebilir belirgin bir ayrım sergilemezler. Cinsel olgunluğa eriştiklerinde en belirgin fark, üreme dönemlerinde dişi bireyin daha dolgun bir karın bölgesine sahip olması, erkek bireyin ise solungaç kapağı üzerinde ve/veya göğüs yüzgeçlerinin üst bölgesinde bazen “cinsiyet döküntüsü” adı verilen tüberküllere sahip olması ile ayırt edilebilirler. Aynı yaştaki dişi balık erkek balıktan biraz daha büyük olabilir.

Japon balıklarının yumurtlaması, kontrollü sıcaklık ve fotoperiyod koşulları altında yıl boyunca gerçekleştirilebilir (5). Japon balığının yumurta sayısı dişinin yaşı gibi biyolojik özellikleri ile bağlantılı olarak, 850-5100 adet arasında değişebilir (11). Japon balığı kısmi yumurtlayıcıdır ve her çiftleşme döneminde 8 ila 10 günlük aralıklarla yumurta bırakabilir. Yumurta bırakacak olgun dişi ve erkek balıkların doğal yumurtlama bölgeleri su bitkilerinin yoğun olduğu alanlardır. Doğada bu alanlar genellikle su kaynaklarının bitkili kenar bölgeleridir. Bu bölgeler su sıcaklığının biraz daha yüksek olduğu, besin açısından zengin korunaklı alanlardır. Aktif yavru koruma özelliği olmayan japon balıklarının yapışkan özellikteki yumurtaları su bitkilerine yapışarak kuluçka süresini geçirmektedir. Su bitkileri, yapışkan yumurtaların bir araya birikerek kümeleşmesini önlemektedir.

Böylece gerekli oksijen de sağlanabilmektedir. Ayrıca daha korunaklı alanlar oluşmakta ve yumurtalar bu şekilde hem predatörlerden hem de mantar gibi hastalık etkenlerinden korunabilmektedir.

Döllenmemiş yumurtalar ovaryumda şekilsiz olup, suya bırakıldıktan sonra suya alıp şişerek küresel veya hafif dikdörtgen bir şekil alır. Yumurtalar 1,05 x 1,14 mm boyutlarında, soluk sarı veya grimsi yeşil renkte olup şeffaftır. Embriyolar 3 ila 8 mm uzunluğunda, büyükçe bir besin kesesiyle yumurtadan çıkar ve yüzmeden ve dış beslenmeye geçmeden kısa bir süre önce bitkilere asılı halde kalırlar (7, 12). Yumurtadan su sıcaklığına bağlı olarak 2-3 gün içerisinde larvalar çıkar.

**Üremede Kullanılan Materyaller:** Japon balığının doğal yolla üretimi için, kullanılan en önemli materyal doğal veya yapay bitkiler veya bitki benzeri materyallerdir (4, 13, 14, 6). Bitki olarak genellikle su altı bitkileri kullanılmaktadır. *Eichornia crassipes*, *Cabomba furcata*, *Ludwigia* sp. ve *Rotala indica* gibi bitkilerin japon balığı akvaryumlarında kullanılabilceği bildirilmiştir (3, 15). Kakaban veya mop olarak adlandırılabilen materyaller ise çoğunlukla plastik, yün ve rafya benzeri saçaklandırılmış materyallerdir. Doğal ortamlarında bulunan kum ve çakıl materyalleri de destekleyici materyal olarak kullanılabilir. Doğal veya yapay bu materyaller balık yumurtalarının kuluçka ve larva süreçlerini geçirebilmeleri için gerekli ortam koşullarını sağlamaktadır (Şekil 3).



**Şekil 3.** Cyprinidae familyasından Japon balığı akvaryumlarında çakıl zemin (a) ve rafyadan yapılmış kakabanlar arasındaki yumurta (b) ve larvalar (c) (Orijinal)

### ***Zebra danio Danio rerio Hamilton, 1822***

**Tanımı:** Asya Kıtası orijinli olan zebra balığı, Cyprinidae familyasına ait tropikal, omnivor ve ovipar bir türdür. Çevresel koşullara dayanıklı olması, yaşam döngüsünün kısa olması, üreme özellikleri, yumurtaların şeffaf olması, embriyo gelişiminin dişi vücudunun dışında ve hızlı olması, genetik olarak araştırmalara uygunluğu bu türün bilimsel çalışmalar için önemini artırmıştır. Akvaryum sektörü için günümüzde, ekonomik öneme sahip farklı renk, desen ve vücut formlarında olan varyeteleri üretilmiştir. Varyeteleri arasında, uzun yüzgeçli, altın, albino ve leopar daniolar bulunmaktadır (16, 17). Zebra balıkları, vahşi tip (wild-type), mutant ve transgenik olmak üzere 3 temel genetik kategoriye ayrılır (18).

**Morfolojik Özellikleri:** Yaklaşık olarak 3-5 cm boyutlara ulaşabilen bu tür fuziform biçiminde vücuda sahiptir. Bir adet sırt ve anal yüzgece ve bir çift göğüs ve karın yüzgecine sahiptir. Karakteristik olarak lacivert bant şeklinde çizgileri bulunmaktadır. Erkeklerde lacivert bantların arasında biraz daha sarımtırak renk hakimdir (19). Yaşam süreleri kontrollü koşullar altında 3 yıl kadar iken, doğada bu süre 1-2 yıl ile sınırlıdır (17).

**Su Parametreleri:** Zebra balığı doğada, kışın 6 °C'den yazın 38 °C'nin üzerine kadar geniş bir sıcaklıkta yaşayabilmektedir (16). Zebra balığı yetiştirmek için en uygun su sıcaklığı 28,5 °C, pH değerleri ise 7-8 aralığındadır.

**Üreme Biyolojisi:** Zebra balığı Güney Asya, Kuzey Hindistan ve Pakistan'da doğal sulara ve pirinç tarlalarında yaşayan tropikal bir tatlı su balığıdır. Boyu 3-6 cm arasında değişmekte, çok hareketli ve sürü halinde yaşam süren zebra balığı diğer birçok tür ile uyumlu yaşayabilmektedir. Dişiler erkek bireylerden biraz daha büyüktür. Belirgin bir cinsiyet ayrımı yoktur. Üreme döneminde yumurtaların gelişimi ile dişi balığın karnı dolgunlaşır ve yumurtlama için belirginleşen bir genital papilaya sahiptir. Bir dişi 2-3 gün aralıklar ile yumurtlayabilir ve bir yumurtlamada 200 adet yumurta bırakabilir. Yumurtaların çapı yaklaşık 1,0-1,5 mm kadardır. (19, 20, 16, 17).

Küçük gruplar halinde ürerler ve ebeveyn bakımı söz konusu değildir. Dişiler, yaklaşık 3 aylıkken başlayan ve genellikle 18 aylık olana kadar çok sayıda yumurta üreten cinsel olgunlaşmanın ardından sürekli olarak yumurtlayabilirler. Cinsel dimorfizm döllenenmeden yaklaşık 100 gün sonra görülebilir, bu da erkeklerin genellikle 3 aylık veya daha önce cinsel olgunluğa ulaştığını gösterir (19, 21).

Zebra balığının yumurtaları yapışkan değildir ve demersaldir. Yumurta ve sperm her iki cinsiyette de substrat hazırlığı yapılmadan doğrudan zemin üzerine

salınırlar ve ebeveyn bakımı yoktur. Kuluçka, 28,5 °C'de 48-72 saat arasında gerçekleşir (22, 16). Yumurtadan çıktıktan hemen sonra larvalar (~3 mm ölçülerinde) başın epidermisindeki küçük salgı hücreleri vasıtasıyla sert yüzeylere tutunurlar (23). Döllenmeden yaklaşık 72 saat sonra yüzme, beslenme ve aktif kaçınma davranışları başlar (16).

**Üremede Kullanılan Materyaller:** Zebra balıklarının, dikey su sütununun tamamını kaplayan, sığ ve nispeten temiz su içeren, alüvyonlu ve iyi bitki örtüsüne sahip alanlarda yaşam sürdüğü belirtilmektedir. Yetiştiricilik ortamında ise, balıkların yumurtladıktan sonra yumurtalarına zarar vermesini önlemek için akvaryumun tabanının bir kısmını veya tamamını kaplayacak şekilde misket tabakası (Şekil 4), java yosunu, çakıllar ve yakın aralıklı çubuklar kullanılabilirliği tespit edilmiştir (24, 17). Ayrıca, yumurtaların korunabilmesi için ağ benzeri materyaller kullanılarak güvenli bölgeler oluşturulmaktadır. Böylece pretadör olabilen diğer sucul canlıların geçmeyeceği alanlar oluşturularak yumurtalar korunmuş olacaktır.

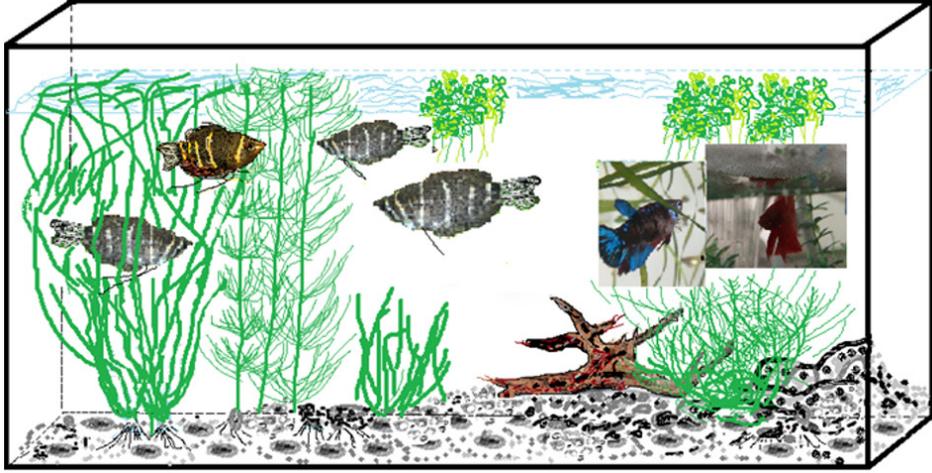


Şekil 4. Zebra danio balıklarının yaşama ortamındaki cam bilyeler (Orijinal)

## **OSPHRONEMİDAE FAMILİYASINDAN BAZI AKVARYUM BALIKLARININ ÜREME BİYOLOJİSİ**

Osphronemidae familyasına ait tatlı su akvaryum balıklarının en bilindik olanları beta ve gurami türleridir. Tropikal türleri kapsamaktadır. Ovipar üreme özelliği göstermektedirler. Genellikle anaçların özellikle, erkek bireyin aktif yavru koruma özelliği bulunmaktadır. Çoğunlukla su üstü bitkilerinin olduğu alanlar üremede

tercih edilmektedir (Şekil 5). Bazı türlerde köpük yuva ve bazı türlerde ağızda kuluçka sözkonusudur.



Şekil 5. Osphronemidae familyasından bazı akvaryum balıklarının üreme ortamı ve materyalleri (Görseller, kullanılan referanslar baz alınarak çizilmiştir)

### **Beta balığı *Betta splendens* Regan, 1910**

**Tanımı:** Beta türü “Siyam kavgacı balığı” olarak da bilinmektedir. *Betta splendens* türü (Regan, 1910) dünyada en çok bilinen ve popüler süs balıklarından biridir. Asya'nın Mekong havzasına özgü tür, Osphronemidae familyasına aittir ve vücut rengi, şekli, ekonomik ve kayda değer ticari değeri nedeniyle en önemli süs balıklarından biridir (25). Beta cinsi, Güneydoğu Asya'nın bazı bölgelerine özgü birçok farklı türü içerir. Genellikle pirinç tarlaları ve yağışlı mevsimde su basan alanlar da dahil olmak üzere sığ ve durgun su kütlelerinde bulunurlar. İlk olarak yetiştirilen türler arasında bilinen beta balığından insan eli altında çaprazlama yöntemi ile eşleştirilerek, renk ve vücut biçimleri bakımından farklı varyeteleri üretilmiştir (26, 27).

**Morfolojik Özellikleri:** Beta balığının vücut yüzeyindeki pigmentler çoğunlukla kırmızı, yeşil, sarı ve mavidir (28). Beta balıkları su yüzeyinden hava solumalarını sağlayan labirent organına sahiptir. Yaygın olarak anabantidler olarak adlandırılan labirentli balıklar, *labirent organı* adı verilen, yoğun şekilde damarlanmış lamellerden oluşan ve baş bölgesinde solungaçların üzerinde yer alan yardımcı bir solunum organına sahiptir. Bu organ, düşük çözünmüş oksijen koşullarında atmosferik oksijeni, yani solunan havayı kullanmalarını sağlar (29).

**Su Parametreleri:** Tropikal türdür (30). Buldukları ortamlarda en uygun su sıcaklığı 25 ile 28 °C dir, pH 6-8 arasında ve su seviyesinin 20 cm olması yeterlidir. Akvaryumların bu balıklar için daha uygun hale getirilebilmesinde ortamın bitkilendirilmesi gerekmektedir (31, 32).

**Üreme Biyolojisi:** Beta balığı ovipar üreme özelliği gösterir. Dişilerin rengi erkekler göre daha mat ve yüzgeçleri erkekler göre oldukça kısadır. Ergin erkek bireylerin ortalama boyu 6-6,5 cm arasındadır. Cinsel olgunluk yaşının yaklaşık olarak 120 gün olduğu bildirilmiştir (31). Dişiler ise daha kısa boyledir. Bu yüzden cinsiyet ayrımı kolayca yapılabilir. Bu balıklar yılın her ayında yumurta dökümlerine de doğal ortamlarında en elverişli aylar Eylül ve Ekim ayıdır. Dişiler yaklaşık 100-600 yumurta bırakırlar. Bir yumurtlama ve döllemenin ardından erkekler 2 hafta sonra tekrar dölleme duruma gelirken, dişilerde yeni yumurtaların üretilmesi bir ayı bulmaktadır. Beta balığının üreme davranışı, erkek bireyin köpük yuva yapması (Şekil 6) ve dişi balığın yumurtalamaya hazır olması ile başlar. Yuva su yüzeyine yakın bitkiler arasına yapılır. Erkek balık yumurtlamadan sonra, yuvanın bakımı ile tek başına ilgilenmektedir. Yumurtadan çıkan larvalar asılı halde dururlar ve aktif olarak yüzemezler. Yuvada kalma süresi, larval devre sona erip, yavrular serbest olarak yüzmeye başlayınca kadar devam etmektedir. Genel olarak bu süre 26–28 ° C' de 2–3 gün olmaktadır (33). Genellikle çiftler halinde yumurtlarlar, ancak erkeğin dişiye karşı saldırganlığını önlemek için ya yeterince büyük bir akvaryum ya da yeterli bitki örtüsüne (yüzen bitkiler, rafya ve ip gibi materyallerden yapılan bitki görünümlü kakabanlar) sahip akvaryumlar sağlanmalıdır. Erkek, dişi yumurtlamaya hazır değilse veya dişi yumurtladıktan sonra erkek yuvayı korurken dişiye öldürebilir. Yumurtlamadan sonra akvaryum alanı yetersiz ise dişiler uzaklaştırılmalıdır (29).

**Üremede Kullanılan Materyaller:** Beta balığı üretiminde kullanılan en önemli materyal doğal veya yapay su üstü bitkileridir. Su mercimeği, su marulu, salvinia, *Ceratophyllum demersum*; *Eichornia crassipes* gibi su üstü bitkileri uygun türler olarak sayılabilir (31, 32, 30). Yapay materyal olarak rafya benzeri materyallerden yapılmış kakabanlar veya plastik su bitkileri kullanılabilir. Ayrıca, yuva yapmaya yardımcı olması için, plastik veya köpük materyaller, baloncuklu plastik kaplar veya kurutulmuş catappa yaprağı (*Terminalia catappa*) kullanılabilir (27). Daha çok tabanı çamurlu ve su bitkilerince zengin sığ suları severler (33). Beta balığı akvaryumlarının çevresel zenginleştirilmesi için *Ceratophyllum demersum* gibi bitkilerin yanı sıra çakıl tabakası ve kaya parçaları da kullanılabilir (30).



Şekil 6. Beta balığında köpük yuva (Orijinal)

### ***Çikolata gurami Sphaerichthys osphromenoides Canestrini, 1860***

**Tanımı:** Labirentli balık türlerinden olan çikolata gurami, Asya kıtası orijindir. Omnivor beslenme ve ovipar üreme özelliği gösterirler.

**Morfolojik Özellikleri:** Bu balıklar çikolata rengindedir ve vücutlarından aşağı doğru uzanan altın şeritler vardır. Maksimum 6 cm kadar büyüebildikleri bilinmektedir. Cinsiyetler arasında belirgin bir ayrım yoktur. Dişi balığın anal yüzgecinin daha yuvarlak ve yumurtlama döneminde kırmızı tonda olduğu, erkek balığın anal yüzgecinin ise daha uzun olduğu ve renginin beyaz çizgiler ile vücut rengine karşıtlık oluşturduğu bildirilmiştir (34).

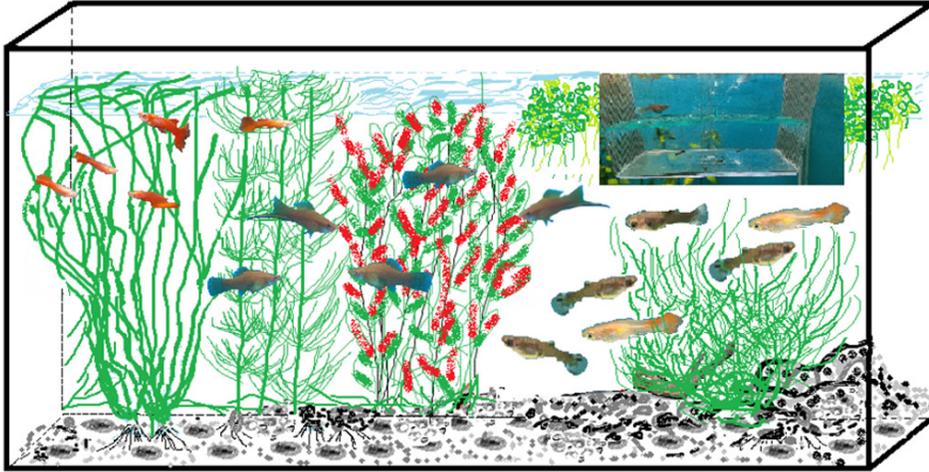
**Su Parametreleri:** Bu türün ideal su sıcaklığı 25–27 °C, pH değerleri ise 5-6,5 aralığında olmalıdır.

**Üreme Biyolojisi:** Üremede dişi balığın yana doğru eğildiği ve yumurtaları bıraktığı, erkek balığın ise sonrasında yumurtaları aldığı ve ağzında tuttuğu belirlenmiştir. Bazı ağızda kuluçka yapan beta türlerine benzer şekilde, dişinin önce yumurtaları toplayıp sonra erkeğe aktardığı gibi, ebeveynler yumurtaları birbirlerine aktarmazlar. Yumurtlama tipik olarak bitkilerin veya diğer barınakların örtüsü altında gerçekleşir. Bazı araştırmacılar çikolatalı guraminin gerçekten ağızda kuluçka yapan bir tür olduğunu doğrularken, diğerleri ise bu balığın üremesinin köpük yuva yapan diğer Osphronemidae'lerden farklı olmadığını konusunda ısrar etmektedir (34).

**Üremede Kullanılan Materyaller:** Çikolatalı guramiler çoğunlukla turba bataklıklarında ve bunlarla bağlantılı su akıntılarında, koyu renkli ve oldukça asitli sularda yaşarlar (34). Yağmur suyu, turba ve kızılbaş kozalağı akvaryumlarda suyun dengelenmesi için kullanılmaktadır. Bitkilendirilmiş ortamlar tercih edilir. *Sphaerichthys oshromenoides*, bazı yaprak döküntüleri ve ayrıca *Limnophila* gibi daha ince yapraklı su bitkileri içeren yumuşak asidik akvaryumları tercih eder (35).

## **POECİLİİDAE FAMILİYASINDAN BAZI AKVARYUM BALIKLARININ ÜREME BİYOLOJİSİ**

Poeciliidae familyasına ait tatlı su akvaryum balıklarının en bilindik olanları lepistes, kılıçkuyruk, plati ve moli gibi tropikal türleridir. Ovovivipar üreme özelliği göstermektedirler. Genellikle anaçların aktif yavru koruma özelliği yoktur. Çoğunlukla bitkili ve çakıllı alanlar üremede tercih edilmektedir (Şekil 7). Yumurtalar dışı karnında kuluçka süresini geçirir ve dışı karnından çıkarken açılan yumurtalardan çıkan yavrular aktif olarak yüzebilir durumdadır ve bu durumdan dolayı *canlı doğuranlar* olarak adlandırılmışlardır.



**Şekil 7.** Poeciliidae familyasından bazı akvaryum balıklarının üreme ortamı ve materyalleri (Gör-seller, kullanılan referanslar baz alınarak çizilmiştir)

### ***Lepistes Poecilia reticulata* Peters, 1859**

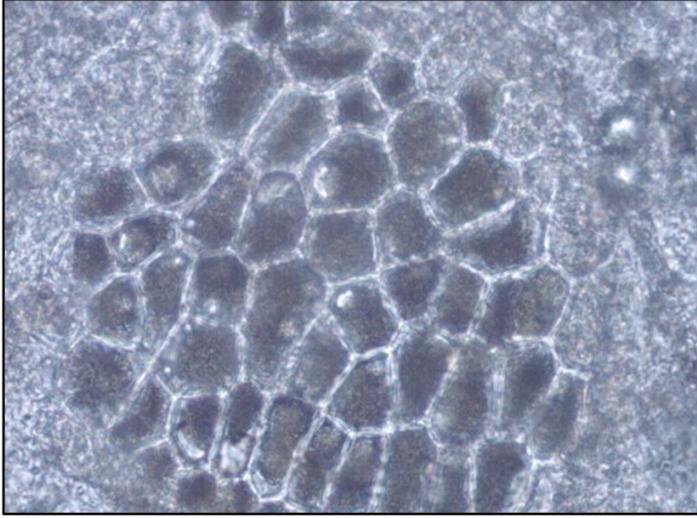
**Tanımı:** Canlı doğuran olarak bilinen lepistes balığı Amerika kıtası orijinlidir. Omnivor beslenme ve ovovivipar üreme özelliği gösteren lepistesler diğer canlı

doğuran türleri ile birlikte tatlı su akvaryumlarının en bilinen türlerini oluştururlar. Yaygın olarak 'lepistes' olarak bilinen popüler akvaryum balığı *Poecilia reticulata*, çeşitli ülkelerde sivrisinek kontrolü için kullanılmış ve genel olarak 'sivrisinek balığı' olarak adlandırılmıştır. Uzun zamandır devam eden yetiştirme süreçleri içinde doğal formları dışında günümüzde, ekonomik öneme sahip farklı renk, desen ve vücut formlarında olan varyeteleri üretilmiştir. Varyeteleri arasında, moscow, alman, snakeskin, doublesword, tuxedo, albino full red, mozaik, pintail, ribbon, swallow gibi çok sayıda varyetesi bulunmaktadır (36, 37).

**Morfolojik Özellikleri:** Lepistes, düz bir kafa ve üst konumlu ağız yapısına sahip küçük bir balıktır. Bu balığın mavi, sarı, kırmızı ve diğer renkler dahil olmak üzere çeşitli çekici renkleri ve desenleri bulunmaktadır. Kuyruk yelpaze şeklinde, yuvarlak, çatallı vb. farklı şekillerdedir. Erkeklerde boy 3-5 cm, dişilerde ise 4-7 cm arasında değişmektedir. Dişi karnındaki kuluçka süresi 25-35 gün aralığındadır (37, 38).

**Su Parametreleri:** Su sıcaklığı 26- 28 °C ve pH 7 civarı idealdir (38). Ayrıca çok çeşitli çevre koşullarına toleransları, dünya çapında varlığını sürdürmesini ve yerleşmesini sağlamıştır. *P. reticulata* geniş bir sıcaklık aralığını (18-28°C) tolere edebilir, pH 5-9'da ve normal deniz suyu da dahil olmak üzere 0 ila 35 ppt arasında değişen tuzluluklarda yaşayabilir ve üreyebilir, ancak genellikle kıyıya yakın tatlı su nehirlerinde bulunur (39, 40, 41, 42).

**Üreme Biyolojisi:** Dişiler döllenmiş yumurtaları folikül içerisinde tutarlar, aynı zamanda spermleri de depolayabilirler ve depoladıkları spermleri 5-9 defa yavrulamak için kullanabilirler (Şekil 8) (43). Erkeklerde dişilerden farklı olarak, sperm aktarımı için kullanılan ve gonopodium adı verilen değişime uğramış bir anal yüzgeç bulunur. Yumurtadan yeni çıkan yavrular şeffaf, siyahımsı veya grimsi renklidir ve başlarında melanoforlar bulunur. Yeni yumurtadan çıkan yavruların çoğu yumurta sarısını tamamen tüketmiştir. Ayrıca her yavrunun doğum anında diğer canlı doğuranlar gibi yüzme, yeme ve tehlikelerden kaçma yeteneğine tam olarak sahip olduğu gözlenmiştir (44).



Şekil 8. Dişi lepistes *Poecilia reticulata* balığında sperm paketleri (Orijinal)

**Üremede Kullanılan Materyaller:** Lepistes balığı üretiminde temel olarak anaç balıkların koruma özelliği olmadığı için yavru balıkların korunabileceği alanlar oluşturulmalıdır. Hobi amaçlı akvaryumlarda yavrulukların kullanımı yaygındır ve bitkili akvaryumların kullanılması gereklidir. Ağ benzeri yapılar kullanılarak ayrılan alanlar hem üretim akvaryumlarında hem de daha büyük ölçekli havuzlarda kullanılmaktadır.

### ***Kılıçkuyruk Xiphophorus helleri Heckel, 1848***

**Tanımı:** Kılıçkuyruk, Poeciliidae familyası veya canlı doğuran dişli sazancıklar içinde gruplandırılmaktadır. Amerika Kıtası kökenlidir. Omnivor beslenme ve ovovivipar üreme özelliği gösteren kılıç kuyruk diğer canlı doğuran türleri ile birlikte tatlı su akvaryumlarının en önemli türleri arasındadır. Uzun zamandır devam eden yetiştirme süreçleri içinde doğal formları dışında günümüzde, ekonomik öneme sahip farklı renk, desen ve vücut formlarında olan varyeteleri üretilmiştir. Varyeteleri arasında; komet, tuxedo, wagtail, hifin, lyretail gibi çok sayıda varyetesi bulunmaktadır (45).

**Morfolojik özellikleri:** Canlı doğuran türlerinin tatlı su akvaryumlarında en çok barındırılan türlerinden olan kılıçkuyruk, erkek balığın kuyruk yüzgecinin alt kısmının kılıç biçiminde uzantısından dolayı kılıçkuyruk adını almıştır. Kılıçkuyruklar 6,5-7 cm'ye kadar büyüme gösterirler. Erkeklerde bu boya ek olarak kuyruk yüzgecinin altından 2 cm kadar uzunlukta kılıca benzeyen renkli

bir çıkıntı meydana gelir. Bu balıklarda renkler yeşil, portakal sarısı, siyah ve kırmızıdır (46, 47).

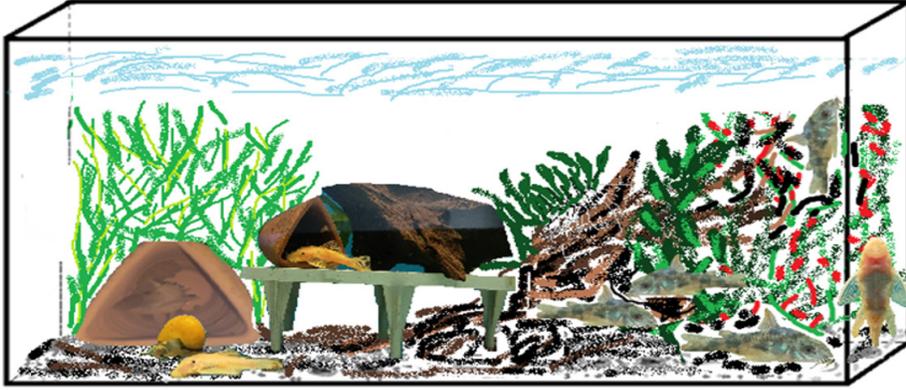
**Su Parametreleri:** Su sıcaklığı 26- 28 °C, çözülmüş oksijen değerleri 5 mg/l üzerinde ve pH 7-8 civarı idealdir.

**Üreme Biyolojisi:** Canlı doğuranlar, iyi beslendikleri ve su kalitesi optimum seviyede tutulduğu sürece herhangi bir özel ilgiye ihtiyaç duymadan doğal olarak ürerler. Kılıçkuyruk, yaklaşık 21 ila 28 °C ortalama sıcaklıkta, 28-42 günlük dişi karnındaki kuluçka süresine sahiptir ve bir seferde 20-100 adet yavru verebilir (48). Poeciliid familyasındaki balıkların popüler olmasının sebeplerinden biri de eşeyssel olarak dimorfik olmaları, dolayısıyla erkek ve dişilerin kolaylıkla teşhis edilebilmesidir. Tüm canlı doğuran grubundaki erkekler, çiftleşme sürecinde dişiye sperm paketlerini iletmek için kullanılan, *gonopodium* adı verilen değiştirilmiş bir anal yüzgecine sahiptir. Tüm canlı doğuran grubundaki dişilerin kendine has ayırt edici bir özelliği vardır. Anal yüzgecin biraz üstünde ve ilerisinde, “gebelik noktası” adı verilen koyu bir alan bulunur. Bu alanın, yavru taşıyan dişilerde embriyoların gelişimiyle birlikte boyutu ve koyuluğu değişir. Çoğu türde koyu nokta kolaylıkla tespit edilebilir, ancak bazı hibrit renk desenleri ayırt etmeyi zorlaştırabilir. *X. helleri* için, cinsiyetler arasındaki morfolojide diğer bir farklılık, türün ortak adı olan kılıçkuyrukun türetildiği, olgun erkeklerin alt kuyruk yüzgeci ışınlarının uzamasıdır. *X. Helleri* türünün 25-30 mm boyda veya 10-12 haftalık iken cinsel olgunluğa ulaştığı belirtilmektedir. Üretimde erkek: dişi oranı genellikle, bir erkek bireye 2-5 dişi olacak biçimde yapılmaktadır. Dişi kılıçkuyruklar, gerektiğinde olgun yumurtaları dölemek için canlı spermli yumurta kanallarında saklayabilir. Bu, dişilerde bir erkekle çiftleşme olmadan uzun süre kanallardaki spermli yumurtaların döllenmesi anlamına gelir. Dişi, tek bir çiftleşme olayından art arda beş ila dokuz defa yavru verebilir (45, 47).

**Üremede Kullanılan Materyaller:** Kılıçkuyruk türü de lepistes ile benzer yetiştiricilik özellikleri gösterdiği için üretimde kullanılan ortam ve materyallerde benzerdir. Bol bitkili akvaryumlar tercih edilmektedir. Hydrilla türü bitkiler kullanılabilir. İstenilen renk veya yüzgeç çeşidinin üretimini en üst düzeye çıkarmak için anaçlar akvaryum, tank veya havuzlardaki yavruluklarda veya küçük kafeslerde izole edilmelidir. Bu, yavruların anaçlar tarafından zarar görme olasılığını azaltır ve belirli bir türden yavruların hayatta kalma oranını artırır (45, 47).

## **CALLİCHTHYİDAE VE LORİCARİİDAE FAMILİYASINDAN BAZI AKVARYUM BALIKLARININ ÜREME BİYOLOJİSİ**

Callichthyidae ve Loricariidae familyalarına ait tatlı su akvaryum balıklarının en bilindik olanları çöpçü balığı türleri ve vatoz balığı türleridir. Tropikal türlerdir. Ovipar üreme özelliği gösterirler. Bazı türlerde anaç balıkların aktif yavru koruma özelliği varken bazı türlerde yoktur. Bitkili alanlar, düz yüzeyli alanlar ve kovuk yuvalar yumurtlama alanları olarak tercih edilmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Callichthyidae ve Loricariidae familyasından bazı akvaryum balıklarının üreme ortamı ve materyalleri (Görseller, kullanılan referanslar baz alınarak çizilmiştir)

### ***Komando Çöpçü Corydoras paleatus, Jenyns 1842***

**Tanımı:** Amerika kıtası orijinli olan çöpçü balığı, gruplar halinde ve zemin bölgesinde yaşayan küçük tatlı su balığıdır. Omnivor beslenme ve ovipar üreme özelliği gösterirler. Diğer birçok tür ile uyumlu bir yaşam sürdürebildiği için karma akvaryumlarda aranılan türlerdendir. Anaçların, aktif yavru koruma özelliği yoktur. Zırlı kedi balığı veya komando çöpçü balığı olarak da bilinmektedir.

**Morfolojik Özellikleri:** Callichthyidae familyasına ait olan bu türün ortalama boy uzunluğu 6,5-7,0 cm kadardır. Bu balığın sarımsı yeşil ve siyah, kuyruk ve sırt yüzgeci üzerinde de koyu kahverengi benekler vardır. Tüm familya üyelerinin vücutlarının her iki tarafında yanıl kemik plakaların iki boyuna dizisi bulunmaktadır. Baş bölgesinde bulunan burun delikleri ve bıyıkların zemindeki besinlerin araştırılmasında rol oynadığı bildirilmektedir. Vücut uzun, sırtı kambur ve karnı düzdür. Gözler küçük olup üst çenede iki çift bıyıkları vardır. Vücudun yanlardaki kıkırdak plakasında üst sırada 22-24, alt sırada 20-22 kıkırdak pul vardır. Kuyruk yüzgeci asimetrik (üst lop biraz daha

büyük) gelişmiştir. Sırtın esas rengi zeytin kahvesi ya da yeşil, alt kısım sarımsı beyaz, vücut yanları sarımsı yeşil, metalik parlaklıkta yer yer iri siyahımsı lekeler vardır. Bu lekeler arasında çok sayıda siyah noktalar vardır. Noktalar kuyruk yüzgecinde iki tane yay gibi sıra teşkil ederler. Sırt ve karın yüzgeçleri üzerinde koyu benekler bulunur. Albino varyeteleri de üretilmiştir. Erkekler, dişilere oranla daha küçük ve ince yapılıdır. (49, 50).

**Su Parametreleri:** 23-24 °C su sıcaklığı ve 7-8,5 pH değerleri idealdir.

**Üreme Biyolojisi:** Ortalama yaşam süreleri 7 yıl olan çöpçü balıklarında erginleşme, erkeklerde 6 ay, dişilerde 1 yıl sürer. Yavru ve genç *Corydoras* türlerinde cinsiyet ayrımı zordur. Ancak, yetişkin balıkların cinsiyetini anlamak mümkündür. Sürü halinde barındırılan çöpçü balıklarının üreme davranışları dişi balık tarafından düz yüzeyli bir zeminin (cam, taş veya bitki gibi) temizlenmesi ve yüzey ile zemin arasında yüzme davranışları sergilenmesi ile başlar ve dişi balığın erkek balığın anal yüzgeci bölgesine üremeyi tetikleyen T pozisyonu ile devam eder. Dişi balık tarafından bırakılan yapışkan özellikteki yumurtalar erkek balığın sperması ile döllendikten sonra temizlenen yüzey üzerine yapıştırılır. 200 kadar yumurta bırakılabilir. Bu aşamadan sonra, anaçlar koruma özelliği göstermezler. Eşleşmede erkek/dişi oranı 3/1 idealdir. Küresel biçimli 1,61-1,83 mm çapındaki yumurtalar sarımsı veya beyazımsı renktedir. Yumurtalar 23-24 °C'de 5-8 günde açılır ve 3-4 gün besin kesesi ile beslenir. İnkübasyon süresi 24±2°C' de minimum 96 saat, maximum 113 saat, ortalama 102 saat sürmüştür. Cinsiyet ayrımında erkek bireylerin daha küçük yapılı, sivri ve dik sırt yüzgecinin bulunduğu, dişilerin ise iri yapılı ve geniş sırt yüzgecine sahip oldukları ifade edilmektedir (49, 50, 51).

**Üremede Kullanılan Materyaller:** Çöpçü balıkları, Güney Amerika'daki çok çeşitli nehirlerde yasar ve özellikle Amazon Nehri'nin kollarında, yumuşak zemine sahip, sığ sularda bulunurlar. Yağmurlu mevsimde yumurtlama olduğu için üretim birimlerinde, yumurtlamanın tetiklenmesi için %25 civarında daha soğuk su ilavesi yapılması önerilmektedir. Yumurtalarını genellikle, akvaryum camına veya java yosnu gibi bitkilerin içerisine bırakırlar. Ayrıca, yüzeyde mop adı verilen kakaban benzeri materyallerin içerisine de yumurtalar bırakılmaktadır. Özellikle java yosunu, anubias bitkisi veya poliester iplik türü materyallerden yapılan yumurtlama paspası (spawning mop) adı verilen taşınabilir kuluçkahıklar sayesinde yumurtalar başka ortamlara taşınarak, yaşama şansları artırılmaktadır.

### ***Cüce Vatoz *Ancistrus sp.****

**Tanımı:** Amerika kıtası kökenli cüce vatoz türleri, tatlı su akvaryumlarının ekonomik öneme sahip türleri arasındadır. Bu grup içerisindeki kedi balığı

türlerine akvaryumu temizlemek gibi önemli bir görevi üstlendiklerinden dolayı “tank temizleyicileri” de denilmektedir. Özellikle küçük akvaryumlarda cüce türleri daha çok tercih edilir. Bitkisel ağırlıklı beslenme özelliği gösteren ovipar türlerdir. Genellikle mağaralarda, kayaların altında veya oyuklarda ürerler.

**Morfolojik Özellikleri:** Düz bir gövdeye sahiptir, sert pullarla kaplıdır, geniş bir baş ve çeneye sahiptir. Bu Loricariidae grubunun temel özelliği vantuz ağza sahip olmasıdır. Ağızının ve dudaklarının şekli beslenmelerini, nefes almalarını ve emme yoluyla bir nesneye bağlanmalarını sağlar. Vatozdaki emici ağız, hızlı akan nehirlerde bile etraflarındaki bir nesneye tutunmalarına yardımcı olmaktadır. Ağız ve dudakları da yosun ve omurgasızlar gibi her türlü besini almaya uyum sağlamıştır. Bu balıkların yağ yüzgeci, geniş sırt yüzgeci ve tüm vücudunda siyah benekler bulunan kahverengi veya gri bir gövdesi vardır (52).

**Su Parametreleri:** 27 °C, 6,5-7,5 pH, çözünmüş oksijen 7 mg/l idealdir.

**Üreme Biyolojisi:** Ancistrus, loricariidler arasında benzersiz olan başka bir cinsel dimorfik özellik ile ayırt edilir; çoğu türdeki olgun erkeklerin burunlarında göze çarpan etli dokunaçlar vardır. Burun dokunaçları dişilerde ve gençlerde de görülür, ancak genellikle çok daha küçük, sayıca daha az ve dağılımları daha sınırlıdır. Loricariids, boşlukta yumurtlama (53), yumurtaların kayaların alt yüzeyine kümelenmesi (54) ve yumurta taşıma (55) dahil olmak üzere çeşitli üreme davranışları ve stratejileri sergilemektedir. Pek çok türde ebeveyn bakımı iyi gelişmiştir ve erkek, yumurtaları ve bazen de larvaları korur. Loricariidlerde kayda değer cinsel dimorfizm meydana gelir ve en çok üreme mevsiminde belirgindir (56). Ancistrus'ta erkek, bir veya daha fazla dişiyi birlikte yumurtladığı ağaç veya kayadaki bir kovuğu korur ve daha sonra yumurta ve larvaların bakımını sağlar. Erkeklerde baş bölgesinde dikenli uzantılar bulunur ve gövdeleri hem geniş hem de uzundur. Dişilerde ise dikenli uzantılar ya görülmez ya da çok küçüktür. Ayrıca vücutları ve yapıları erkeklere göre daha incedir. Erkekler çok eşlidir, yani aynı akvaryumda birden fazla dişiyi çiftleşip yavru yapmak anlamına gelir. Daha sonra erkek bölgeyi temizleyerek kur davranışı ile dişiyi üreme alanına çeker, ayrıca yumurtalara bakıp onları korur. Yumurtaları yaklaşık olarak 7 ila 10 gün korurlar. Dişi, genellikle küme şeklinde 20-200 adet yumurtasını yuvanın uygun gördüğü alanlarına bırakır. Yumurtalar yaklaşık 2-3,2 mm çapında, yapışkan ve sarımsı turuncudur. Yumurtlama eylemi, dişi tüm yumurtalarını bırakana kadar tekrarlanabilir. Yumurtlamadan sonra, dişi genellikle yuvayı terk eder. Yumurtalar, kuluçka sıcaklığına ve türe bağlı olarak 4-10 günde çatlar. Besin keseli larvalar, kümelenmiş halde kalır ve ağızlarıyla kovuğun tavanına ve yanlarına tutunur.

Besin keseleri yumurtadan çıktıktan 2-4 gün sonra emilir ve yavrular serbestçe yüzer hale gelir (57, 58, 59).

**Üremede Kullanılan Materyaller:** Üretimde kovuk şeklinde boşlıklara sahip alanlar tercih edilmektedir. Bu amaçla üretilmiş toprak kaplar ve gözenekli tuğlalar kullanılabilir. *Ancistrus* türleri genelde bir kovuk içerisinde yuva oluştururlar. Erkek genellikle yuva yeri olarak ağaç veya kayada karanlık bir oyuk seçer. Akvaryumlarda, erkek kil saksılarda ve bambu tüplerde yuva yapar veya kum, ince çakıl üzerine yerleştirilmiş düz bir taş ya da kütüğün altında bir oyuk kazar (Şekil 10) (57).

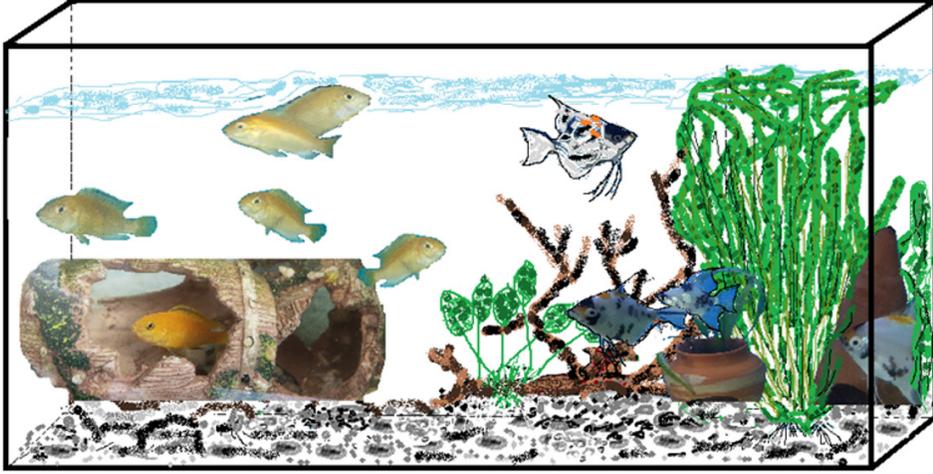


Şekil 10. Cüce vatoz balığında yuva (Orijinal)

## **CICHLIDAE FAMILİYASINDAN BAZI AKVARYUM BALIKLARININ ÜREME BİYOLOJİSİ**

Cichlidae familyasına ait tatlı su akvaryum balıklarının en popüler olanlarını Afrika ile Amerika Kitası çiklit türleri oluşturmaktadır ve melek, diskus, astronot, sarı prenses, ahli, demasoni ve zebra çiklit türleri gibi çok sayıda türü içerisine almaktadır. Çoğu tropikal türlerdir. Ovipar üreme özelliği göstermektedirler. Çiklit balığı türlerinin birçoğu aktif yavru koruma özelliği göstermektedir. Üreme alanları olarak kum, çakıl ve kayalık alanlar ve korunaklı kovuklar tercih edilmektedir (Şekil 11). Birçok türde ağızda kuluçka özelliği bulunmaktadır. Çiklitler yumurtlama yöntemlerinde de çeşitlilik gösterir. Melek balıkları

ve diskuslar, yumurtalarını bırakmak için temiz bir yere ihtiyaç duyan alt tabaka yumurtlayıcılarıdır. Yetiştiriciler genellikle alt tabaka olarak arduvaz taşının parçaları veya plastik bitkiler kullanırlar. Çok eşli türlerin çoğu ağız kuluçkalayıcıdır; dişi yumurtalarını ortama bıraktıktan hemen sonra ağzına alır ve yumurtalar kuluçka dönemini dişinin ağzında geçirmektedir (29).



**Şekil 11.** Cichlidae familyasından bazı akvaryum balıklarının üreme ortamı ve materyalleri (Gör-seller, kullanılan referanslar baz alınarak çizilmiştir)

### ***Melek balığı Pterophyllum scalare Lichtenstein, 1823***

**Tanımı:** Tatlı su melek balığı, gösterişli vücut biçimi ve davranış şekli nedeniyle çok popüler tropikal bir balıktır. Orijinleri Amazon nehir sistemidir. Son derece zarif balıklardır ve Melek balığı adını gösterişli vücudu ve asil davranışları ile almışlardır. Omnivor bir tür olan melek balıkları ovipar üreme özelliği gösterirler. Uzun zamandır devam eden yetiştirme süreçleri içinde doğal formları dışında günümüzde, ekonomik öneme sahip farklı renk, desen ve vücut formlarında olan varyeteleri üretilmiştir. Gümüş, altın, bulutlu, zebra, koi, mermer, çikolata, albino ve leopar bu varyeteler arasındadır (60, 64).

**Morfolojik Özellikleri:** Melek balıkları 12–15 cm uzunluğunda, 10- 15 cm yüksekliğinde, vücudu yanlardan iyice yassılaşmış, disk şeklinde, sırt ve anal yüzgeçleri üçgen şekilli, iyi gelişmiş karın yüzgeci ise iplik şeklinde uzamıştır. Vücut rengi gümüşü olup, sırt kısmı koyu renkli ve yan tarafında siyah bantlar bulunur. Seçici üretim yöntemleri ile çeşitli varyeteleri üretilmişse de en değerli

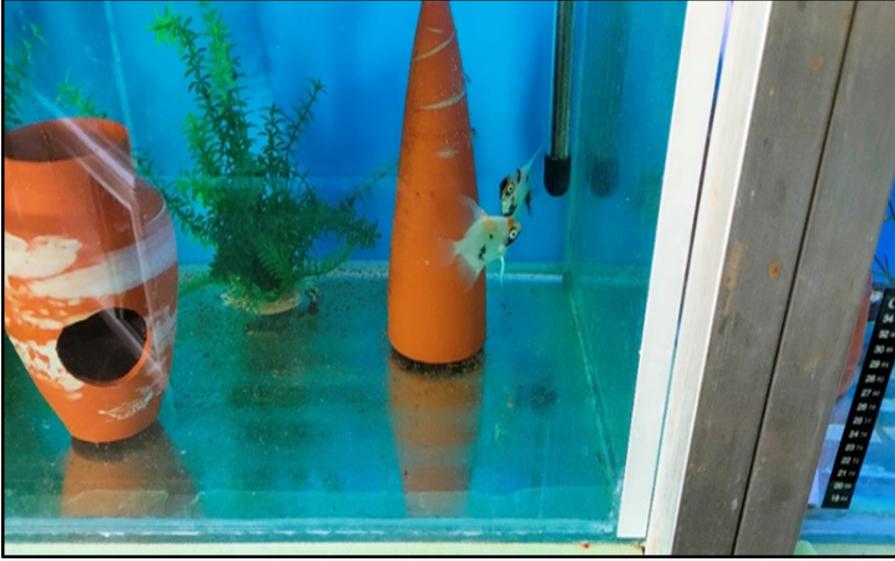
olanları kırmızı gözlü olanlardır. Mavi, yeşil, sarı gibi değişik renklerde olabilirler (61).

**Su Parametreleri:** Melek balıkları doğada pH'sı 6,8–7,2 olan hafif asidik suları tercih ederler. 22–24°C su sıcaklığındaki sularda rahatça yaşarlar. Üremeleri 27–32 °C su sıcaklığında gerçekleşir (65, 62).

**Üreme Biyolojisi:** Melek balıklarında cinsiyet ayrımı oldukça zordur. Üreme zamanı erkek ve dişilerin genital papillaları dışarıya doğru çıkıntı yapar. Genital papilla erkeklerde küçük ve sivri, dişilerde kısa ve küttür. Ayrıca erkekler dişilerden daha büyüktür. Erkeklerin baş kısmı konkav, dişilerin ise konvektir. Melek balıkları rastgele çiftleşmez, eşlerini kendileri seçerler. Dişi balığın karnı yumurta ile dolduğunda ve erkek bir balık ile eşleştiğinde üreme akvaryumuna alınırlar. Eşleşmeye hazır çift bir bölgeyi temizler ve yumurta bırakırlar, bu işlem özenle ve yumurtaların tek tek dizilmesi şeklinde yapılır. Dişi balık yumurtaları bir sıra halinde dizdikten sonra erkek balık da yumurtaların üzerinden geçerek sperm bırakır ve yumurtaların döllenmesini sağlar. Bu işlem birkaç defa devam eder. Yumurtalarını bıraktıktan sonra, yumurtaların açılıp larvaların çıkmasına kadar, hatta larvaların bir süre büyütülmesinde ebeveynler koruma görevi yaparlar (63).

Melek balıkları genellikle 8 ila 12 ay arasında çiftleşir ve yumurtlama davranışı göstermeye başlar. Çift bir yumurtlama alanı seçecek ve orayı temizlemeye başlayacaktır. Yumurtlama, temizliğin başlamasından iki veya üç gün sonra başlar. Dişi yumurtlama alanına sıra sıra yumurta bırakır ve erkek onu takip ederek onları döller. Yumurtlama tamamlandığında, yumurta sayısı birkaç yüz yumurtadan oluşur ve eğer çift olgun ve iyi durumdaysa bu sayı 1.200'e kadar çıkabilir. Döllenmeyen yumurtalar ilk gün veya iki gün içinde beyaza döner (64).

**Üremede Kullanılan Materyaller:** Doğal ortamları, ağaç kökleri ve yoğun bitkili alanlar gibi birçok saklanma yeri içeren, suyun yavaş hareket ettiği alanlardır. Doğada melek balıkları yumurtlama alanı olarak amazon veya Anubias bitkisi gibi kalın bir bitki yaprağı seçerler. Akvaryumlarında yumurta bırakabilmeleri için sert plastik düz yüzeyli borular, fayanslar, toprak saksılar (Şekil 12), koyu renkli düz yüzeyli doğal taşlar kullanılabilir (65, 66, 63).



Şekil 12. Melek balıklarında yuva olarak kullanılan toprak saksı (Orijinal)

### **Sarı prenses *Labidochromis caeruleus* Fryer, 1956**

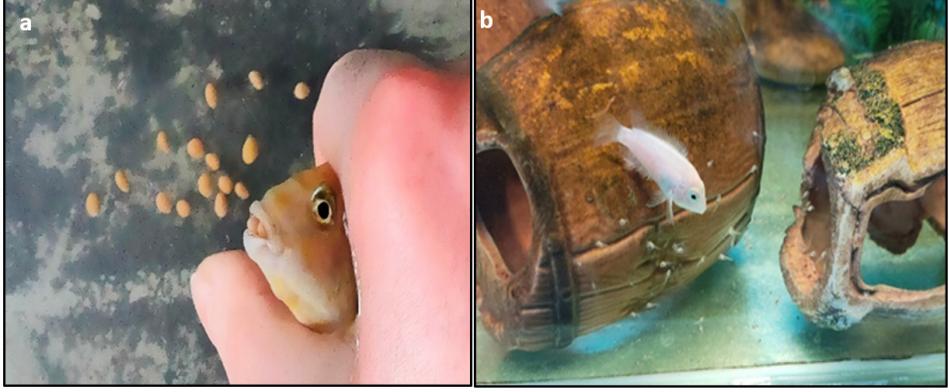
**Tanımı:** Sarı prenses küçük/orta boy gruplarının içinde yer alan, Malawi çiklitlerinden biridir. Ülkemizde sarı prenses olarak adlandırılmakta iken daha çok “elektrik sarısı” (electric yellow cichlid) olarak tanımlanmaktadır. Akvaryumlarda barışçıl bir balık türü olarak bilinir. Sarı prenses herbivorluğu yüksek, omnivor beslenme özelliğine sahiptir. Ovipardırlar.

**Morfolojik Özellikleri:** Parlak sarı renge sahiptirler. Yetişkinlerin boyları 10-12 cm'e kadar ulaşabilir. Erkekler dişilerden daha büyük ve daha parlak renklere sahiptir. Doğal koşullar altında erkekler 15 cm'ye kadar büyüyebilir. Siyah renk erkek balıkların yüzgeçlerinde daha yoğun ve daha geniştir, ancak dişilerde soluk ve daha ince siyah bantlar vardır (67, 68, 69).

**Su Parametreleri:** Üreme sıcaklığı 25-28 °C, pH ise 6,8 -7,2 arası idealdir (68, 69).

**Üreme Biyolojisi:** Akvaryumda beslenirken doğal yaşam alanlarından taklit ederek kayalar ve mağaralarla dekore edilmelidir. Davranış biçimi bakımından erkekleri bölgecidir. Bir erkek balık ve 3-4 dişi balık olacak biçimde bakılmalıdır. Dişiler kuluçka süresince (yaklaşık 3 hafta) yumurtalarını ağızlarında saklarlar (Şekil 13a).

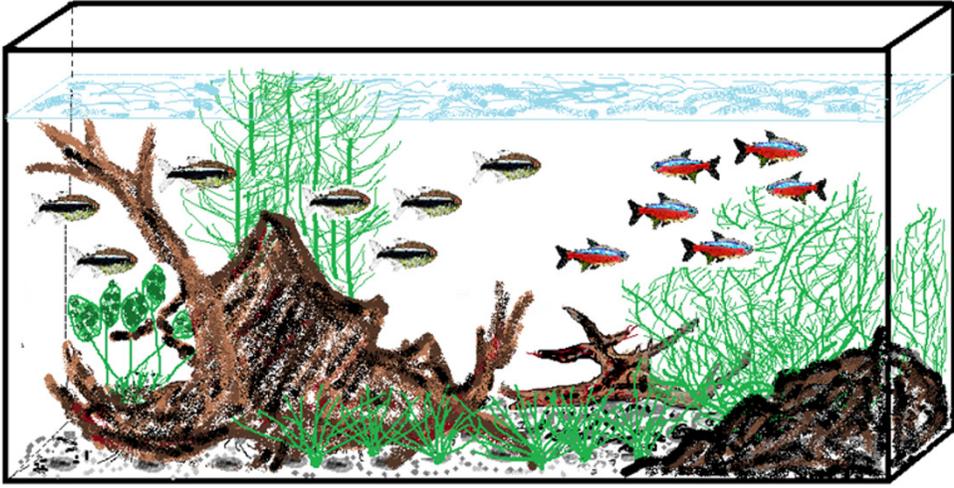
**Üremede Kullanılan Materyaller:** Üretimde korunaklı alan oluşturan toprak kaplar, PVC borular kullanılmaktadır (Şekil 13b).



**Şekil 13.** Sarı prenses balığında ağızda kuluçkaya alınan yumurtalar (a) ve çiklit balıklarında yuva (b) (Orijinal)

## **CHARACİDAE FAMILİYASINDAN BAZI AKVARYUM BALIKLARININ ÜREME BİYOLOJİSİ**

Characidae diğer balık familyaları içinde tür çeşitliliği bakımından en büyük 4. familyadır. Bünyesinde barındırdığı 1000'den fazla tür (70) ile akvaryumlarda çok talep görmektedir. Orta ve Güney Amerika ile Afrika kökenlidirler (59). Characinler tatlı su akvaryum balıkları ticaretinde çekici görünümleri, bakımlarının zor olmaması ve kolay üretilmesi gibi faktörlerden dolayı çok popüler olmuşlardır (Şekil 14) (71). Characidae familyasına ait tatlı su akvaryum balıklarının en bilindik olanlarını tetra türleri oluşturmaktadır. Tetra türleri yağ yüzgeci ile karakterize edilirler.



Şekil 14. Characidae familyasından bazı akvaryum balıklarının üreme ortamı ve materyalleri (Görseller, kullanılan referanslar baz alınarak çizilmiştir)

### **Siyah Neon Tetra *Hyphessobrycon herbertaxelrodi* Géry, 1961**

**Tanımı:** Popüler hobi akvaryum balıklarındır ve Güney Amerika nehir sistemlerine özgü, potansiyel olarak değişen termal koşullardan etkilenen tatlı su teleostlarına örnektir (74). Akvaryumlarda gruplar halinde bakılmalıdır.

**Su Parametreleri:** Anaçların üreme döneminde  $24\pm 0,5$  °C, 6-6,5 pH ve 100-200  $\mu$ S iletkenlik seviyelerindeki su kalite parametreleri idealdir (71).

**Morfolojik Özellikleri:** 3-4 cm uzunluğa erişebilir. Siyah neon tetra, gövde boyunca uzanan sarı-yeşil bir şerite ve sarı-yeşil şeridin altında siyah bir bölgeye sahiptir. İyi bilinen bir süs balığıdır ve asidik yumuşak su, balığın rengini güçlenmesinde etkilidir. *Hyphessobrycon herbertaxelrodi* akarsularda ve göllerde yaşar, gruplar halinde yüzmeyi sever, diğer birçok tür ile uyumlu bir yapıya sahiptir, omnivordur ve solucanlar, kabuklular ve bitkilerle beslenir (75).

**Üreme Biyolojisi:** Siyah neon tetralarda cinsel farklılıklar belirgin değildir. Genellikle dişinin karnı erkekten daha büyük ve daha yuvarlaktır. Bir dişinin karın bölgesi cinsel olgunluğa ulaştığında yumurtalarla dolar. Bu balıklar yumurta bırakır ve sürüler halinde veya çiftler halinde serbestçe yumurtlarlar. Üreme sırasında en iyi sonuçlar için, yaklaşık bir yaşında olan sağlıklı yetişkinlerden üreme çiftleri seçilmelidir. Daha genç balıklar yumurtlayabilir, ancak verim tamamen olgun balıklarda daha iyidir. Yumurtlama genellikle günün erken saatlerinde gerçekleşir. Dişi birkaç yüz yapışkan yumurtayı bitkilerin ve/

veya alt tabakanın üzerine saçacaktır. Siyah neon tetra bireylerinin döllenmiş yumurtaları küresel, şeffaf, demersal ve yapışkandır (76). Yumurtalar yaklaşık su soıcaklığına bağlı olarak 22 ila 26 saat içinde çatlayacak ve yavrular üç ila dört gün sonrayumurtadan çıkacaktır.

**Üremede Kullanılan Materyaller:** Bu balıkların yumurtlamasını teşvik etmek için suyu akvaryumda güvenli turbadan filtrelemek gerekmektedir. Yumurtlama ortamı olarak ince dokulu, canlı bitkiler sağlanabilir ve yüzen bitkiler tankın loş kalmasına yardımcı olacaktır. Doğal yaşam alanları oldukça asidiktir ve alt katmandaki yaprak döküntülerinin parçalanması sonucu ortaya çıkan fazla miktarda tanen bulunur. Siyah neonların doğal rengini ortaya çıkarmaya yardımcı olmak için koyu alt tabaka (nehir kumu, dalgaların karaya attığı kütük gövde, kök ve dalları vb.) önerilmektedir.

### ***Neon Tetra Paracheirodon innesi Myers, 1936***

**Tanımı:** Çoğunlukla Güney Amerika'nın tropik sularında yaşayan Characidae, dünya çapında yaygın olarak ticareti yapılan süs balığı gruplarından biridir. Bu grubun en iyi temsilcileri Neon tetralardır (72). Neon tetra doğal yaşamında, sırt bölgesinde koyu kahverengi-siyah bir şerit; yan tarafta yeşil mavi bir şerit ve kuyruk yüzgecinden vücudun ortasına kadar kırmızı bir pigment ile karakterize edilir. Albino, ksantik ve altın çizgili gibi diğer varyetelerin kontrollü koşullar altındaki ortamlarda üretildiği bildirilmektedir (73).

**Su Parametreleri:** 22-23 °C, 6,5-7,5 pH, çözülmüş oksijen 7 mg/l idealdir.

**Morfolojik Özellikleri:** Neon tetra, baştan kuyruğa kadar yeşilden maviye parlak yanar döner şerit ve kırmızı bantla temsil edilen karakteristik görünümüne sahiptir. Gümüş renkli bir göbeği ve yanlardan hafifçe basık, ince bir gövdesi vardır (77). Toplam uzunluğu 3-6 cm'dir. Omnivordurlar.

**Üreme Biyolojisi:** 25-26 °C'de ürerler. Türün erkekleri dişilerden daha küçük boyutlardadır. Neon tetra yumurtaları ve yavruları ışığa duyarlıdır. Bu nedenle üreme akvaryumu ışıklardan uzak loş bir yere yerleştirilmeli veya akvaryumun camları karartılmalıdır (78). Neon tetralarda cinsiyet ayrımı zordur, ancak diş neon tetraların erkek neon tetralardan biraz daha uzun ve büyük olma eğilim cinsiyet ayrımına yardımcı olan birinci özelliktir. Dikkat edilmesi gereken ikinci özellik ise renktir. Yumurtlama başlamak üzereyken erkeklerin dişinin etrafında dans benzeri bir hareket yaptığı ve dişiyi akvaryumdaki bitki yaprakları arasında kovaladığı görülebilir. Daha sonra erkek ve diş bir araya gelir, diş yumurtalarını bırakır ve bu yumurtalar daha sonra erkek tarafından su ortamında döllenir. Yumurtalar bırakıldıktan sonra yetişkin balıklar üreme akvaryumundan

çıkartılmalıdır çünkü, yumurtalara zarar verme eğilimindedirler yani bu türde anaç koruması yoktur (79).

**Üremede Kullanılan Materyaller:** Neon tetra balığı yapışkan yumurtalara sahip ve ışığa karşı hassas olduğundan üreme akvaryumlarına çakıl taşları, taban yumurtlama ızgaraları, bitkiler veya rafya ve ip gibi materyallerden yapılan bitki görünümlü kakabanlar yerleştirilmelidir. Bitkiler ayrıca yeni doğmuş balıklar için bir sığınak görevi görmektedir (72, 79) (Şekil 15).



Şekil 15. Saz bitkileri arasında neon tetralardan bir görünüm (Orijinal)

## SONUÇ

Akvaryum düzenlemeleri, sucul canlıların gizemli dünyasının gözlemlenebilmesi merakına dayanarak ortaya çıkmıştır. Bu düzenlemeler, tek bir canlı türünden çok sayıda canlı türlerinin bir arada bulundurulabildiği ve ana bileşenleri olan canlı türleri, su parametreleri, donanım ve bakım materyallerinin birbirinden etkilendiği çok yönlü karmaşık bir ekolojik ortam oluşturma uygulamalarını içine almaktadır. Bu sucul ekolojik ortam; balıklar, omurgasızlar, bitkiler ve bakteriler gibi birçok makro ve mikro boyutta canlı türlerinin birbirleri ve diğer ortam koşulları ile etkileşimde olduğu dinamik bir ortamdır. Akvaryumlarda sucul canlıların üretimlerine yönelik uygulamalarda, akvaryumların donanımında kullanılan materyaller (kum- çakıl, kaya vb. materyaller, doğal bitkiler ve bitki benzeri yapay materyaller, ağaç kökleri, dalları ve kovukları vb.) yapısal ve görsel zenginleştirme sağlayarak, sucul canlıların üretimini desteklemektedir.

Akvaryumlarda barındırılan canlı türlerinin üretiminde kritik rol oynayan bu materyaller, üretimi hedeflenen türün ekolojik isteklerini karşılayacak ve aynı zamanda zararlı etki göstermeyecek özelliklerde olmalıdır. Sucul bitkiler,

kum, çakıl, kayalar, ağaç dal ve kökleri gibi doğal materyaller su parametreleri üzerine de etki gösteren materyallerdir. Su parametreleride, sucul canlı yetiştiriciliğine doğrudan etki eden temel unsurdur. Su temas halinde olduğu yapılardan etkilenebilen bir özelliكتedir ve bu özelliği yetiştiriciliği hedeflenen türe özgü koşulların oluşturulmasında avantaj sağlamaktadır. Örneğin, suyun pH değerlerinin düzenlenmesinde kalsiyum karbonat veya humik asit içeren doğal materyaller kullanılabilir. Bundan dolayı kullanılan materyallerin özelliklerinin iyi bilinmesi zorunludur. Ayrıca doğal olmayıp, doğal ortam koşullarının benzerinin oluşturulması amacıyla üretilen plastik, cam, akrilik gibi materyallerden üretilen yapay bitkiler, fiçılar, saksılar, küpler, yavruluklar, ağlar kafesler ve rafya ya da iplik gibi ürünlerden yapılan şerit demetleri formundaki kakaban adı verilen üreme materyalleri de sıklıkla kullanılmaktadır. Bu tür ürünlerin suda çözülüp dağılmayan, aşınmayan, paslanmayan, uzun ömürlü, temizlenmeye ve tekrar kullanıma uygun, sucul canlılara fiziksel veya kimyasal olarak zararlı etki göstermeyen, suyun kalitesini bozmayan özellikte üretilmiş olması gereklidir.

Diğer yönden seçilen materyalin sucul canlı türüne uygun özellikte olması, canlıların refahına katkı sağlayacaktır. Uygun olmayan materyal seçiminde zararlı etkilerde oluşabilir. Örneğin su zeminine veya zemine yakın bölgelere yerleştirilen toprak küpler veya bambu borular; zemin bölgesini aktif olarak kullanan cüce vatoz türleri için ideal bir yuva alanı oluşturacak, ancak akvayum içindeki su alanının üst bölgelerini daha çok kullanan canlı doğuran türleri için daha çok su üstü ve su altı bitkileri yumurtlama alanı olarak tercih edilecektir. Kapalı küpler cüce vatoz türleri tarafından korunaklı yuvalar olarak tercih edilirken, yine küp saksı, boru veya fiçi benzeri materyaller kenarlarında daha fazla açık alanlar bulundurduğu için birçok çiklit türüne sahiplenilmiş bir bölge ve korunaklı alan oluşturacaktır. Zebra danio ve birçok tetra türleri için kum, çakıl, cam bilyeler gibi zemin materyalleri, ebeveny bakımı olmayan bu türlerin yumurtalarının korunmasına katkı sağlar. Ancak bu materyallerin düzgün yüzeyli olması yumurtadan çıkan ve serbest yüzme aşamasına geçen yavruların pürüzlü yüzeyler arasında sıkışmamasını ve zarar görmemesini sağlar. Örneğin lav taşı biraz daha pürüzlü ve gözenekli yapısı ile lepistes yeni doğanı gibi yavrular için uygun olmayabilir. Ayrıca çöl kütüğü, yati kökü veya mango (Mangrov) kökü gibi materyaller bazı vatozlar, betalar, gurami ve tetra türleri için suyun pH ve loş rengi için kullanılırken, catappa yaprağı gibi ürünler suyun pH ve tanen içeriğinin dengelenmesi için kullanılmakta ve beta balığının köpük yuva yapımı için uygun bir materyal seçimidir. Bu anlamda, akvaryum canlıları için tercih edilecek olan ortam zenginleştirme materyallerinin, türe özgü gereksinimlerin karşılanabileceği

biçimde belirlenmesi ortamdaki ekolojik dengenin sağlanması için önemli bir rol oynayacaktır.

Akvaryum hobisi, çok eski tarihlerden itibaren insanların ilgisini çeken ve günümüze kadar popüleritesini sürdüren en önemli hobiler arasındadır ve günümüzde oldukça önemli bir ticaret hacmine sahip sektör durumundadır. Akvaryum balıkları yetiştiriciliği sucul canlıların gözlemlenmesine dayalı olarak ortaya çıkmış olsa da birçok akvaryum balığı türünün biyolojik ve fizyolojik özelliklerinin uygun olması nedeniyle toksikoloji, genetik, insan sağlığı üzerine olan birçok bilimsel araştırmaya konu olmuş ve bu alanlarda birçok bilimsel veri elde edilmiştir. Bu anlamda, *Danio rerio* gibi bilimsel çalışmalara konu olan model türler dış döllenme ile çoğalmaları, yaşam döngülerinin kısa olması, sık ve çok sayıda yavru vermeleri, şeffaf yumurta ve larvalara sahip olmaları, genetik yapısının insan genomu ve diğer omurgalılar ile uygunluğu gibi özellikleri taşımaktadırlar. Yetiştiricilik faaliyetleri ile üretim, doğal stoklar üzerinde yok olma baskısı yaratan doğadan toplama yöntemine karşı, zaman içerisinde artan talebin karşılanabilmesi için sürdürülebilir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yetiştiricilik faaliyetlerinin temeli, yetiştiriciliği hedeflenen türün yaşam döngülerinin kontrollü koşullar altında sağlanabilmesidir. Bu noktada, her türün üreme biyolojisine uygun ortam koşullarının oluşturulması, eğitimli personel ve uygun üretim materyalleri ile gerçekleştirilebilir. Doğal kaynaklarımızın korunması ve önemli bir hobi ve iş alanı konumunda olan “Akvaryum Balıkçılığı”nın geliştirilmesi için, olumlu veya olumsuz yönde tetikleme potansiyelinde olan sektöre, bilimsel çalışmalarla katkı sağlanması önemlidir.

## **KAYNAKÇA**

1. Mahadevi SF, Cheryl A, Bhosale MM. vd. Induced breeding of telescopic eye gold fish (*Carassius auratus auratus*) using synthetic hormone (WOVA-FH). *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2018;6(3): 1368-1373. E-ISSN: 2320-7078.
2. Evers HG, Pinnegar, JK, Taylor MI. Where are they all from? sources and sustainability in the ornamental freshwater fish trade. *Journal of Fish Biology*. 2019;94: 909-916. Doi: 10.1111/jfb.13930
3. Ortega-Salas AA, Reyes-Bustamante H. Initial sexual maturity and fecundity of the goldfish *Carassius auratus* (Perciformes: Cyprynidae) under semi-controlled conditions. *Revista de Biología Tropical*. 2006;54(4): 1113-1116.
4. Lorenzoni M, Corboli M, Ghetti L vd. Growth and reproduction of the goldfish *Carassius auratus*: a case study from Italy. In: Gherardi, F. (eds) *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats*. Invading Nature- Springer Series In Invasion Ecology: 2007. Doi: 10.1007/978-1-4020-6029-8\_13.
5. Najim SM, Al-Mudhaffar RAA, Jassim FK. Some reproductive characters of the fantail goldfish *Carassius auratus auratus* females from rearing ponds in Basrah, Southern Iraq. *Iraqi Journal of Aquaculture*. 2012;9(1): 83- 94. Doi: 10.21276/ijaq.2012.9.1.6.

6. Bandula PP. Technical Report Of Goldfish Breeding. 2023. Doi:10.5281/zenodo.8241998
7. Balon EK. About the oldest domesticates among fishes. *Journal of Fish Biology*. 2004;65 (Supplement A), 1–27. doi:10.1111/j.1095-8649.2004.00563.x.
8. Amin R, Mazumder F, Nargis A. vd. Reproductive periodicity, fecundity and sex ratio of goldfish *Carassius auratus* (Perciformes: Cyprinidae) under laboratory condition. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*. 2013;3(1): 36-41.
9. Upadhyay B, Sarkar A. Advancement in the spawning time of goldfish *Carassius auratus* under various temperature and photoperiod shifts. *Research&Reviews in BioSciences*. 2014;9(6): 223-230.
10. Mohanta KN, Subramanian S, Komarpant N. vd. Breeding of gold fish. *Technical Bulletin*. 16, CARRResearchComplexforGoa (Indian Council of Agricultural Research)' Ela' Old Goa- 403402, Goa, India. 2008.
11. Siddiky MNSM, Mondal B. Breeding technique of gold fish, molly, guppy and its impact on economy in the rural area of the Purba Midnapore district, West Bengal, India. *International Journal of Advanced Multidisciplinary Research (IJAMR)*. 2016;3(8): 34-40.
12. Boston CM, Larocque SM, Tang RWK. vd. Life outside the fishbowl: Tracking an introduced population of goldfish (*Carassius auratus*) in an embayment on the Laurentian Great Lakes. *Journal of Great Lakes Research*. 2024;50: 102253. Doi: 10.1016/j.jglr.2023.102253.
13. Wang J. Synergy between dominant aquatic plants and fish in rivers in Yangzhou City. *Progress in Aqua Farming and Marine Biology*. 2019;2(1): 180018.
14. Roslan MNAM, Estim A, Maran BAV. vd. Effects of aquatic plants on nutrient concentration in water and growth performance of fantail goldfish in an aquaculture system. *Sustainability*. 2021;13: 11236. Doi: 10.3390/su132011236.
15. Indriani R, Hadiroseyani Y, Diatin I. vd. The growth performance and physiological status of comet goldfish *Carassius auratus* in aquascape with different aquatic plant species. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 2023;22 (1): 36–46. Doi: 10.19027/jai.22.1.36-46.
16. Spence R, Gerlach G, Lawrence C. vd. The behaviour and ecology of the zebrafish, *Danio rerio*. Department of Biology, University of Leicester, University Road, Leicester, UK. 2007.
17. Reed B, Jennings M. Guidance on the housing and care of zebrafish *Danio rerio*. Research Animals Department, Science Group, RSPCA. 2010. 64 p.
18. Yipel M, İlhan A. Zebra balığı (*Danio rerio*): toksikolojik çalışmalar için uygun bir model organizma. *Veteriner Farmakoloji Ve Toksikoloji Derneği Bülteni*. 2021;12(3), 161-167. Doi: 10.38137/vftd.1007548 19.
19. Wixon J. *Danio rerio*, the zebraFish. *Yeast*. 2000; 17: 225-231.
20. Whitfield TT. Zebrafish as a Model for Hearing and Deafness. *Journal of Neurobiology*. 2002;53(2): 157-171. Doi: 10.1002/neu.10123
21. Kurtzman MS, Craig MP, Grizzle BK. vd. Sexually segregated housing results in improved early larval survival in zebrafish. *Lab Animal*. 2010;39 (6): 183-189.
22. Kimmel CB, Ballard WW, Kimmel SR. vd. Stages of embryonic development of the zebrafish. *Dev Dyn*. 1995;203(3):253-310. Doi: 10.1002/aja.1002030302.
23. Laale HW. The biology and use of zebrafish, *Brachydanio rerio* in fisheries research. *Journal of Fish Biology*. 1977;10(2): 121-173. Doi: 10.1111/j.1095-8649.1977.tb04049.x

24. Matthews M, Trevarrow B, Matthews J. A virtual tour of the Guide for zebrafish users. *Lab Animal*. 2002;31(3): 34-40.
25. Sipaúba-Tavaresa LH, Appolonia AM, Fernandes JBK. vd. Feed of Siamese fighting fish, *Betta splendens*, (Regan, 1910) in open pond: live and formulated diets. *Braz. J. Biol*. 2016;76(2): pp. 292-299. Doi: 10.1590/1519-6984.11514
26. Daryono BS, Koentjana JP, Perdamaian ABI. Chromosomes number and mitosis time of Siamese fighting fish (*Betta splendens* Regan, 1910). *Iran. J. Ichthyol*. 2022;9(3): 158-164.
27. Lichak MR, Barber JR, Kwon YM. vd. Care and Use of Siamese Fighting Fish (*Betta splendens*) for Research. *Comparative Medicine*. 2022;72(3): 169-180. Doi: 10.30802/AALAS-CM-22-000051.
28. Patria MP, Amanda SP, Susanti H. vd. Growth response and color brightness of betta fish (*Betta splendens* (Regan, 1910)) supplemented by spirulina powder from algae *Arthrospira maxima* (Setchell and N. L. Gardner 1917)). *J. Agr. Sci. Tech*. 2024;26(1): 73-83.
29. Yanong RPE. Reproductive Management of Freshwater Ornamental Fish. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine*. 1996;5(4): 222-234.
30. Oldfield RG, Murphy EK. Life in a fishbowl: Space and environmental enrichment affect behaviour of *Betta splendens*. *Animal Welfare*. 2024;33(1): 1–10. Doi: 10.1017/awf.2024.1.
31. Reyes-Bustamante H, Ortega-Salas AA. Initial Sexual Maturity and Fecundity of Two Anabantids Under Laboratory Conditions. *North American Journal of Aquaculture*. 2002;64(3): 169-179. Doi: 10.1577/1548-8454.
32. Mişe S. Kavgacı siyam balığı (*Betta splendens* Regan, 1910)'nın köpük yuva oluşturmada su sıcaklığı, birey büyüklüğü ve ortam düzenlemesinin önemi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 28s. 2006.
33. Mişe S, Harlıoğlu M. Beta (*Betta splendens* Regan, 1910) yetiştiriciliği. *Journal of Fisheries Sciences*. 2008;2(3): 38 2-387. Doi: 10.3153/jfscm.mug.200727
34. Zworykin D, Müller J, Grundmeijer H. vd. Paternal mouthbrooding in the chocolate gourami *Sphaerichthys osphromenoides* (Osphronemidae). *Environ Biol Fish*. 2024;107: 381-389. Doi:10.1007/s10641-024-01530-5.
35. Tate M, McGoran RE, White CR. Life in a bubble: the role of the labyrinth organ in determining territory, mating and aggressive behaviours in anabantoids. *Journal of Fish Biology*. 2017; 91: 723–749. Doi:10.1111/jfb.13357.
36. Shaddock P. 2008. Guppy Color Bank. [www.petbh.com.br/guppy/wp-content/uploads/2017/12/08-Guppy-Color-Bank.pdf](http://www.petbh.com.br/guppy/wp-content/uploads/2017/12/08-Guppy-Color-Bank.pdf). 235s. 2017.
37. Shahjahan R, Ahmed J, Begum RA. vd. Breeding biology of guppy fish, *Poecilia reticulata* (Peters, 1859) in the laboratory. *Journal of the Asiatic Society of Bangladesh, Science*. 2013;39(2): 259-267. Doi: 10.3329/jasbs.v39i2.17866
38. Almaas AF, Harlita H. Guppy fish (*Poecilia reticulata*) behavior and growth are affected by variations in light color. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*. 2023;25(2): 131-135. Doi: 10.22146/jfs.85836
39. Şahin D, Aral O. Tuzluluk değişimlerinin lepistes *Poecilia reticulata* Peters 1860 yavruları üzerinde büyüme ve yaşama oranına etkisinin araştırılması. 2007; Ulusal Su Günleri, Antalya, Türkiye.
40. Shikano T, Nakadate M, Fujio Y. An experimental study on strain combinations in heterosis in salinity tolerance of the guppy *Poecilia reticulata*. *Fisheries sciences*. 2000;66(4): 625-632. Doi: 10.1046/j.1444-2906.2000.00102.x

41. Pethiyagoda PDRS, De Alwis SMDAU, De Silva BGDNK. Effect of selected water quality parameters on the prevalence of *Poecilia reticulata* (Guppy) population in Sri Jayewardenepura canal system. *International Journal of Multidisciplinary Studies*. (IJMS). 2021;8(11): 41-58.
42. Şahin D. The effects of different salinity on survival and growth of juvenile platy (*Xiphophorus maculatus*). 2021; International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences (FABA 2021). İzmir, Türkiye.
43. Aral O, Şahin D. Sperm Storage and Sperm Reserve Usage in Female Guppy *Poecilia reticulata*. *Journal of Academic Documents for Fisheries and Aquaculture*. 2015;2(1):161-164.
44. Mousavi-Sabet H, Azimi H, Eagderi S. vd. Growth and morphological development of guppy *Poecilia reticulata* (Cyprinodontiformes, Poeciliidae) larvae. *Poeciliid Research, International Journal of the Bioflux Society Research Article*. 2014;4(1): 24-30.
45. Tamaru CS, Cole B, Bailey R. vd. A manual for commercial production of the swordtail, *Xiphophorus helleri*. University of Hawaii Sea Grant Extension Service School of Ocean Earth Science and Technology. CTSA Publication Number 128. 2001.
46. Ortega-Salas AA, H. Reyes-Bustamante H, Reyes BH. Sex reversal, growth, and survival in the swordtail fish *Xiphophorus helleri* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) under laboratory conditions. *Cuadernos de Investigación UNED UNED* (ISSN: 1659-4266) 2013;5(2).
47. Mandal S, Das M, Mandal B. Courtship behaviors of livebearer ornamental fish *Xiphophorus hellerii* (Heckel, 1848) in aquarium condition. *SKUAST Journal of Research*. 2022;24(2): 160-173.
48. Ghughuskar MM, Sawant NH, Sahastrabuddhe VP. Breeding and seed production of swordtail fish var. Tangerine (*Xiphophorus helleri*, Heckel): as an additional income generating sources for the mariinal farmers, women shg and unemployed youths of sindhudurg district. *J. Exp. Zool. India*. 2020;23(1): 925-931.
49. Savaş E, Timur M. Çöpçü Balıklarında (*Corydoras paleatus*, Jenyns 1842) Embriyolojik ve Larval Gelişimin Mikroskopik İncelenmesi. *İstanbul Üniv. J. Fac. Vet. Med*. 2006;32(1): 47-56.
50. Ünal H, Aral O. Komando çöpçü balığı (*Corydoras paleatus* Jenyns,1842)'nın üreme ve larval gelişiminin incelenmesi. *Journal of Fisheries Sciences*. 2008;2(1): 1-18. Doi: 10.3153/jfscm.2008001
51. Rodríguez-Ithurralde D, Gabriela Puerto G, Fernández-Bornia F. Morphological development of *Corydoras* aff. *paleatus* (Siluriformes, Callichthyidae) and correlation with the emergence of motor and social behaviors. *Iheringia Série Zoologia*. 2014;104(2):189-199. Doi: 10.1590/1678-476620141042189199
52. Elfidasari D, Muthmainah HF, Wijayanti F. BioEco2019- International Biodiversity & Ecology Sciences Symposium ISBN: 978-605-80198-0-5 Publication of e-book date: 22.10.2019.
53. Moodie GEE, Power M. The reproductive biology of an armoured catfish, *Loricaria uracantha*, from Central America. *Environ. Biol. Fish*. 1982;7: 143-148, Doi: 10.1007/BF00001784
54. Page M, Mottes GB, Retzer ME. vd. Spawning habitat and larval development of *Chaetostoma stannii* (Loricariidae) from no Crucito, Venezuela. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*. 1993;4: 93-95.

55. Taylor JN. Field observations on the reproductive ecology of three species of armored catfishes (Loricariidae: Loricariinae) in Paraguay. *Copeia*. 1983; 257-259.
56. Armbruster JW, Page M. Redescription of *Aphanotorulus* (Teleostei: Loricariidae) with description of one new species, *A. ammophilus*, from the Rio Orinoco basin. *Copeia*. 1996; 379-389.
57. Sabaj MH, Armbruster JW, Page LM. Spawning in *Ancistrus* (Siluriformes: Loricariidae) with comments on the evolution of snout tentacles as a novel reproductive strategy: larval mimicry. *Ichthyol. Expior. Freshwaters*. 1999;10(3): 217-229.
58. Seyidoglu N, Yagcilar Ç. Evaluation of the gender differences and reproductive physiology of catfish (*Ancistrus cirrhosus*). *The Online Journal of Science and Technology*. 2020;10(4): 140-144.
59. Hill JE, Yanong RPE. Freshwater ornamental fish commonly cultured in Florida. 2023. 9p. <https://edis.ifas.ufl.edu>.
60. Ribeiro FAS, Fernandes JBK, Rodrigues, LA. Desempenho de juvenis de Acará-Bandeira (*Pterophyllum scalare*) com diferentes níveis de proteína bruta na dieta. *Boletim do Instituto de Pesca*. 2007;33: 195-203.
61. Alvarez-Lee L, Re AD, Diaz F. vd. Thermal biology and plasticity of the thermal metabolic scope of angelfish *Pterophyllum scalare* acclimated to different temperatures. *Int Aquat Res*. 2023;15: 263-269. Doi:10.22034/IAR.2023.1985934.1441
62. Patra S, Ghosh TK. Larval rearing of freshwater Angelfish (*Pterophyllum scalare*) fed on different diets. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*. 2015;8(6):6-11. Doi: 10.9790/2380-08610611
63. Patra S, Goswami B, Ghosh T. vd. Study on breeding behaviour of freshwater angelfish (*Pterophyllum scalare*). *ATSA Mukhapatra-Annual Technical*. 2024;28: 218-225.
64. Adel M, Saeedi AA. *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae) a new paratenic host of *Capillaria* sp. (Nematoda: Capillariidae) in Iran. *World Journal of Zoology*. 2013;8(4): 371-375. Doi: 10.5829/idosi.wjz.2013.8.4.7684
65. Ortega-Salas AA, Isabel Cortés G, Reyes-Bustamante H. Fecundity, growth, and survival of the angelfish *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae) under laboratory conditions. *Rev. Biol. Trop*. 2009;57(3): 741-747.
66. Chatterjee NR, Samiran Patra S, Talwar NA. Induced breeding of fresh water angelfish (*Pterophyllum Scalare*) using ova prim. *OSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. 2013;3(3): 24-28.
67. Karşlı, Z, Şahin D, Öz M, Öz Ü, Aral O. The Effect of Dietary Supplementation of 17 $\alpha$ -Methyltestosterone and 17 $\beta$ -Estradiol Hormones on Growth, Sex Conversion and Reproduction in Electric Yellow Cichlid (*Labidochromis caeruleus*). *Pakistan J. Zool*. 2022;54(1): 213-218. Doi: <https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/20210105110138>
68. Hekimoğlu MA, Sönmez S. Effect of L-carnitine on colour, digestive enzymes and growth of the electric yellow cichlid, *Labidochromis caeruleus*. *Pakistan J. Zool*. 2023;55(2): 773-782. Doi:10.17582/journal.pjz/20211030171043
69. Ha C, Wang Y, Yang C. vd. Analysis of bacterial community of *Labidochromis caeruleus* reared in RAS with various feeds. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*. 2024;76(2):182-189. Doi:10.46989/001c.117554
70. Mirande JM. Weighted parsimony phylogeny of the family Characidae (Teleostei: Characiformes). *Cladistics*. 2009; 25: 574-613. Doi: 10.1111/j.1096-0031.2009.00262.x
71. Çelik P, Çelik İ, Cirik Ş. Siyah Neon Tetra (*Hyphessobrycon herbertaxelrodi*) Larvalarının Allometrik Gelişimi. *Alınteri*. 2011;20(B): 25-32.

72. Kadtan NV, Shillewar KS. Reproduction of neon tetra (*Paracheirodon innesi*) under controlled conditions. *International Journal of Life Sciences Research*. 2023;11(1): 10-14.
73. Kusumah RV, Soelistyowati DT, Alimuddin A. vd. Ariations of red color coverage of cultured neon tetra (*Paracheirodon innesi*) for breeding improvement strategies. *Indonesian Aquaculture Journal*. 2021;16 (1): 1-11. Doi: 10.15578/iaj.16.1.2021.1-11
74. Cooper CJ, Mueller CA, Eme J. Temperature tolerance and oxygen consumption of two South American tetras, *Paracheirodon innessi* and *Hyphessobrycon herbertaxelrodi*. *Journal of Thermal Biology*. 2019;86: 102434. Doi: 10.1016/j.jtherbio.2019.102434
75. Zhang K, Cao P, Yin X. vd. Characterization of the complete mitochondrial genome of *Hyphessobrycon herbertaxelrodi* (Characiformes, Characidae) and phylogenetic studies of Characiformes. *Mitochondrial Dna Part B*. 2020;5(3): 3622–3624. Doi: 10.1080/23802359.2020.1831986.
76. Çelik P, Çelik İ. Embryonic development of black neon tetra *Hyphessobrycon herbertaxelrodi* Géry, 1961. *The Israeli Journal of Aquaculture–Bamidgeh*. 2022;74. Doi: 10.46989/001c.57301
77. Sugiani D, Purwaningsih U, Gardenia L. vd. A case study on mortality of neon tetra (*Paracheirodon innesi*) associated with the seasonal climate transitions in West Java–Indonesia. Ecological intensification: A new paragon for sustainable aquaculture IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 521. 2020. 012022 IOP Publishing. Doi:10.1088/1755-1315/521/1/012022.
78. Hekimoğlu MA. Akvaryum Teknolojisi. Ege Üniversitesi Yayınları. 2009;78: 360 s.
79. Saharan I. Breeding study of freshwater ornamental fish neon tetra (*Paracheirodon innesi*). *International Journal of Education and Science Research Review*. 2023;10(5): 312-317.



## Bölüm 3

# SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÖLÇÜTLERİ: FCR, FIFO, FFDR KAVRAMLARI

Kutsal GAMSIZ<sup>1</sup>  
Ali Yıldırım KORKUT<sup>2</sup>

### GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiriciliğinde özellikle son 10 yıl sürecinde çok önemli gelişmeler gözlenmektedir. Yeni ve alternatif türlerin de yetiştiricilik sistemlerine katılması ile 2020 yılında Türkiye’de yetiştiricilik miktarlarının avcılık miktarlarını geçmesi gerçekleşmiş ve bu şekilde devam etmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Türkiye Su Ürünleri Üretim Miktarları (1).

Yıllar	AVCILIK (ton)			YETİŞTİRİCİLİK (ton)			TOPLAM (ton)
	Deniz	İçsu	Toplam	Deniz	İçsu	Toplam	
2000	460.521	42.824	503.345	35.646	43.385	79.031	582.376
2001	484.410	43.323	527.733	29.730	37.514	67.244	594.977
2002	522.744	43.938	566.682	26.868	34.297	61.165	627.847
2003	463.074	44.698	507.772	39.726	40.217	79.943	587.715
2004	504.897	45.585	550.482	49.895	44.115	94.010	644.492
2005	380.381	46.115	426.496	69.673	48.604	118.277	544.773
2006	488.966	44.082	533.048	72.249	56.694	128.943	661.991
2007	589.129	43.321	632.450	80.840	59.033	139.873	772.323
2008	453.113	41.011	494.124	85.629	66.557	152.186	646.310
2009	425.046	39.187	464.233	82.481	76.248	158.729	622.962
2010	445.680	40.259	485.939	88.573	78.568	167.141	653.080
2011	477.658	37.097	514.755	88.344	100.446	188.790	703.545
2012	396.322	36.120	432.442	100.853	111.557	212.410	644.852
2013	339.047	35.074	374.121	110.375	123.019	233.394	607.515
2014	266.078	36.134	302.212	126.894	108.239	235.133	537.345
2015	397.731	34.176	431.907	138.879	101.455	240.334	672.241
2016	301.464	33.856	335.320	151.794	101.601	253.395	588.715
2017	322.173	32.145	354.318	172.492	104.010	276.502	630.820
2018	283.955	30.139	314.094	209.370	105.167	314.537	628.631
2019	431.572	31.596	463.168	256.930	116.426	373.356	836.524
2020	331.281	33.119	364.400	293.175	128.236	421.411	785.811
2021	295.018	33.140	328.158	335.644	136.042	471.686	799.844
2022	301.747	33.256	335.003	368.742	146.063	514.805	849.808

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Yetiştiricilik AD, kutsal.gamsiz@ege.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-3277-9488

<sup>2</sup> Prof. Dr., Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Yetiştiricilik AD, ali.korkut@ege.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-1096-5725

Dünya su ürünleri üretimi miktarları ile ilgili son açıklanan istatistiklerde, yetiştiricilik miktarının 2022 yılı itibari ile avcılık ile elde edilen üretimi geçtiği belirtilmektedir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) 2023 yılı verilerine göre göre, dünya balıkçılık ve su ürünleri üretiminin yeni bir zirveye ulaştığı, su ürünleri üretiminin avcılık ile elde edilen üretimi ilk kez geride bıraktığı belirtilmiştir. Bununla birlikte “Dünya Balıkçılık ve Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Durumu” (SOFIA) 2024 baskısında, 2022 yılında küresel balıkçılık ve su ürünleri üretiminin 2020 yılına göre % 4,4 artışla 223,2 milyon tona yükseldiği belirtilerek, üretimin 185,4 milyon tonunu su ürünlerinden ve 37,8 milyon ton olarak da alglerin yer aldığı ifade edilmiştir (2). Rapora göre, su ürünlerine yönelik artan küresel talebin karşılanmasında, hızlı gelişen su ürünleri yetiştiriciliği en önemli kaynaktır. Ancak böyle değerli bir kaynağın gelecekteki büyüme ve yaygınlaşması için özellikle sürdürülebilirliğe öncelik verilmesi gerekmektedir (2).

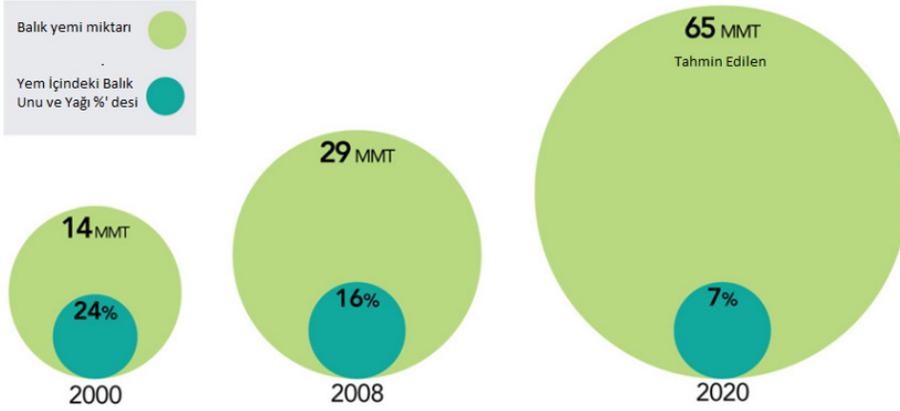
Toplam su ürünleri üretiminin %89' u doğrudan insan tüketimi için kullanılmaktadır; bu da balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinin küresel gıda güvenliğinin korunmasındaki kritik rolünün altını çizmektedir. Üretimin geri kalanı ise dolaylı veya gıda dışı kullanımlara, özellikle de balık unu ve balık yağı üretimine yönelik olarak değerlendirilmektedir (3).

Tüketimin sürdürülebilir besin kaynaklarından karşılanması, dünya genelinde hem sağlıklı beslenmeyi desteklemek hem de besinlere ulaşımı uzun yıllarca sağlayacaktır. Sürdürülebilir kaynaklar arasında ilk sıralarda yer alan su ürünleri içeriğindeki kaliteli proteinler dünya çapındaki hayvansal proteinlerin %15'ini ve toplam proteinlerin ise yüzde 6'sını oluşturmaktadır. Bunun yanında su ürünlerinin insan beslenmesinde çok önemli olan omega-3 yağ asitleri, mineraller ve vitaminler gibi temel besin kaynaklarını içermesi de çok önemlidir. Bu değerli konumu ile su ürünleri 2021 yılı itibari ile dünya nüfusunun 3,2 milyarlık kısmının ihtiyaç duyduğu hayvansal proteinlerin en az %20'sini karşıladığı da belirtilmektedir (2).

Konuyu sadece yetiştiricilik bazında düşünmek yeterli değildir. Balıkçılık stoklarının sürdürülebilirliği dikkate alınmalı s gereken en önemli konulardandır. Üretimi gerçekleştirilen türlerin büyük bölümünün yemlerinde, avlanan su ürünlerinin bir kısmının yem hammaddesi olarak kullanılması, yetiştiricilik üretiminin sürdürülebilirliği için doğal balık stoklarının da sürdürülebilir olmasını gerektirmektedir. Son yıllarda su ürünleri yetiştiriciliğindeki en büyük endişe, hızlı yükselişe bağlı olarak ihtiyaç duyulan balık unu ve yağının artması ve bunun da doğal balık stokları üzerine baskı yaratmasıdır (4).

Bu yüzden dünya gıda üretiminde böyle bir öneme sahip su ürünleri yetiştiriciliği konusunda son yıllarda yapılan çalışmaların büyük kısmı, balık unu ve yağı gibi sucul kaynaklardan gelen protein kullanımını azaltarak, üretim maliyetlerini düşürmek ve sürdürülebilirliği sağlamak üzerinedir. Tüm balıkçılık ve su ürünleri üretiminin %89'u insan tüketimi için kullanılırken ve sadece % 8,9'u balık unu ve balık yağı üretimi için kullanılmaktadır. Balık unu ve balık yağı üretiminde kullanılan avcılık kaynaklı balık miktarı 1994 yılında 30 milyon tonun üzerine çıkarak zirve yapmış, 2014 yılında ise 14 milyon tonun altına düşmüştür. Bu miktar 2018'de yaklaşık 18 milyon tona yükselmiş, sonraki iki yıl içinde azalarak 2020'de 16 milyon tonun üzerine çıkmıştır. Bu, deniz sularındaki avcılık balıkçılığının yaklaşık %20'sine karşılık gelmektedir. 2020'de balık ununun yaklaşık %86'sının su ürünleri yetiştiriciliğinde, %9'unun domuz yetiştiriciliğinde, %4'ünün diğer kullanımlarda (çoğunlukla evcil hayvan yemi) ve %1'inin kümes hayvanları için kullanıldığı tahmin edilmektedir (5).

Su ürünleri yetiştiriciliği, balık unu ve yağı kullanımında büyük bir yer almaktadır. Ancak yukarıda belirttiğimiz üzere, çok hızlı bir gelişim gösteren su ürünleri yetiştiriciliği yemlerinde balık unu ve yağı kullanımını aynı hızda büyümektedir (Şekil 1). Balık unu ve yağı üretiminde işleme atık balık ürünlerinin kullanımı yanında, yıllar içerisinde türlere uygun yem formüllerinin belirlenmesi, balık unu ve yağına alternatif kaynaklarının tespit edilmesi, alternatif katkı maddeleri ile diğer protein kaynaklarının eksikliklerinin giderilmesi ile balık unu kullanım oranları azaltılmıştır. Bunun yanında en büyük etki, dünya su ürünleri yetiştiriciliği içinde büyük pay alan türlerin, balık unu ve yağına daha az ihtiyaç duyan tilapia, sazan gibi türlerden oluşması kullanım miktarlarının da düşmesine neden olmuştur. Balık unu ve balık yağının kullanımı, ticari su ürünleri yetiştiriciliği yemi üretimi arttıkça oransal olarak aynı kalırken (2000'den 2020'ye kadar gerçek ve öngörülen üretim), balık unu ve yağının yemlerde kullanım yüzdesi azalmıştır ve azalmaya devam edecektir (6).



Şekil 1. 2000-2020 yılları arası balık yemi üretimi ve üretim içinde balık yağı ve unu miktarları (6).

Zaman içinde, özellikle balık kaynaklı hammaddelerin kullanımı nedeni ile balık üretimde yem kullanımının etkinliğini ve verimliliğini değerlendirmek için bir dizi sürdürülebilirlik kriteri geliştirilmiştir.

Su ürünleri yetiştiriciliği yıllar içinde geliştikçe, yetiştiricilikte kullanılan yemlerin etkinliğini ölçmek için kullanılan metrik hesaplamalar da gelişmiştir. Özellikle son yıllarda sadece yemin etkinliğini değil, yem içerisindeki balık kaynaklı balık unu ve balık yağı gibi kaynakların yem içeriğindeki oranları dikkate alınarak değerlendirme kriterleri de geliştirilmiştir. Bu kriterler su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilmesi yanında avcılık üzerine baskının azaltılması içinde faydalı olacak uygulamalardır.

Su ürünleri yemlerinin sürdürülebilirlik performansının analizinde yaygın olarak kullanılan üç ölçüm vardır. Bunlar;

Yem dönüşüm oranı (Feed Conversion Ratio),

Yemde kullanılan balık miktarı: üretilen balık miktarı (Fish in-Fish Out / FIFO),

Yem-balık bağımlılık oranı (Forage Fish Dependency Ratio / FFDR)

## YEM DÖNÜŞÜM ORANI (FCR)

Uzun yıllardır araştırmalarda ve tüm hayvan türlerinin üretiminde yaygın kullanılan bir gösterge de yem dönüşüm oranıdır. Bir yemin veya besleme planının verimliliği hakkında mükemmel bir fikir verebilir.

Yem dönüşüm oranı hayvansal biyokütlede 1 kg ağırlık kazancı elde etmek için bir hayvana verilen yem miktarını tanımlar. Aynı zamanda, yem fiyatı ile birleştiğinde üretilen kilogram başına canlı ağırlığın yem maliyetini belirleyerek, üretimin ekonomik başarısı için en önemli biyolojik bir göstergedir (7, 8, 9).

Yem dönüşüm oranı hesaplamalarında iki farklı hesaplama yöntemi kullanılmaktadır. Biyolojik yem dönüşüm oranı (bFCR) ve ekonomik yem dönüşüm oranı (eFCR). Bunların hesaplamaları şu şekildedir (9, 10).

bFCR (biyolojik FCR):

$$bFCR = \frac{\text{Toplam Tüketilen Yem (kg)}}{\text{Toplam Kazanılan Canlı Ağırlık (Son Ağırlık - İlk ağırlık) (kg)}}$$

eFCR (ekonomik FCR):

$$eFCR = \frac{\text{Beslemede kullanılan yemin toplam ağırlığı (kg)}}{\text{hasat edilen toplam balık ağırlığı - başlangıçtaki toplam balık ağırlığı + ölen balıkların ağırlığı (kg)}}$$

Bir metrik olarak bFCR, yemin (ve/veya hayvanın) biyolojik verimliliğini tanımlamak için kullanılan daha teorik bir metriktir ve biyolojik verimliliğe odaklanır. Bu amaçla tüketilmeyen yem ve ölüm gibi üretim kayıplarını hesaplamada dikkate almaz. Doğrudan balık tarafından tüketilen yemi dikkate aldığı için genellikle endüstriyel üretim sistemlerinde kullanılamaz. Daha çok tank ya da akvaryum gibi yem kayıplarının gözlemlenebildiği yerlerde kullanılır. eFCR ise balıkların yetiştirilmesi sürecinde meydana gelen çeşitli kütle dengelerini tanımlamak için kullanılabilir ve yem kayıpları yanı sıra meydana gelen ölüm gibi üretim kayıplarını da hesaba katar. bFCR her zaman eFCR'den daha düşüktür. (7, 9).

İyi bir çiftlik besleme yönetimi, kaliteli yemler, aşırı besleme yapılmaması ve düşük ölüm oranları FCR oranlarını düşürerek üretimi daha ekonomik ve verimli hale getirmektedir. Aşırı veya yetersiz besleme durumunda FCR yükselecektir.

Son otuz yılda yetiştiriciliği yapılan su ürünleri türlerinde eFCR'de bir iyileşme eğilimi gözlenmiştir (Tablo 2). Bu iyileşmede en önemli konu, türlerin ihtiyaçlarının belirlenmesi, ihtiyaçlara uygun besin maddelerinin tespit edilerek türün beslenme özellik ve davranışlarına uygun yemlerin yapılmasıdır. Yemleme yönetimi ve yemleme teknolojilerindeki gelişmeler ile yem kayıpları en aza indirilmiştir. Bunun yanında özellikle tatlı su ve karides üretiminde doğal

ortamdan sağlanan yemlerin artması (biyoflok sistemler ve diğ.) birçok türde eFCR değerlerinin 1,0:1'den düşük olmasına sebep olmuştur (11).

**Tablo 2. Son 20 yıla ait sektör genelinde ve türe özgü eFCR değerleri (11)**

<b>Tür Grupları</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>
Kabuklular	1,08	0,93	0,92
-Karides	1,19	1,07	1,43
Deniz Balıkları	1,18	1,05	0,86
Salmongiller	1,54	1,52	1,27
-Atlantik Salmon	1,36	1,30	1,27
Yılan Balıkları	1,65	0,96	0,81
Sazangiller	0,40	0,33	0,30
Tilapia ve diğer çiklitler	1,46	1,46	1,35
Tatlı Su Balıkları	1,12	1,08	0,96
Toplam Beslenen Akuakültür	0,75	0,76	0,71

Tablo 2' de görüldüğü üzere hemen hemen yetiştiriciliği yapılan tüm türlerde son 20 yıl içinde FCR değerleri düşüş göstermiştir.

### **FIFO (FISH IN-FISH OUT / YEMDE KULLANILAN BALIK MİKTARI: ÜRETİLEN BALIK MİKTARI VE FFDR (THE FORAGE FİSH DEPENDENCY RATIO -YEM BALIĞI BAĞIMLILIK ORANI)**

FIFO kavramı, özellikle hammadde olarak tercih edilen deniz ürünlerinin kullanımına yönelik olarak oluşturulan ilk sürdürülebilirlik göstergelerinden biridir (12). Akuakültür alanında yem olarak kullanılan yabancı balıkların üretilen çiftlik balığı miktarına oranını ifade eden temel bir ilkedir. Bu kavram, sektörün doğadan yakalanan balık popülasyonlarına olan bağımlılığını vurguladığı için akuakültür uygulamalarının sürdürülebilirliğini ve verimliliğini anlamada çok önemlidir.

FIFO' nun hesaplanmasında şu formül kullanılmaktadır (12).

FIFO (Balık unu için);

$$FIFO = eFCR \times \frac{Yemdeki\ balık\ unu\ (\%)}{Balık\ unu\ verimi\ (\%22,5)}$$

FIFO (Balık yağı için);

$$FIFO = eFCR \times \frac{Yemdeki\ balık\ yağı\ (\%)}{Balık\ yağı\ verimi\ (\%5)}$$

Balık unu ve yağı verimi, daha önceki çalışmalardan yola çıkılarak hesaplanmış bir veridir. Bu veri her 1000 kg doğal balıktan 225 kg balık unu, 50 kg balık yağı elde edilebildiğini göstermektedir. Ancak bu veri farklı türler için farklı araştırmacılar tarafından farklı aralıklarda da verilebilmektedir (Tablo 3).

**Tablo 3. Büyük balıkçılık işletmelerinden elde edilen balık unu ve balık yağı verimleri (11)**

Türler	Balık Unu Verimi (%)	Balık Yağı Verimi (%)
Antarctic krill ( <i>Euphausia superba</i> )	16	0
Atlantic herring ( <i>Clupea harengus</i> )	20	12
Atlantic mackerel ( <i>Scomber scombrus</i> )	19	19
Blue whiting ( <i>Micromesistius poutassou</i> )	20	2
Boarfish ( <i>Capros aper</i> )	22	3
Capelin ( <i>Mallotus villosus</i> )	17	8
Chilean jack mackerel ( <i>Trachurus murphyi</i> )	19	19
European sprat ( <i>Sprattus sprattus</i> )	19	8
Gulf menhaden ( <i>Brevoortia patronus</i> )	24	13
Norway pout ( <i>Trisopterus esmarkii</i> )	20	12
Peruvian anchovy ( <i>Engraulis ringens</i> )	23	5
Sandeels ( <i>Ammodytes tobianus</i> )	20	4
South American pilchard ( <i>Sardinops sagax</i> )	23	18
<b>Dünya Ortalaması</b>	<b>22.5</b>	<b>4.8</b>

Tablo 3’ te görüldüğü gibi türlere bağlı olarak balık unu ve balık yağı verimleri çok değişmektedir. Antartik krill un verimi açısından en düşük tür iken, balık unu açısından en yüksek verim sardalya, hamsi menhaden gibi türlerde, balık yağı açısından ise uskumru türlerinden alınmaktadır. Dünya ortalaması ise bizim yukarıdaki FIFO formülünde verdiğimiz balık unu için, %22,5, balık yağı için ise % 4,8 (yaklaşık 5)’ dir.

FIFO hesaplamasında diğer önemli bir konuda yetiştiricilik yemlerinde kullanılan balık unu ve yağı oranlarıdır. Glencross ve diğ. (11) tarafından bildirilen sucul türlerin yemlerindeki balık unu ve yağı kullanım oranları Tablo 4’ de verilmiştir.

<b>Tablo 4. Türlerle göre balık unu ve yağı kullanımının yıllara bağlı olarak değişimi (11)</b>						
<b>Tür Grupları</b>	<b>2000</b>		<b>2010</b>		<b>2020</b>	
	Balık U.	Balık Y.	Balık U.	Balık Y.	Balık U.	Balık Y.
Kabuklular	30,12	3,51	14,63	1,73	11,75	1,23
-Karides	25	2	16	2	14,68	1,75
Deniz Balıkları	34,12	6,67	21,36	3,37	21,23	2,87
Salmongiller	29,40	24,85	20,07	14,30	11,42	9,27
-Atlantik Salmon	40	25	25	15	10,97	9,90
Yılan Balıkları	60	4,68	45,61	2,93	45	0,43
Sazangiller	5,77	0,02	1,36	0,01	1	0
Tilapia ve diğer çiklitler	10,30	1,5	4,63	0,67	2,27	0,05
Tatlı Su Balıkları	14,23	0,71	8,59	0,50	7,32	0,29
Toplam Beslenen Akuakültür	13,01	2,72	7,53	1,44	7,35	1,04

Tablo 4’ de de görüldüğü gibi son 20 yılda balık unu ve yağı kullanım oranları tüm türlerde düşüş eğilimi göstermektedir.

Temel FIFO hesaplamasında, yem formülasyonunda kullanılan balık unu ve yağı oranları ile doğal balıklardan elde edilen balık unu ve yağının veriminden yararlanılmaktadır. Ancak farklı araştırmacı ya da topluluklar FIFO hesaplamasında farklı kriterleri de göz önünde bulundurmaktadır.

$$FFIF \text{ (Yemdeki kullanılan balık oranı)} = \frac{\text{Yemdeki Balık Unu (\%)} + \text{Yemdeki Balık Yağı (\%)}}{22,5 \text{ (Balık unu verimi)} + 4,8 \text{ (Balık Yağı Verimi)}}$$

$$FIFO = FFIF \times FCR$$

Küresel Akuakültür Birliği (GAA) En İyi Uygulamalar Sertifikasyonu (BAP) çiftlik standardı (BAP 2022) tarafından farklı bir yaklaşım kullanılmaktadır (13, 11). Buna göre;

Su Ürünleri Yetiştiricilik Konseyi (The Aquaculture Stewardship Council-ASC) ise FIFO hesaplamasında FFDR (The Forage Fish Dependency Ratio) denen ve doğal yemlik balıklarına olan bağımlılığı gösteren bir formül kullanmaktadır (11).

Su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde Yem Balığı Bağımlılık Oranı (FFDR), üretilen çiftlik balığı miktarıyla ilişkili olarak yemlerde kullanılan yabani balık miktarını tanımlayan kavramsal bir yöntemdir. Başlangıçta su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde yem kullanımının çevresel etkilerini ölçmenin bir yolu olarak geliştirilen FFDR, somon yetiştiriciliği sektöründe büyük ilgi görmüş ve daha sonrasında tüm su ürünleri üretiminde yaygınlaşmıştır. FFDR, işletmedeki eFCR dikkate alınarak, üretim yapılan sahaya özgü hesaplanmakta ve doğal stoklardan üretilerek, yemlerde kullanılan balık unu ve balık yağı miktarını hesaba katan bir oran olarak ifade edilmektedir. Temelde su ürünleri yetiştiriciliğinin doğal balık stokları üzerine etkisini belirlemek için ortaya konmuştur. Özellikle son yıllarda FFDR terimi karnivor balık yetiştiriciliğinin doğal balıklar üzerine etkisini dile getirmek için yaygın olarak gündeme alınmaktadır. Buna göre FFDR hesaplaması şu şekilde yapılmaktadır (14,15)

$$FFDR \text{ (Balık Unu)} = \frac{\text{Yemdeki Balık Unu Oranı(\%)} \times eFCR}{\% 24 \text{ (Balık unu verimi)}}$$

$$FDFR \text{ (Balık YAğı)} = \frac{\text{Yemdeki Balık Yağı Oranı(\%)} \times eFCR}{\% 5 - 7 \text{ arası (Balık yağı verimi)}}$$

Önceki FIFO hesaplamalarında doğal balıklardan elde edilen balık unu verimi dünya ortalaması olarak %22,5 verilmekteydi. ASC' nin kullandığı hesaplamada ise bu değer %24 olarak alınmaktadır. Bir diğer önemli farklılık ise balık yağı verim oranlarındadır. Bu oran önceki FIFO hesaplamalarında %4,8-5 olarak verilirken ASC' nin hesaplamasında %5-7 arasında verilmektedir. Boyd ve McNevin (16)' e

göre %5 değeri Peru, Şili ve Meksika Körfezi' n de yapılan avcılıktan elde edilen balıkların balık yağı verimini %7 ise Danimarka, Norveç, İzlanda ve Birleşik Krallık balıkçılığında elde edilen balık yağı verimini göstermektedir. Her ne kadar ASC raporlarında bildirilmese de balığın kaynağının bilinmediği durumlarda % 6 değeri kullanılmaktadır.

FFDR hesaplamalarında diğer önemli bir konu, balık unu ve yağı için yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen en büyük değer FFDR değeri olarak kabul edilmektedir (14).

Bu FIFO hesaplamalarının yanında bazı araştırmacılar çeşitli düzeltme faktörleri ile çok daha farklı hesaplama yöntemleri ve sonuçlar bulmuşlardır. Bu araştırmacıların temel aldığı nokta, avcılık balıklarından elde edilen balık unu ve yağı verim miktarlarının 1 kg balık unu için 4,17 kg doğal balığa ihtiyaç olduğudur. Bu verime göre un:doğal balık oranı 0,239, yağ:doğal balık oranı ise 0,250 olarak belirtilmiştir. Bu oranlara göre kullanılan yemin içerisindeki balık unu kullanımı % 4 ve üzerinde ise, yeme ekstra doğal balıklardan elde edilen yağ eklemeye gerek yoktur. Yemdeki balık unu oranı %4 ' den düşük ise farklı bir hesaplama yöntemi kullanılarak, balık yağı eklenmesinin hesaplamadaki yeri vurgulanmaktadır (16). Buna göre;

$$FIFO = \left[ \frac{\text{Balık Unu Kullanım Oranı (\%4 ve üzeri)}}{(100)(0,239)} \right] \times FCR$$

Eğer yemdeki balık unu ve yağı oranı %4' ün altında ise formül şu şekildedir.

$$FIFO = \left[ \left( \frac{\left( \frac{\text{Balık Yağı}}{100} \right) - \left( \frac{\text{Balık Unu}}{100 \times 4} \right)}{0,6 (\text{Balık yağı oranı})} \right) + \left( \frac{\text{Balık Unu} \times 4,17}{100} \right) \right] \times FCR$$

Bu veriler ışığında yetiştiriciliği yapılan farklı türler için farklı araştırmacılar tarafından hesaplanan FIFO değerleri Tablo 5' de verilmiştir.

**Tablo 5. Farklı türler için farklı araştırmacı ve birlikler tarafından hesaplanan FIFO değerleri (3)**

Hesaplama Metodu	Pasifik Beyaz Karidesi	Alabalık	Atlantik Salmon
ASC	0,85	1,84	1,80
BAP	0,54	1,12	0,82
IFFO	0,54	1,11	0,81
Boyd and McNevin (2015) (Balık unu verimi %20, balık yağı verimi %5 olarak hesaplanmıştır)	1,16	2,45	2,51
Boyd and McNevin (ASC'ye göre doğal balıklardan %24 balık unu ve %6 balık yağı verimi kullanılarak hesaplanmıştır).	0,85	1,85	1,81
Boyd and McNevin (BAP uyarınca ve IFFO'ya benzer şekilde canlı balıklardan %22,5 balık unu ve %4,8 balık yağı verimi kullanılarak hesaplanmıştır).	0,79	1,79	2,25
Kok ve diğ. (2020)	0,52	0,98	0,98

Tablo 5' de görüldüğü üzere hesaplamalar arasında oldukça büyük farklılıklar göze çarpmaktadır.

Bir diğer çalışmaya göre yıllar içinde FIFO değerlerinin değişimi Tablo 6' da verilmiştir.

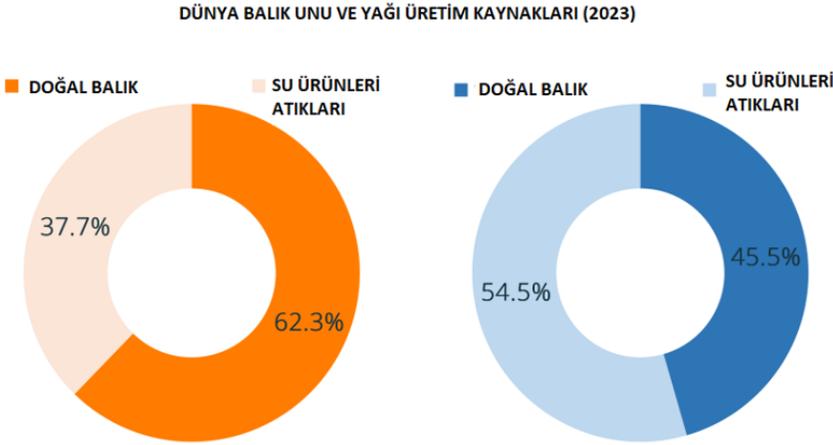
**Tablo 6. Yıllar içinde FIFO değer değişimleri (9)**

Tür Grupları	2000	2010	2020
Kabuklular	1,32	0,56	0,44
-Karides	1,17	0,70	0,86
Deniz Balıkları	1,74	0,94	0,75
Salmongiller	3,04	1,91	0,96
-Atlantik Salmon	3,21	1,89	0,96
Yılan Balıkları	3,89	1,69	1,34
Sazangiller	0,08	0,02	0,01
Tilapia ve diğer çiklitler	0,62	0,28	0,11
Tatlı Su Balıkları	0,61	0,36	0,26
Toplam Beslenen Akuakültür	0,66	0,37	0,27

## SONUÇ

Denizlerden elde edilen hammaddeler hala su ürünleri yetiştiricilik yemlerinde çok önemli bir yer tutsa da karasal gıda sistemlerinden elde edilen hammaddelere bağlılık da gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle soya, buğday ve mısır gluten gibi yüksek protein içerikli bitkisel hammaddeler su ürünleri yemlerinde gün geçtikçe daha fazla kullanılmaya başlamıştır. Bu tür karasal hammaddelerin su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanımın artması birkaç faktöre bağlıdır. Bunlar, balıkların ihtiyacına uygun yeni hammaddelerin tespiti ve formülasyonlarının hazırlanması, bu tür hammaddelerin kullanımının artırılmasına yönelik islah gibi iyileştirme yöntemleridir (17)

Su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğinin sağlanmasında yemlerde kullanılan balık unu ve yağı kullanım oranlarının dikkate alınması yanında balık unu ve yağı üretiminde doğal balık kullanımının azaltılması ve atık su ürünlerinden un ve yağ üretimi büyük katkı sağlamaktadır. Atık su ürünlerinden elde edilen balık unu ve yağı miktarları gün geçtikçe artmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Dünya 2023 Yılı Balık Unu ve Yağı Üretim Kaynakları (18)

Şekil 2’ de görüldüğü gibi günümüzde balık unu üretiminin %37,7 si su ürünleri atıklarından üretilirken, balık yağının %54,5’ i su ürünleri atıklarından elde edilmektedir (18). Atıklardan balık unu ve yağı üretiminin gelecek yıllarda daha da artacağı düşünülmektedir. Bunun yanında yem formülasyonlarının türe özgü yapılması ve türlerin besin ihtiyaçlarının kesin olarak tespiti önümüzdeki yıllarda balık unu ve yağı kullanım oranlarının daha da düşeceğine işaret etmektedir.

Doğal balıklardan elde edilen balık unu ve yağının balık yemlerinde kullanımının azalması ve FIFO değerlerinin düşmesi sürdürülebilirlik için en büyük göstergelerdendir. Özellikle Tablo 6' da görüldüğü gibi toplam akuakültür üretiminde ortalama FIFO değerleri son 20 yılda 0,66' dan 0,27' e düşmüştür.

FIFO hesaplamalarındaki farklılıklar ileride sorun yaşanabileceğini göstermektedir. Bu amaçla hesaplamalarda tek bir formül altında birleşmesi daha yararlı olacaktır. Bunun yanında balık unu ve yağı verimindeki farklılıklar hesaplamalar arasındaki farklılığı da arttırmaktadır. Bu yüzden her balık unu ve yağı üretilen bölge için bu oranların belirlenmesi ve hesaplamaların bu oranlara göre yapılması gerekmektedir. Bu durum ülkemizde üretilen balık yağı ve oranları için de geçerlidir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği yanında eFCR, FIFO ve FFDR değerleri doğrudan üretimin verimliliği üzerinde de etkilidir. Su ürünleri yemlerinde kullanılan hammaddeler arasında en pahalı olan hammaddelerin balık unu ve yağı olması, bu ürünlerin kullanımının azaltılması ile birlikte üretim maliyetinin de düşmesine sebep olacaktır. Ayrıca konu balık unu ve yağına alternatif ya da ikame hayvansal protein kaynaklarının kullanılması yönünden de önemli sonuçları göstermektedir. Sürdürülebilir bir su ürünleri yetiştiriciliği kapsamında tüm yaklaşımların dikkate alınması önemlidir. Ancak kesin uygulamalara geçmeden önce bilimsel araştırmaların yapılması, bunların sektöre uyumlu olup olmadığının belirlenmesi konularını göz ardı edilmemelidir.

## **KAYNAKÇA**

1. BSGM. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Su Ürünleri İstatistikleri. 2023, Ankara.
2. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>
3. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. *Towards Blue Transformation*. 2022. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
4. Kok B, Malcorps W, Thusty MF, et al. Fish as feed: Using economic allocation to quantify the Fish in :Fish out ratio of major fed aquaculture species. *Aquaculture*. 2020; 528, Art. No.: 735474. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735474>
5. SEAFISH. Seafish Insight : Fishmeal production and trends. *FAO SOFIA report 2022*. <https://www.seafish.org/document/?id=f7f4aa77-18e4-4635-aa88-589b1cdcda2e> [Accessed: 24th of july]
7. Fry JP, Love DC, MacDonald GK, et al. Environmental health impacts of feeding crops to farmed fish. *Environ Int*. 2016 May;91:201-14. doi: doi:10.1016/j.envint.2016.02.022. Epub 2016 Mar 11. PMID: 26970884.
8. Divu D, Rao K, Srinivasa KK, et al. Fish growth parameters and their monitoring. In: *Handbook on Opensea Cage Culture*. Central Marine Fisheries Research Institute, Karwar, 2012; pp. 112-117.

9. Iversen A, Asche, F, Hermansen, Ø, et al. Production cost and competitiveness in major salmon farming countries 2003–2018. *Aquaculture*. 2020; 522. 735089. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735089.
10. National Research Council (NRC). *Nutrient requirements of fish*. 2011. National Academy Press, Washington DC.
11. Robb, DH, Crampton VO. On-farm feeding and feed management: perspectives from the fish feed industry. eds. (Hasan, M.R. & New, M.B., ). *On-farm feeding and feed management in aquaculture*. 2013. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583. Rome, FAO. 67 pp (585 pp.).
12. Glencross, BT, Bachis E, Robb D, et al. The Evolution of Sustainability Metrics for the Marine Ingredient Sector: Moving Towards Holistic Assessments of Aquaculture Feed. 2024. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. doi: 10.1080/23308249.2024.2337426
13. Jackson A. Fish in - fish out ratios explained. *Aquaculture Europe*. 2009; 34 (3), 5–10.
14. BAP (Best Aquaculture Practice). Aquaculture facility certification, BAP farm standard. Best Aquaculture Practice. 2022. <https://www.bapcertification.org/Downloadables/pdf/GSA%20-%20Farm%20Standards-%20Issue%203.19%20-%202007-February-2023.pdf> [Accessed: 10th of July]
15. ASC (Aquaculture Stewardship Council). ASC Salmon Standard, version 1.2. Aquaculture Stewardship Council. 2009. (Online) [https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2019/04/ASC-Salmon-Standard\\_v1.2.pdf](https://www.asc-aqua.org/wp-content/uploads/2019/04/ASC-Salmon-Standard_v1.2.pdf) [Accessed: 10th of July].
16. Ytrestøyl T, Aas TS, Åsgård T. Utilisation of feed resources in production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway. *Aquaculture*. 2015; 448, 365–374. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.06.023>.
17. Boyd CE, McNevin AA. Resource Use and Pollution Potential in Feed-Based Aquaculture, *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 2024; 32:2, 306-333, doi: 10.1080/23308249.2023.225822
18. Naylor RL, Hardy RW, Buschmann AH, et al. A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*. 2021; **591**, 551–563. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03308-6>
19. IFFO. The sources of marine ingredients: Whole fish & by-products. 2023. [https://www.iffco.com/sources-marine-ingredients-whole-fish-products\\_](https://www.iffco.com/sources-marine-ingredients-whole-fish-products_) [Accessed: 1th of August]

## Bölüm 4

# DENİZ EKOSİSTEMİNDE HAYALET AVCILIK VE TÜR ÇEŞİTLİLİĞİNE ETKİSİ

Ali ULAŞ<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Sentetik malzemeden yapılmış balık ağları sualtında uzun süreler çürümeden kalabilmektedir. Bu yüzden balıkçılıkta uzun süredir bir çok bölgede yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu av araçlarının sualtında çeşitli nedenlerle kaybolması, ekosistem açısından olumsuz etkiler yaratabilmektedir. (9-23). Denizlerde ve iç sularda kullanılan av takımlarının kaybolması ve bu av takımlarının suda bulunduğu sürece avcılık faaliyetine devam etmesi sonucu oluşan avcılık faaliyeti “Hayalet Avcılık” olarak isimlendirilmektedir (2). Av araçlarının birçok nedenle kaybolmaktadır. Genellikle, oşinoğrafik etkiler (fırtına, akıntı, rüzgar vb.), dipteki engeller (gemi batıkları), deniz trafiği, farklı balıkçılık yöntemlerinde saha paylaşım çatışmaları, sert kayalık zemin yapısı, balıkçılık operasyonlarındaki kişisel hatalar (şamandıralama hatası), deniz kuşları ve deniz memelilerinin yarattığı etkiler (yunus, balina, fok, vb.) aşırı balık yakalanması ve ağların dibe çökmesi, kişisel çekişmelerden art niyetli uygulamalar ve çeşitli donam hataları başlıca kayıp nedenleri olarak ifade edilmiştir (11-29-30-7-19-8-9-23).

Kaybolan av araçları, sualtında avcılık özelliklerini bir süre daha sürdürmekte, ağa yakalanan balıkları yemeye gelen daha büyük türlerin yakalanması ile kontrolsüz avcılık miktarı artmaktadır. Kaybolan av aracı yakalama özelliğini kaybedene kadar (göz açıklığı, mantar yakanın zeminde set oluşturması, parçalanma, çürüme) kontrolsüz avcılık faaliyeti devam etmektedir. Özellikle tuzaklar ile yapılan avcılıkta yakalanan türlerin çürümesi ve suya bıraktıkları koku, diğer balıkları cezbederek karnivor türlerin tuzakta yakalanmasına imkân sağlamaktadır. Çoğu zaman, tuzağı yuva olarak kullanan balıkların içine girdikten sonra çıkamayarak ölmesi de tuzağın tekrar yemlenmesine ve hayalet avcılığın tekrar tekrar ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum av aracı

<sup>1</sup> Prof. Dr., Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Avlama Teknolojisi AD, ali.ulas@ege.edu.tr, ORCID iD:0000-0001-8012-2769

işlevini yitirene kadar devam etmektedir. Tuzak malzemelerinin deniz ortamında çözülebilmesi yapıldığı materyale göre değişiklik göstermektedir. Ahşap tuzaklarda kimyasal medde emdirilerek oluşturulan tuzaklar 2 yıla kadar, iskeletinde çelik ve kaplanmış vinil kullanılan tuzaklar 15 yıla kadar, plastik çerçeveli tuzaklar 30 yıla kadar deniz içinde yapısını koruyabilmektedir. (29-23-4).

Deniz ortamında kaybolan av araçları içinde uzatma ağları ve tuzaklar avcılığa devam ederken, aktif av araçlarından sürütme av takımları avcılığa devam etmemekte, deniz zemininde habitat kaybı ve deniz kirliliği şeklinde olumsuz etkisini devam ettirmektedir. (13-22-14).

Galsama ağları ile yapılan avcılıkta yıllık kayıp oranının %1 civarında olduğu rapor edilmiştir. (23). Morina avcılığında Newfoundland'ta yılda 5000 morina (*Gadus morhua* L., 1758) ağının kaybolduğu (17) bildirilmiştir. Kanada galsama avcılığında kayıp ağlarla yakalanan balık miktarının, toplam galsama ağları ile avlanan miktarın %15 i kadar olduğu, bu miktarın 3000-30000 ton arasında olduğu tahmin edilmektedir (15, 14).

Amerika Birleşik Devletleri, Atlantik kıyılarında uygulanan ıstakoz (*Homarus americanus*) avcılığında tuzak kayıp oranının, kıyısız bölgede %5-10, açık sularda bu oranın %20-30 arasında olduğu bildirilmiştir. (29).

FAO 1995 yılında hayalet avcılık konusunu, seçiciliği düşük ekosisteme doğrudan zarar veren sınıfa alarak, kaybolan ağların denizde bulunarak çıkarılması gerektiğini vurgulamıştır.

Türkiye'de hayalet avcılık 1990'lı yılların sonunda, çevre bilincinin artması ile gündeme gelmiştir. Gerek akademik gerekse sivil toplum kuruluşları tarafından birçok proje yürütülmektedir. 2002 yılında İzmir Körfezinde yapılan bilimsel çalışmalar etkisiyle (3-4) hayalet avcılık konusu popülerlik kazanmış tüm Türkiye kıyılarında başta özel koruma alanları olmak üzere sivil toplum kuruluşları, üniversiteler, dalış merkezleri tarafından batık ağlarının temizlenmesi, hayalet avcılığın önlenmesi konusunda çalışmalar hız kazanmıştır (6). İzmir Körfezi'nde yürütülen bu çalışmanın amacı, bölgedeki balıkçı kooperatifleri birlikte çalışarak yöredeki sualtı yükselti ve sığıklarını tespit etmek ve bu alanlardaki ağ, paraketa gibi av takımlarını temizleyerek yeniden balıkçılığa kazandırmaktır. Hayalet avcılık sebebi ile ortamda bulunan balık komite yapısının nasıl etkilendiği de çalışma kapsamı içerisinde yer almaktadır (22),

Erzini ve arkadaşları (16) 1997 yılında, Algarve Körfezi'nde monofilament ve multiflament ağların sualtında av etkinliklerinin karşılaştırılması amacıyla yürüttükleri çalışmada monofilament ağların % 33 multiflament ağların % 29

oranında avcılığa devam ettiğini bildirmiştir. Araştırmacı her iki ağın 15-20 hafta av etkinliğine devam ettiğini, çalışma sonunda kabuklu ve deniz yosunlarıyla kaplanarak resif görüntüsüne dönüştüğünü vurgulamıştır.

Bullimore ve arkadaşları (12) 2001 yılında İngiltere’de tuzaklar ile yürüttükleri çalışmada, yemlerin 28 gün tuzağın içinde kaldığını, *Maja squinado* ve *Cancer pagurus* tüürü yengeçlerin 125-270 gün boyunca avlanabildiğini bildirmiştir.

Godøy ve arkadaşları (18) 2003 yılında, Barents denizinde yengeç avcılığında kayıp kafeslerin ava devam edip etmediği konusunda yürüttükleri çalışmada, yakalanıp markalanan ve tekrar denize bırakılan yengeçlerin, az da olsa tekrar kafese girip öldüğünü bildirmiştir.

Norveç kıyılarında 2000-2001 yılında yürütülen çalışmada, *Reinhardtius hippoglossoides* avcılığında kullanılan uzatma ağları hayalet avcılık oranlarının belirlenmesi için 537-851 m derinliğe bırakılmış ve avcılık oranları izlenmiştir. 45 gün sonunda avcılık oranlarının %20-30 oranında azaldığı, 68 gün boyunca hedef tür avcılığının gerçekleştiği belirlenmiştir.

İngiltere’de yürütülen çalışmada hayalet ağların batıklarda ve düz zeminde kalma süreleri ve avcılık etkinlikleri araştırılmıştır. 2 yıl süren çalışma sonunda birkaç hafta sonra ağların avcılık verimlerinin %50 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Düz zemine bırakılan hayalet ağların 58 günün sonunda akıntı ve dalga hareketleriyle kıyıya ulaştığı ve hayalet avcılık tehdidinin sona erdiği, batıklarda bulunan ağları 2 yıl daha batık üzerinde kaldığı tespit edilmiştir. (25).

Saldanha ve arkadaşları (26) İspanya’nın Biscay körfezinde suda kalan ağların ne kadar suda olduğunun tespiti üzerine yaptıkları çalışmada, bölgelere göre bio-fouling miktarının ve türlerin farklı olduğunu bildirmiştir. Biscay Körfezinde genellikle çift kabuklular ve *Anemia* sp. türlerinin boyundan, Portekiz kıyılarında ise *Pteria hirundo* türünün boyundan, kayıp ağın suda kalma süresinin tahmin edilebileceğini bildirmiştir.

Sancho ve arkadaşları (27) 2003 yılında, Cantabria denizi’nde uzatma ağları ile yaptıkları çalışmada 27 parça uzatma ağını 117-135 m derinlikte düz zemine bırakarak aylık örnekleme yapmıştır. İlk 4 ay uzatma ağları yüksek av verimiyle balık yakalarken, daha sonraki 7 ayda av verimleri düşmüştür.

Santos ve arkadaşları (28) *Merluccius merluccius* balıkçılığında kaybolan ağların yakalama oranının belirleyecek çalışmayı 2000-2002 yılları arasında denemiştir. 27 posta ağ 65-78 m derinliği bırakılarak bir uçları demirli diğer uçları serbest bırakılmıştır. 15 ay boyunca bırakılan ağların 3’er adedi alınarak hayalet avcılık oranları belirlenmiştir. İlk 3 ayın sonunda hayalet avcılık oranlarının

önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Bio fouling organizmaların ağın üzerine yapışarak ağın sualtındaki formunu bozduğu gözlenmiştir. Araştırmacılar hayalet ağların zeminde yükseklik yaratma süresinin 248 olarak belirlemiştir. Hayalet avcılık ile avlanan *Merluccius merluccius* balıklarının, bölgede ticari avcılıkta yakalanan *Merluccius merluccius* balık miktarı içinde 0.5'lik bir paya sahip olduğu, bu miktarın önemsenecek bir düzeyde olduğu belirtilmiştir.

Tschernij ve Larsson (32), 1998-1999 yılları arasında Baltık Denizi'nde *Gadus morhua* avcılığında kullanılan, ağlar ile yürüttükleri çalışmada, 24 adet ağı 27 ay boyunca incelemiş, kayıp ağların kontrolsüz avcılığının ilk 3 ayın sonunda % 80 oranında azaldığını tespit etmiştir. kayıp uzatma ağlarının yakalama etkinliğinin 3 ayın sonunda normal yakalama oranının %5,6 sı oranında sabit kaldığını belirlemiştir.

Al-Masroori ve arkadaşları (1), 2000-20001 yılları arasında Umman Denizinde kayıp tuzaklar üzerine yaptıkları çalışmada, 16-35m derinlikler arasına 25 tuzak bırakarak tuzaklarda gün başına 1,54 kg avcılık gerçekleştiğini belirtmiştir. Kayıp tuzakların olumsuz etkilerini azaltabilmek için, av bölgesi işaretlemelerinin daha etkin yapılmasını, tuzaklarda küçük boylu balıkların kaçışına yönelik bölümler olmasını ve tuzakların yapıldığı malzemenin zamanla eriyerek tuzağın etkinliğinin yok olmasına yönelik uygulamalar yapılması gerektiğini bildirmiştir.

Ayaz ve ark. (3), Aralık 2002 ve Ocak 2003 tarihleri arasında İzmir Körfezi'nde kaybolan av araçlarının belirlenmesi amaçlı çalışmalarında, İzmir Körfezinde 440 balıkçının toplam 5415 posta ağ kullandığını bu balıkçıların %28 ile görüşüklerini belirtmiştir. Yapılan anket çalışmasında en çok kayıp nedeninin av araçları arasında çatışma ve aynı av bölgesini kullanılıyor olması %89'lık bir oranla ilk sırada yer almıştır.

Yasadışı trol ve algarna avcılığının bu kayıpta ilk sıralardaki av araçları olduğu, yıllık kayıp uzatma ağ miktarının yaklaşık 78,5km olduğunu belirlemiştir (5).

Taşlıel (31), 2006-2007 yılları arasında İskenderun Körfezi'nde yürüttükleri çalışmada, balıkçılık sezonunda 624 posta karides uzatma ağının, 622 posta dil balığı uzatma ağının ve 610 posta diğer uzatma ağlarının kaybolduğunu, bu ağların toplam uzunluğunun yaklaşık 226 km olduğunu bildirmiştir.

Yıldız (33), 2008 yılında yürütmüş olduğu çalışmasında İstanbul kıyılarında bir yıl içinde 229,8 km uzatma ağının, 2700m paraketanın ve 14 adet sepetin kaybolduğunu bildirmiştir. Uzatma ağları içinde %54,73 oranda kalkan ağlarının ilk sırada, %16 ile palamut uzatma ağlarının ikinci sırada, %7,36'lık oranla tekir uzatma ağlarının üçüncü sırada yer aldığını belirtmiş, fanyalı voli ağlarının 4,83 oranda kayıp sıralamasında olduğunu bildirmiştir.

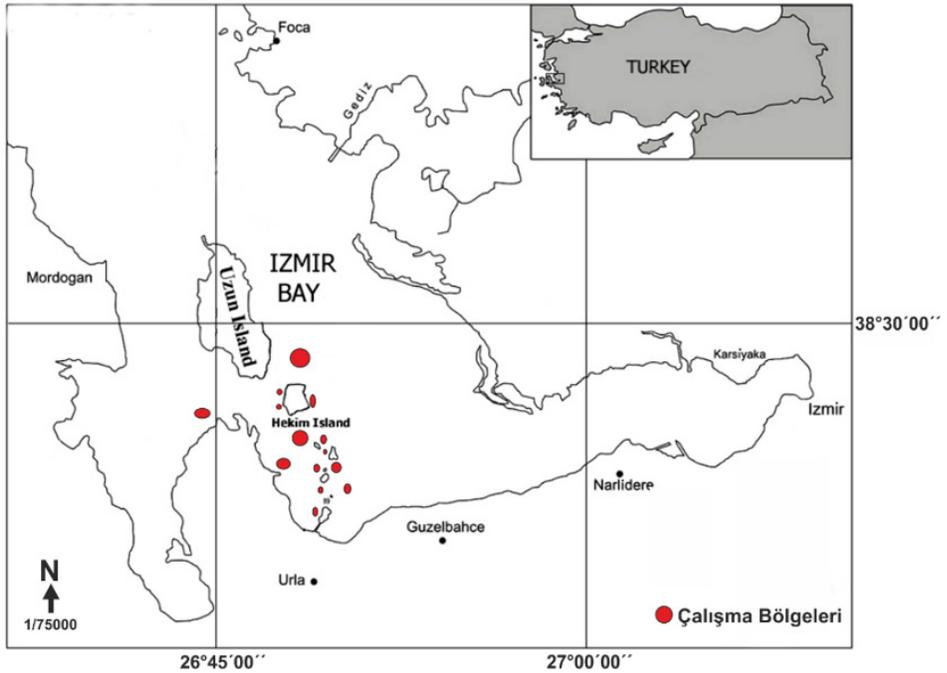
## **MATERYAL VE YÖNTEM**

Çalışmanın materyalini İzmir Körfezi'nde bulunan sualtı kayalıklarına takılmış batık ağlar oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan yöntem 3 aşamadan oluşmaktadır.

### **1. Çalışma İstasyonlarının Belirlenmesi**

Çalışma bölgesinde bulunan balıkçı barınak ve kooperatifleri ile (Güzelbahçe, Kalabak, Urla, Çeşmealtı ve Özbek Su Ürünleri Kooperatifleri) görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan görüşmelerde uzatma ağları ile avcılık yaptıkları bölgeler, ağ kaybettikleri alanlar ve bölgelerinde bulunan sualtı yapıları hakkında bilgi alınmış ve karşılıklı fikir alış-verişi gerçekleştirilmiştir.

Balıkçılarından alınan kerteriz ve GPS verileri kullanılarak sualtı kayalık ve sığlıklarının belirlenmesine yönelik echo-sounder ile sörvey çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Şekil.1). Echo-sounder ile tespit edilen noktalardan dalışa uygun olan (dalışa yasak bölge, dalış derinliği vb.) istasyonlarda, aletli dalış (scuba) yöntemi ile dalışlar gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çalışma bölgesi

Balıkadamlar tarafından sualtı topuk (bangoz) ve sığıklarına yapılan dalışlarda batık ağ, paraketa, tuzak vb. av takımlarının var olup olmadığı incelenmiştir. Batık ağların bulunduğu noktalar araştırma istasyonu olarak seçilmiş ve balıkadamlar tarafından görsel sayım yöntemi kullanılarak balık komite yapısı hakkında veri toplanmıştır. Batık ağların durumu, mevcut balık komite yapısına ilişkin veriler sualtı fotoğraf ve video çekimi yapılarak desteklenmiştir.



Şekil 2. Hayalet avcılığa sebep olan batık ağlar



Şekil 3. Batık ağların bulunduğu alanlarda görsel sayım tekniğinin uygulanması

## 2. Batık Ağların Temizlenmesi

Belirlenmiş istasyonlarda bulunan ağların temizlenmesinde balıkadamlar kullanılmıştır. Balıkadamlar, bıçak yardımıyla batık ağları temizlemiş halat ve kaldırma balonları yardımıyla temizlenen ağlar su yüzeyine çıkartılmıştır. Deniz çalışmalarında Ege Üniversitesi Sualtı Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesindeki EGEDERİN, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesine ait EGESÜF isimli araştırma gemileri ve balıkçı kayıkları kullanılmıştır (Şekil 4).

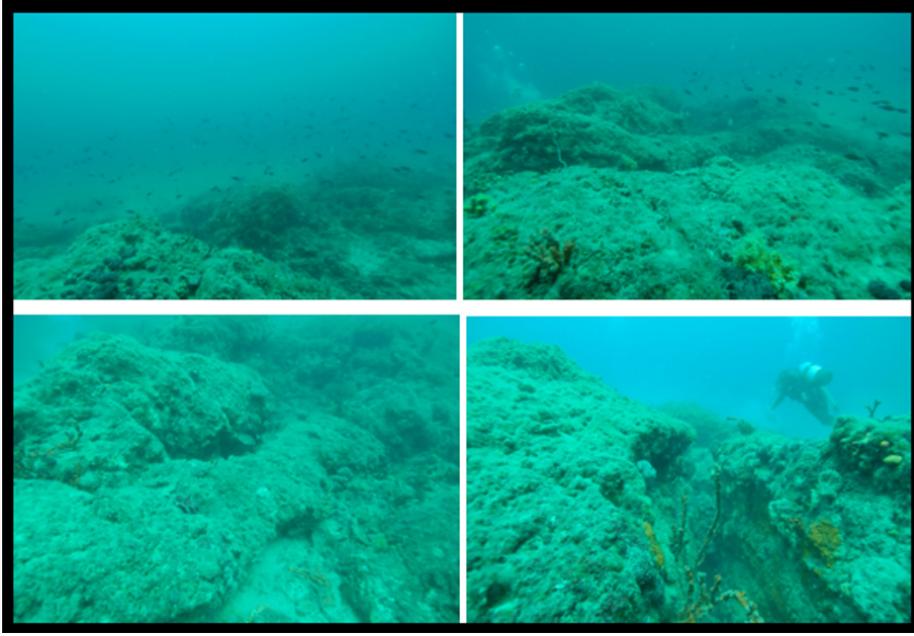


**Şekil 4.** Batık ağların temizlenmesi



**Şekil 5.** Batık ağların tekneye alınması

**3. Ağ Temizliği Sonrasındaki Durumun Tespiti:** Batık ağlardan temizlenmiş istasyonlar da balıkadamlar tarafından tekrar görsel sayım yöntemi kullanılarak balık komite yapısı hakkında veri toplanmıştır.



Şekil 6. Batık ağların çıkarılmasının ardından doğal resifteki görünüm

## SONUÇ

Projede 102 adet dalış yapılmış bu dalışlarda toplam 89,6 saat su altında çalışma gerçekleştirilmiştir. Belirlenmiş istasyonlarda yapılan dalışlarda 11 familyaya ait 24 balık türü ve 719 adet birey tespit edilmiştir (Tablo 1).

Tablo.1 İstasyonlarda Ağ Temizlemeden Önce Tespit Edilen Balık Türleri, Adetleri ve Minimum-Maksimum Boy Aralıkları (cm).

Familya	Tür	Adet	Boy Aralığı (cm)
Sparidae	<i>Diplodus annularis</i>	25	10-15
	<i>Diplodus sargus</i>	2	20-40
	<i>Diplodus vulgaris</i>	24	10-25
	<i>Lithognathus mormyrus</i>	5	20-32
	<i>Oblada melanura</i>	5	15-20
	<i>Sarpa salpa</i>	5	25-30
	<i>Boops boops</i>	20	12-18
	<i>Spicara smaris</i>	35	15-20

**Tablo.1 İstasyonlarda Ağ Temizlemeden Önce Tespit Edilen Balık Türleri, Adetleri ve Minimum-Maksimum Boy Aralıkları (cm). (Devamı)**

Familiya	Tür	Adet	Boy Aralığı (cm)
Carangidae	<i>Trachurus mediterraneus</i>	10	20
Labridae	<i>Symphodus tinca</i>	2	20-25
	<i>Labrus merula</i>	3	25-30
	<i>Coris julis</i>	3	10-15
Serranidae	<i>Serranus scriba</i>	3	15-20
Gobiidae	<i>Gobius niger</i>	1	10-12
Scorpaenidae	<i>Scorpaena porcus</i>	2	15-20
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	30	8-10
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	20	10-12
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	45	8-10
Octopodidae	<i>Octopus vulgaris*</i>	1	2.4kg

Hayalet ağ bulunan kayalık alanlarda daha çok Sparidae familyası üyelerinin yaygın olduğu görülmektedir. Bu istasyonlarda bulunan ağlar temizlendikten sonra tekrar görsel sayım yöntemi kullanılarak balık komite yapısı incelenmiştir. Hayalet ağlar temizlendikten sonra balık tür sayısı ve miktarında artış tespit edilmiştir (Tablo.2). Özellikle *Diplodus sargos*, *Sciaena umbra* ve *Octopus vulgaris* gibi kayalıkların arasında, oyukların içerisinde yaşayan balık türlerinin sayısında artış görülmektedir.

**Tablo.2 İstasyonlarda Ağ Temizledikten Sonra Tespit Edilen Balık Türleri, Adetleri ve Minimum-Maksimum Boy Aralıkları (cm)**

Familya	Tür	Adet	Boy Aralığı (cm)
Sparidae	<i>Diplodus annularis</i>	40	10-15
	<i>Diplodus sargus</i>	8	24-40
	<i>Diplodus vulgaris</i>	35	12-25
	<i>Lithognathus mormyrus</i>	5	18-32
	<i>Dentex dentex</i>	2	25-40
	<i>Sparus aurata</i>	2	24-32
	<i>Oblada melanura</i>	10	15-25
	<i>Sarpa salpa</i>	10	25-35
	<i>Boops boops</i>	80	15-20
	<i>Spicara smaris</i>	20	10-15
	<i>Spicara maena</i>	35	15-20
Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>	20	15
Labridae	<i>Symphodus tinca</i>	2	30-35
	<i>Labrus merula</i>	4	25-30
	<i>Coris julis</i>	3	10-12
Serranidae	<i>Serranus scriba</i>	5	15-20
Scianidae	<i>Sciaena umbra</i>	4	20-30
Gobidae	<i>Gobius niger</i>	4	10-12
Scorpaenidae	<i>Scorpaena scrofa</i>	5	20-24
	<i>Scorpaena porcus</i>	1	14
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	50	8-10
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	30	10-15
Pomacentridae	<i>Chromis chromis</i>	100	8-10
Octopodidae	<i>Octopus vulgaris*</i>	3	6,4kg

Hayalet avcılığı önlemenin en iyi yolu, av araçlarını kaybetmemektir. Av araçlarının kaybolma nedenlerinin balıkçılık yönetimi içinde iyi değerlendirilmesi ve bu nedenleri önlemeye yönelik kararların alınması esastır. Kaybolan av aracını tekrar bulmak için balıkçılık endüstrisi zamana bağlı olarak açılma düzeneklerini geliştirmiştir. Bu düzenekler istenen zamanda açılarak, üzerine bağlı bulunan küçük işaret şamandıralarını suyun yüzeyine göndererek, kaybolan av aracının tekrar bulunmasını sağlamaktadır. Aynı düzenek tuzak balıkçılığında da tuzağın içine giren ürünün, bir kaçış kapağına bağlanmasıyla, zamanı geldiğinde kapağın

açılarak, tuzağın etkisiz hale gelmesini sağlamaktadır. Bu tip düzeneklerin de Türkiye'de uzatma ağları avcılığında, özellikle 2-3 günden veya daha fazla suda bekleme süresi ile kullanılan ağlarda kullanılması mümkündür (2-3-4-31).

Av aracı kayıplarını engellemede diğer bir yol ise, av aracının yerinin mutlak suretle diğer avcılar tarafından görülmesinin sağlanmasıdır. Özellikle gece yapılan avcılıklarda, ağların şamandıralarında mutlaka bir ışık kullanılması, başka av takımlarını o bölgeden uzaklaştırmada yararlı olabilir (3). İzmir Körfezi'nde yürütülen çalışmada en fazla dil ve karides ağlarının kaybolduğu, ağların kaybolma nedenlerinin başında ise yasadışı trol ve algarna takımlarının geldiği bildirilmektedir (3). Uzatma ağlarının kullanıldığı bölgelerde sürdürülen yasadışı avcılığın kontrol edilmesi hayalet avcılığında azaltılmasında bir nebze etkili olabilir.

Günümüzde kullanılan ağ malzemeleri sualtında 8-10 yıla kadar kalmaktadır. Bu zaman zarfında su altında bu ağların meydana getirdiği hayalet avcılık probleminin yanı sıra gerek ağların çürümesi gerekse batırıcı olarak kullanılan kurşunlar deniz canlılarına ve bitki örtüsüne fiziksel ve kimyasal zararlar vermektedir (21). İzmir Körfezi'nde yapılan bir çalışmada sadece 2002 yılında, 200-280 km uzatma ağının (3), Gökova iç körfezde 190 km paraketa ve 3km uzatma ağı (6), İskenderun Körfezi'nde 402 balık tuzağının 1 yıl içinde çeşitli nedenlerden dolayı kaybolmuştur (24). Bu üç çalışmanın yapıldığı bölgelerde ağlardan kaynaklanan ekonomik kaybının yanı sıra bu ağların neden olduğu hayalet avcılık nedeniyle ekosistemde kaydedilemeyen canlı ölümlerinin oldukça yüksek olduğu tahmin edilmektedir.

Hayalet avcılık, denizlerde ve iç sularda balıkçılıkla uğraşan ülkelerin yüz yüze kaldığı önemli bir çevre ve ekoloji sorunudur. Türkiye karasularında yaklaşık 15000 tekne avcılık yaptığı bilinmektedir. Bu balıkçıların her yıl ortalama 200 m ağ kaybettiği tahmin edilmektedir. Basit bir hesapla ülkemizde yılda yaklaşık 1000-2000 km ağın kaybolduğu ve hayalet avcılığa yol açtığı hesaplanmaktadır (6). Bu duruma kıyasal bölgede kullanılan diğer av takımları (paraketa, sepet vb.) ve daha büyük av takımları olan gırgır ve trolünde dahil edilmesiyle birlikte mevcut durumun olumsuzluğu açıkça görülmektedir. Hayalet avcılıktan kaynaklanan ekonomik kaybın yanı sıra denizlerimizde bulunan Akdeniz foku, deniz kaplumbağası ve bazı köpekbalığı türleri gibi nesli tehlike altında bulunan türlerde zarar görmektedir.

## **KAYNAKÇA**

1. Al-Masroori, H., Al-Oufia, H., McIlwama, J.L., and Mcleanb, E., 2004. Catches of lost fish traps (ghost fishing) from fishing grounds near Muscat, Sultanate of Oman. *Fisheries Research* 69: 407-414.
2. Ayaz, A., D. Acarlı, 2002. Ghost fishing (in Turkish). *Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı*, 22-24 Kasım, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul. 194-198 s.
3. Ayaz, A., Ünal, V., Özekinci, U., 2004. İzmir Körfezi'nde Hayalet Avcılığa Neden Olan Kayıp Uzatma Ağı Miktarının Tespitine Yönelik Bir Araştırma E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 21 (1-2): 35 - 38.
4. Ayaz, A., Altınağaç, U., Özekinci, U., Özen, Ö., 2006. Üstten Girişli Yuvarlak Tel Sepetlerin Hayalet Avcılık Açısından İncelenmesi, E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 23 (1/3): 351 - 354.
5. Ayaz, A., Acarlı, D., Altınağaç, U., Özekinci, U., Kara, A., Özen, Ö., 2006. Ghost fishing by monofilament and multifilament gillnets in İzmir Bay, Turkey. *Fisheries Research*, 79: 267-271.
6. Ayaz, A., Ünal, V., Acarlı D., Altınağaç, U., 2010, Fishing gear losses in the Gökova Special Environmental Protection Area (SEPA), Eastern Mediterranean, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 26: 416-419.
7. Brandt, A., 1984. Fish catching methods of the world. Fishing News Books, U.K., 418 p.
8. Breen, P. A., 1987. Mortality of Dungeness crabs caused by lost trap in the Fraser River estuary, British Columbia. *North American Journal of Fisheries Management*, 7: 429-435.
9. Breen, P.A., 1990. A review of ghost fishing by traps and gillnets. In: Shomura, R.S., Godfrey, M.L.s (Eds.), *Proceeding of the Second International Conference on Marine Debris*, 2-7 April 1989, Honolulu, Hawaii. US Department of Commerce, NOAA Tech Memo NMFS, NOAA-TM-NMFS-SWFSC-154, pp. 571-599.
10. Brown, J., Macfadyen, G., Huntington, T., Magnus, J., and Tumilty, J., 2005. Ghost Fishing by Lost Fishing Gear. Final Report to DG Fisheries and Maritime Affairs of the European Commission. Fish/2004/20. Institute for European Environmental Policy / Poseidon Aquatic Resource Management Ltd.
11. Bowen, B.K., 1961. The Shark Bay fishery on snapper (*Chrysophrys unicolor*). *Fisheries Department, Western Australia, Rep. 1*: 1-15.
12. Bullimore, B., A. Newman, M.J. Kaiser, S.E. Gilbert, and K.M. Lock. 2001. A study of catches in a fleet of "ghost fishing" pots. *Fishery Bulletin*, 99 (2): 247 - 253.
13. Carr, H. A., Blot, A. J., Caruso, P. G. 1992. A study of ghost gillnets in the inshore waters of southern New England. In: MTS'92: Global Ocean Partnership. Marine Technology Society, Washington, DC, p 361-367.
14. Chopin, F., Inoue, Y., Matsushita, Y., Arimoto, T. 1996. Sources of accounted and unaccounted fishing mortality. In: Baxter B., Keller S. (eds) *Solving bycatch: considerations for today and tomorrow*. Proceedings of the Solving Bycatch Workshop, University of Alaska Sea Grant Program Report No. 96-03, 41-47.
15. Cooper, R. A., H. A. Carr, A. H. Hulbert, 1988. Manned submersible and ROV assessment of ghost gillnets on jeffriess and Stellwagen Banks, Gulf of Maine. *Research Report 88-4*. NOAA Undersea Research Program

16. Erzini K., Monterio, C.C., Ribeiro J., Santos, M.N., Gaspar, M., Monterio, P., Borges, T.C., 1997. An experimental study od gill and trammel net “ghost fishing” off the Algarve (southern portugal). *Marine Ecology Progress Series*, 158: 257-265.
17. Fosnaes, T., 1975. Newfoundland cod war over use of gill nets. *Fishing News International*, 14 (6): 40-43.
18. Godøy, H., Furevik, D. M., and Stiansen, S., 2003. Unaccounted mortality of red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in deliberately lost pots off Northern Norway, *Fisheries Research*, 64, (2-3), 171-177.
19. High, W. L., 1985. Some consequences of lost fishing gear. In: R.S. Shomura, and H. O. Yoshido (editors), *Proceedings of the Workshop on the Fate and Impact of Marine Debris*, 26-29 November 1984, Honolulu, Hawaii, p. 430-437. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS, NOAA-TM-NMFS-SWFC-54.
20. Humborstad, O.B., Furevik, D.M. Lokkeborg, S. Hareide, N.R., 2000. Catches of greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) in ghost fishing gillnets on the Norwegian continental slope. *ICES CM 2000/J:8*. 10 p.
21. Jacks, G., Bystroem, M., Johansson, L., 2001. Lead emissions from lost fishing sinkers. *Boreal Environment Research*, 6: 231–236.
22. Kaiser, M.J., Bullimore, B., Newman, P., Lock, K., Gilbert, S., 1996. Catches in “ghost fishing” set nets. *Marine Ecology. Progresies Series*, 145: 11-16.
23. Laist, D.W., 1996. Marine debris entanglement and ghost fishing: a cryptic and significant type of bycatch? In Baxter B., S. Keller (eds) *Solving bycatch: considerations for today and tomorrow*. *Proceedings of the Solving Bycatch Workshop*, University of Alaska Sea Grant College Program. Report No: 96-03, p 33-39.
24. Özyurt, C.E., Akamca, E., Kiyaga, V.B., Taşlıel, A.S., 2008. İskenderun Körfezi’nde Bir Balıkçılık Sezonunda Kaybolan Sepet Tuzak Oranı ve Kayıp Nedenleri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi* 25 (2): 147–151
25. Revall, A., G. Dunlin, 2003. The evolution of gill net abandoned on hard open ground in UK Waters. *Fisheries Research*, 64: 107-113.
26. Saldanha, H. J., Sancho, G., Santos, M. N., Puente, E., Ggaspara, M. N., Bilbao, A.M., Gomez, E., Arregi, L., 2003. The use of biofouling for ageing lost nets: a case study. *Fisheries Research*, 64, (2-3) : 141-150.
27. Sancho, G., Puente, E., Bilbao, A., Gomez, E., Arregi, L., 2003. Catch rates of monkfish (*Lophius spp.*) by lost tangle nets in the Cantabrian Sea (Northern Spain). *Fisheries Research* 64: 129–139.
28. Santos, M.N., Saldanha, H.J., Gaspar, M.B., and Monteiro, C.C., 2003. Hake (*Merluccius merluccius* L., 1758) ghost fishing by gill nets off the Algarve (Southern Portugal). *Fisheries Research*, 64: 119–128.
29. Smolowitz, R.J. 1978. Trap design and ghost fishing: Discussion and An overview. *Marine Fisheries Review*, 40 (5-6): 59-67.
30. Sutherland, D.L., Beardsley, G.L., Jones, R.S. 1983. Results of a suvey of south Florida fish-trap fishing grounds using a manned submersible. *Northeast Gulf Science*, 6(2): 179-183.
31. Taşlıel, A.S., 2008. Karataş ve Yumurtalıkta (İskenderun Körfezi) bir av sezonunda kaybolan av araçlarının miktarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü.

32. Tschernij, V., Larsson, P.O. 2002. An estimation of the cod (*Gadus morhua*) catch in the bottom gill nets lost along the southern coast of Sweden. Time Session V: Unaccounted Mortality in Fisheries. ICES CM 2002CM 2002/V:24.
33. Yıldız, T., 2010, İstanbul kıyı balıkçılığında hayalet avcılığa neden olan kayıp av aracı miktarlarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi.

## Bölüm 5

### UZAKTAN ALGILAMA VE BALIKÇILIKTA KULLANIMI

Adnan TOKAÇ<sup>1</sup>

#### GİRİŞ

Uzaktan algılama, bir nesne, alan veya fenomenin, fiziksel olarak temas etmeden, elektromanyetik radyasyon gibi araçlar kullanarak veri toplama ve analiz etme yöntemidir (1). Bu teknik, özellikle uydu, uçak veya dronlar gibi platformlar üzerinde taşınan sensörler aracılığıyla gerçekleştirilir (2). Uzaktan algılama, yer yüzeyinin, atmosferin veya okyanusların çeşitli özelliklerini incelemek için kullanılır (3). Tarım, orman yönetimi, çevre izleme, meteoroloji, coğrafya ve şehir planlama gibi birçok alanda önemli uygulamalara sahiptir (4).

Uzaktan algılama uygulamaları balıkçılık amaçlı olarak oldukça etkili bir şekilde kullanılabilir. Uzaktan algılama teknikleri deniz yüzeyindeki ve su altındaki koşulları izlemek, balık popülasyonlarını ve göç yollarını tespit etmek, balıkçılık için en uygun alanları belirlemek gibi çeşitli amaçlarla uygulanabilme özelliğine sahiptir. Uydu verileri, deniz yüzey sıcaklığı, klorofil yoğunluğu, deniz akıntıları ve plankton dağılımı gibi parametreleri izlemek için kullanılabilir. Bu veriler, balıkların toplanma eğiliminde oldukları alanları tespit etmeye yardımcı olabilmektedir.

Balıkçılıkta uzaktan algılama teknikleri, özellikle sürdürülebilir balıkçılık yönetimi ve aşırı avlanmanın önlenmesi için günümüzde kullanılabilecek önemli araçlardan birisidir. Ayrıca, bu yöntem, balıkçılık endüstrisinin verimliliğini artırarak yakıt tüketimini azaltabilir ve çevresel etkiyi minimize edebilir.

Ancak uzaktan algılama tekniğinin etkin bir şekilde uygulanabilmesi, toplanan verilerin doğru bir şekilde işlenmesi ve yorumlanmasına bağlıdır. Bu, gelişmiş veri işleme teknikleri ve bu alanda uzmanlaşmış yetişmiş eleman ihtiyacını doğurur. Türkiye ve dünya genelinde bu konuda farklı gelişmeler ve zorluklar yaşanmaktadır. Türkiye'de uzaktan algılama teknolojilerinin kullanımı giderek artmaktadır, özellikle tarım, çevre izleme, doğal afet yönetimi ve şehir

<sup>1</sup> Prof. Dr., Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Avlama Teknolojisi AD, adnan.tokac@ege.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-2968-7315

planlama gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu teknolojilerin tam anlamıyla etkin kullanılabilmesi için veri işleme kapasitesi ve yetişmiş eleman ihtiyacı önemlidir.

Türkiye'deki üniversiteler ve araştırma merkezleri, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) alanında çalışmalar yapmaktadır. Bu alanda çeşitli yazılımlar ve veri işleme teknikleri geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Ancak, yerli yazılımların sayısı oldukça sınırlı olup, genellikle yabancı kaynaklı yazılımlar tercih edilmektedir. Türkiye'nin veri işleme konusunda daha fazla yatırımlara ve teknolojik altyapıya ihtiyacı bulunmaktadır. Bunun yanında, uzaktan algılama alanında uzmanlaşmış mühendis ve bilim insanı sayısı artmakla birlikte, hala yeterli seviyede değildir. Üniversitelerin ilgili bölümlerinden mezun olan öğrenciler, özellikle bu teknolojilerin gelişimi ve uygulanmasında kritik rol oynamaktadır. Ancak, bu alanla ilgili eğitim ve staj imkanlarının artırılması, sektördeki yetişmiş eleman açığını kapatmak için önemli katkı sağlayacaktır. Bu alanda daha fazla akademik programın ve özel sektör-üniversite işbirliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Dünya genelinde uzaktan algılama teknolojilerinin kullanımına bakacak olursak özellikle gelişmiş ülkelerde bu uygulamaların çok yaygın olarak kullanıldığını görmekteyiz. Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği ülkeleri, Japonya ve Çingibi ülkeler bu teknolojilerde lider durumdadır. Bu ülkelerde, uzaktan algılama verilerinin işlenmesi için yüksek kapasiteli süper bilgisayarlar, yapay zeka algoritmaları ve büyük veri analitiği gibi ileri teknolojiler kullanılmaktadır. Bu sayede, büyük miktarda veri hızlı ve doğru bir şekilde işlenebilmekte ve gerçek zamanlı uygulamalar için kullanılabilir. Bu ülkelerde, hem ticari hem de akademik alanda geniş bir yazılım yelpazesi bulunmaktadır. Dünyada uzaktan algılama ve veri işleme konusunda uzmanlaşmış çok sayıda bilim insanı ve mühendis bulunmaktadır. Bu alanda, özel sektörün, devlet kurumlarının ve akademik kuruluşların ciddi yatırımları mevcuttur. Eğitim programları, mesleki sertifikalar ve sürekli eğitim olanakları bu ihtiyacın karşılanmasına yönelik olarak sürekli güncellenmektedir. Ayrıca, küresel düzeyde işbirlikleri ve bilgi paylaşımı da bu teknolojilerin gelişimini hızlandırmaktadır.

## **UZAKTAN ALGILAMA TEKNİĞİ**

Uzaktan algılama uygulamasının işleyişini basit bir şekilde tanımlayabilmek için aşağıdaki unsurları içeren bir döngü düşünebiliriz (Şekil 1).

Uydu veya Sensör;  
Elektromanyetik Dalgalar;  
Yeryüzü (Arazi)  
Veri İşleme Merkezi  
Sonuçlar ve Uygulamalar



Şekil 1. Uzaktan algılama tekniği uygulamasının basit bir işleyiş görseli

**Uydu veya Sensör:** Uydular kullanım amaçlarına göre başlıca 3 ana grupta toplanabilir. Bunlar sırası ile 1- Gözlem Uyduları 2- İletişim Uyduları ve 3- Meteoroloji Uydularıdır.

Gözlem uydularıda kendi içinde Optik, kızılötesi ve radar uyduları olarak farklı kullanım amaçları için özelleşmiştir. Örneğin optik uydular yeryüzündeki

nesnelerin görünür ışık altında görüntülerini alırken ( Örnek: Landsat, SPOT.) kızılötesi uyduları ısı yayılımı ve bitki örtüsünü analiz etmek için kullanılmaktadır. (Örnek: MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Buna karşılık radar uyduları ile radar dalgalarını kullanarak bulutlu veya karanlık hava koşullarında bile görüntü alınabilmektedir (Örnek: Sentinel-1).

İletişim uyduları uzaktan algılamada veri iletimi için kullanılır. Uydular, toplanan verileri yeryüzündeki alıcılara gönderir.

Meteoroloji uyduları ise atmosferik verileri toplamak için kullanılır. Örnek: GOES (Geostationary Operational Environmental Satellites).

Uzaktan algılama için kullanılan bir diğer önemli araçlar ise sensörlerdir. Sensörler de kullanım amaçlarına göre 4 ana grupta değerlendirilebilir.

- 1- Aktif sensörler; Kendi ışığını (radar dalgaları, lazer vb.) yayarak yansıyan ışığı ölçen sensörlerdir. Örnek: Lidar (Light Detection and Ranging).
- 2- Pasif sensörler; Güneşten gelen doğal ışığı kullanarak veri toplayan sensörlerdir. Örnek: Termal kameralar, multispektral ve hiperspektral sensörler.
- 3- Multispektral sensörler; Farklı dalga boylarında (örneğin, görünür, kızılötesi) görüntüler alarak yüzey özelliklerini analiz eden sensörlerdir. Örnek: AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer).
- 4- Hiperspektral sensörler; Geniş bir dalga boyu aralığında çok sayıda bant kullanarak detaylı spektral bilgi toplayan ve daha ayrıntılı analizler yapmayı sağlayan sensörlerdir.

**Elektromanyetik Dalgalar:** Uzaktan algılamada kullanılan elektromanyetik dalgalar, çeşitli dalga boylarına sahip olan ve farklı uygulamalar için kullanılan enerji biçimleridir. Bu dalgalar, nesnelerin ve yüzeylerin özelliklerini belirlemek için kullanılır. Uzaktan algılamada yaygın olarak kullanılan elektromanyetik dalga türleri aşağıda sıralanmıştır:

#### 1. Görünür Işık

Dalga Boyu: 400-700 nanometre arasındadır.

Kullanım: Bitki örtüsü, su yüzeyleri ve diğer yüzeylerin görünümünü analiz etmek için kullanılır. Görünür ışık, insanların gözleriyle algılayabildiği dalga boylarıdır (5)

#### 2. Kızılötesi (IR) Işık

Dalga Boyu: 700 nanometre ile 1 mm arasındadır.

Kullanım: Isı yayılımını ve bitki sağlığını izlemek için kullanılır. Yeşil bitkiler, kızılötesi ışığı daha fazla yansıtır, bu da bitki sağlığını değerlendirmeye yardımcı olur (6).

### 3. Termal Işık

Dalga Boyu: 8-14 mikrometre arasındadır.

Kullanım: Nesnelerin sıcaklıklarını ölçmek için kullanılır. Termal kameralar, bu dalga boyunu kullanarak sıcaklık farklarını algılar (4).

### 4. Mikrodalga

Dalga Boyu: 1 mm ile 1 m arasındadır.

Kullanım: Radar sistemleri, hava durumu uyduları ve yer yüzeyini incelemek için kullanılır. Mikrodalgalar, bulutlu hava koşullarında bile veri toplama yeteneği sunar (7).

### 5. Radar Dalgaları

Dalga Boyu: Genellikle milimetre ile santimetre arasındadır.

Kullanım: Aktif sensörler tarafından kullanılır ve bulutlu veya karanlık ortamlarda bile nesnelere tespit edebilir. Topoğrafik haritalama ve yüzey deformasyonlarını izleme gibi uygulamalarda kullanılır (8).

Genel olarak değerlendirildiğinde, elektromanyetik dalgaların, uzaktan algılamada çeşitli yüzey özelliklerini ve çevresel değişiklikleri analiz etmek için kritik bir role sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu dalgaların farklı özellikleri, belirli uygulamalar için en uygun sensörlerin ve uyduların seçiminde önemli bir etken olmaktadır.

**Yeryüzü (Arazi):** Uzaktan algılama uygulamalarında yeryüzü ve arazinin rolü, çeşitli alanlarda veri toplama ve analiz süreçlerinin temel unsurlarını oluşturur. Yeryüzü ve arazi özellikleri, uzaktan algılama sistemlerinin etkinliğini doğrudan etkiler. Bu konuda bazı önemli noktalar aşağıda verilmeye çalışılmıştır.

#### 1. Yüzey Özellikleri

- **Yüzey Malzemesi:** Arazi yapısı, yüzeyin malzeme özelliklerine göre değişiklik gösterir. Örneğin, su, toprak, bitki örtüsü ve yapay yüzeyler (binalar, yollar) farklı elektromanyetik dalgaları farklı şekillerde yansıtır veya emebilir.
- **Arazinin Topografyası:** Yükseklik, eğim ve yön gibi topoğrafik özellikler, uzaktan algılama verilerinin yorumlanmasında önemlidir. Bu özellikler, sensörlerin toplayabileceği verilerin kalitesini ve doğruluğunu etkiler.

#### 2. Veri Toplama

- **Yüzey Görünürlüğü:** Yüzey özellikleri, uzaktan algılamada alınan görüntülerin kalitesini etkiler. Örneğin, yoğun ormanlık alanlar veya kirlilik nedeniyle görünürlüğü azalmış bölgeler, uzaktan algılama ile elde edilen verilerin doğruluğunu azaltabilir.

- **Atmosferik Koşullar:** Yeryüzü özellikleri, atmosferik koşullarla etkileşim halindedir. Bu, özellikle su buharı ve aerosol yoğunluğunun yüksek olduğu bölgelerde, uzaktan algılama verilerinin doğruluğunu etkileyebilir.

### 3. Verilerin Yorumlanması

- **Spektral Analiz:** Farklı yüzey türleri, elektromanyetik spektrumda farklı spektral özelliklere sahiptir. Bu farklılıklar, uzaktan algılama verilerinin yorumlanmasında kullanılır ve arazinin türünü belirlemeye yardımcı olur.
- **Zaman Serisi Analizi:** Arazinin zaman içindeki değişimi, uzaktan algılama verileriyle izlenebilir. Bu, tarım uygulamaları, iklim değişikliği ve çevresel izleme açısından önemlidir.

**Veri İşleme Merkezi:** Uzaktan algılama uygulamalarında veri işleme merkezi, toplanan verilerin analiz edilmesi, işlenmesi ve yorumlanması için kritik bir rol oynar. Bu merkezler, çeşitli sensörler ve uydular aracılığıyla elde edilen verilerin yönetiminde ve kullanılabilir bilgiye dönüştürülmesinde önemli bir görev üstlenir. Uzaktan algılama uygulamalarında veri işleme merkezinin işlevleri ve görevleri aşağıda verildiği şekilde özetlenebilir.

Veri toplama işi veri entegrasyonu ve veri depolama olarak iki ana başlık altında gerçekleştirilmektedir. Farklı kaynaklardan (uydu, hava aracı, yer sensörleri) elde edilen verilerin toplanması ve entegrasyonu, merkezi sistemler tarafından gerçekleştirilir. Ancak toplanan verilerin güvenli bir şekilde depolanması ve yönetilmesi için gerekli altyapının mutlaka sağlanması gerekmektedir. Toplanan veriler öncelikle bir ön işleme alınır. Bu işlem özellikle toplanan verilerin doğruluğunu sağlamak için hata kontrolü ve düzeltme işlemleri için yapılmalıdır. Ayrıca ön işleme sürecinde eksik verilerin tamamlanması ve gürültünün giderilmesi gibi işlemlerde gerçekleştirilmektedir. Daha sonra verilerin coğrafi koordinat sistemine uygun hale getirilmesi için georeferanslama işlemi yapılır ve bu işlem özellikle haritalama ve analiz süreçleri için önemlidir. Georeferanslama, coğrafi verilerin belirli bir coğrafi konum veya koordinat sistemi ile ilişkilendirilmesi sürecidir. Bu işlem, harita, görüntü veya veri kümesi gibi coğrafi bilgilerin, dünya üzerindeki gerçek konumlarını belirlemek için kullanılır. Georeferanslama, uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve haritalama uygulamalarında kritik bir rol oynar. Ön işleme ve georeferanslama işlemlerinden sonra artık veri analizine başlanabilir. Veri analizi için görüntü işleme ve spektral analiz teknikleri kullanılmaktadır. Uzaktan algılama verileri, çeşitli görüntü işleme teknikleri kullanılarak analiz edilir. Bu, görüntülerin iyileştirilmesi, sınıflandırılması ve segmentasyonu gibi işlemleri içerir. Spektral analiz ise farklı dalga boylarındaki

verilerin analizi, yüzey özelliklerini belirlemek ve değişimleri izlemek için kullanılır. Veri analizini modelleme ve simulasyon süreci takip eder. Veri işleme merkezleri, çevresel değişimleri simüle etmek ve modellemek için verileri kullanır. Bu, iklim değişikliği, doğal afetler ve diğer çevresel faktörlerin analizi için önemlidir. Modelleme ve simulasyon sürecinde üretilen çevresel modeller bilgi üretimi için çeşitli şekillerde kullanılabilir. Örneğin; işlenen veriler, coğrafi bilgi sistemleri (GIS) ve diğer görselleştirme araçları kullanılarak haritalar ve grafikler haline getirilebilir. Bu şekilde yapılan haritalama ve görselleştirme uygulamaları sayesinde kullanıcıların verileri daha kolay anlamaları ve yorumlamaları sağlanmaktadır. Veri analiz sonuçları kullanıcılar veya karar vericiler için raporlar halinde sunulur.

Veri işleme merkezleri veri analizi ve sonuçların raporlanması dışında kullanıcı destek hizmetleri kapsamında, kullanıcıların uzaktan algılama verilerini etkili bir şekilde kullanmaları için eğitim ve destek hizmeti yanısıra ayrıca işlenen verilerin ve raporların ilgili paydaşlarla (devlet kurumları, araştırmacılar, özel sektör) paylaşılmasını sağlama hizmeti de vermektedirler. Ayrıca sürekli iyileştirme kapsamında veri işleme merkezleri, yeni algoritmalar ve teknolojilerin entegrasyonu ile veri işleme süreçlerini sürekli olarak iyileştirmekte ve kullanıcılardan alınan geribildirimler doğrultusunda hizmetlerin ve süreçlerin geliştirilmesi için çalışmalarını sürdürmektedirler.

**Sonuçlar ve Uygulamalar:** Uzaktan algılama uygulamaları, çeşitli alanlarda veri toplama ve analiz yapma imkanı sunarak önemli sonuçlar ve uygulamalar sağlar. Bu uygulamalar, hem çevresel izleme hem de insan aktivitelerinin yönetiminde kritik bir rol oynamaktadır. Uzaktan algılamanın sonuçları ve uygulama alanları kısaca aşağıda özetlenmiştir.

Uzaktan algılama, geniş alanlardan yüksek çözünürlükte veri toplama kapasitesi sağlar. Böylece uzaktan algılamanın sağladığı veri zenginliği ile detaylı analizler için önemli bir veri tabanı olası hale gelmiştir. Uzaktan algılama uygulamasının bir diğer önemli faydası zaman tasarrufu sağlamasıdır. Geleneksel yöntemlerle veri toplama zaman alıcıdır. Uzaktan algılama, hızlı bir şekilde büyük alanların analiz edilmesine olanak tanır. Uzaktan algılama, zorlu ve erişimi güç alanların izlenmesine imkan tanır, böylece geniş coğrafi bölgelerde çevresel değişikliklerin etkili ve kapsamlı bir şekilde izlenmesini sağlar. Uzaktan algılama uygulamaları alınan kararlara destek olması açısından önemli bir karar destek mekanizmasına sahiptir. Elde edilen veriler, yönetim ve planlama süreçlerinde daha bilinçli kararlar alınmasına yardımcı olur.

## **UZAKTAN ALGILAMANIN BALIKÇILIKTA KULLANIMI**

Balıkçılığın izlenmesinde uzaktan algılama uygulamaları, deniz ve su ekosistemlerinin korunması, balık stoklarının sürdürülebilir yönetimi ve ekonomik verimliliğin artırılması açısından önemli katkılar sunabilir. Bu teknolojinin balıkçılık sektörüne entegre edilmesi, daha bilinçli kararlar alınmasını sağlayarak hem çevresel hem de ekonomik faydalar sunar.

Uzaktan algılama, balık popülasyonlarının deniz ve iç sulardaki dağılımını ve yoğunluğunu izlemede yardımcı olacak şekilde kullanılabilir. Böylece özellikle aşırı avlanmanın önlenmesi ve balık stoklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi için kritik öneme sahip katkı sağlanabilir. Uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları gibi uzaktan algılama verileri sucul ortamda zaman içinde meydana gelen değişimleri takip etmemize yardımcı olabilmektedir. Uzaktan algılama verileri balık türlerinin mevsimsel göç yollarını ve dağılım desenlerini izlemek için kullanılabilir. Bu bilgi, balıkçılar ve yöneticiler için avlanma bölgelerinin daha etkin bir şekilde planlanmasına olanak tanımakta ve ayrıca, balık türlerinin üreme ve beslenme alanlarının korunmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Yine suyun sıcaklığı, tuzluluk oranı, klorofil miktarı gibi su kalitesi parametrelerini izlemek için uzaktan algılama verileri kullanılabilir. Bu veriler, balıkların sağlıklı yaşam alanlarını belirlemek ve su kirliliğini izlemek için hayati öneme sahiptir. Su kalitesinin izlenmesi, balıkların yaşam alanlarının korunmasına ve balıkçılık verimliliğinin artırılmasına yardımcı olur. Bu veriler aynı zamanda sualtı habitatlarındaki değişiklikleri izlemek için de kullanılır. Mercan resifleri, deniz çayırları ve diğer kritik habitatların durumu, uzaktan algılama yoluyla sürekli olarak izlenebilir. Bu sayede, habitat tahribatı önenebilir ve ekosistemler korunabilir.

Uzaktan algılama, iklim değişikliğinin deniz ve tatlı su ekosistemleri üzerindeki etkilerini izlemek için de kullanılır. Bu, su sıcaklıklarının artışı, okyanus asidifikasyonu ve deniz seviyesindeki değişiklikler gibi faktörlerin balıkçılık üzerindeki etkilerini anlamaya yardımcı olur. Sel, fırtına ve diğer doğal afetlerin balıkçılık kaynakları üzerindeki etkilerini izlemek ve değerlendirmek için uzaktan algılama kullanılabilir. Uzaktan algılama uygulamaları afet sonrası balıkçılık faaliyetlerinin yeniden planlanmasında ve kaynakların korunmasında önemli bir araçtır. Uzaktan algılama verileri, balıkçıların en verimli avlanma alanlarını belirlemelerine yardımcı olabilir. Bu, avlanma maliyetlerini düşürürken, ekonomik verimliliği artırır. Ayrıca, balıkçılık yönetiminde daha etkili kararlar alınmasına olanak tanır. Balıkçılık kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak

için uzaktan algılama verileri kullanılarak koruma stratejileri geliştirilebilir. Deniz koruma alanlarının belirlenmesi, yasak avlanma bölgelerinin oluşturulması ve izlenmesi bu stratejilere örnek olarak verilebilir.

## **SONUÇ**

Uzaktan algılama uygulamaları, dünya üzerindeki çeşitli süreçleri anlamak ve izlemek için kritik öneme sahiptir. Uzaktan algılama, büyük alanları hızlı ve maliyet etkin bir şekilde analiz etme yeteneği sağlar. Uzaktan algılama uygulamalarında veri işleme merkezi, toplanan verilerin yönetiminde ve analizinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu merkezler, veri toplama, işleme, analiz ve bilgi üretme süreçlerini etkin bir şekilde yürüterek, uzaktan algılama verilerinin değerini artırır ve karar verme süreçlerine katkıda bulunur.

Uzaktan algılama uygulamaları, çevresel izleme ve yönetimden tarıma, kentsel planlamaya kadar birçok alanda önemli katkılar sağlar. Bu teknolojiler, verimliliği artırarak, kaynakların daha sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine olanak tanır.

Uzaktan algılama teknolojisi, balıkçılık sektöründe izleme, yönetim ve koruma stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu teknoloji, balık stoklarının sürdürülebilir yönetimi, su kalitesi izleme, göç yollarının belirlenmesi ve doğal afetlerin etkilerinin izlenmesi gibi kritik alanlarda kullanılmaktadır. Uzaktan algılama, balıkçılık faaliyetlerinin daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine katkı sağlayarak, hem çevresel hem de ekonomik faydalar sunar.

Sonuç olarak, Türkiye’de uzaktan algılama tekniklerinin uygulanması konusunda önemli adımlar atılmakla birlikte, dünya genelindeki gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında hala gelişim potansiyeli bulunmaktadır. Veri işleme kapasitesinin artırılması, yerli yazılımların geliştirilmesi ve yetişmiş eleman açığının kapatılması için yatırımların ve eğitim imkanlarının artırılması gerekmektedir.

## **KAYNAKÇA**

1. Richards, J.A. (1999) *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 240 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-03978-6>
2. Lillesand, Thomas M., Ralph W. Kiefer, and Jonathan W. Chipman. *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley & Sons, 2015.
3. Jensen, J.R. (2005) *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 3rd Edition, Prentice Hall, Upper Saddle River, 505-512.
4. Campbell, J.B. and Wynne, R.H., *Introduction to Remote Sensing*. Guilford Press, 2011. Edition, 667 p.

5. Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. (2015) *Remote Sensing and Image Interpretation*. 7th Edition, Wiley, New York.
6. Jensen, J.R. (2007) *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. 2nd Edition, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.
7. Sabins, F.F. (1997) *Remote Sensing: Principles and Interpretation*. W. H. Freeman and Company, New York, 361.
8. Chuvieco, E. *Fundamentals of Satellite Remote Sensing: An Environmental Approach*, 2nd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2016.

## Bölüm 6

# SU ÜRÜNLERİ ALANINDA COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ (CBS) KULLANIMI VE METEOROLOJİK VERİLERİN ÖNEMİ

Erdem ÖZSOY<sup>1</sup>  
Serpil SERDAR<sup>2</sup>

### GİRİŞ

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), farklı amaçlara yönelik mekansal verilerin toplanmasına, analiz edilmesine ve görselleştirilmesine yardımcı olan bir sistemdir. Günümüzde CBS çok farklı disiplinlerde bilimsel amaçlı olarak veya kurumlarda farklı alanlarda yapılan işleri kolaylaştırmak, modellemek ve aynı zamanda görsellik sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. CBS ile belirlenen hedefler doğrultusunda ve güçlü birtakım çalışmalar eşliğinde mekansal verilerin toplanması, depolanması, işlenmesi ve görüntülenmesi yapılabilmektedir (1). CBS yeryüzünde meydana gelen oluşumlar ile ilgili bilgilerin bunları kullanacak kişinin ihtiyacına karşılık gelecek şekilde farklı kaynaklardan elde edilmesi, kayıtlanması, bir depo haline getirilmesi, analiz edilmesi, elde edilen bilgilerin düzenlenmesi ve sunulması aşamalarını içeren aynı zamanda donanım, yazılım ve işleme süreçlerini de kapsayan bütünlük bir yapıdır (2). CBS ilk olarak A.B.D. ve Kanada'da 1960'lı yılların başında askeri alanda veya özel sektörde kullanılmıştır. Dijital teknolojinin ilerlemesi ile birlikte 1980'li yıllarda bilgisayar kullanımının artması ve yaygınlaşması sonucunda CBS'nin kullanımı artmış ve ticari bir ürün haline gelmiştir. CBS teknikleri ve bu tekniklere bağlı hesaplamalar günümüze kadar çeşitli aşamalardan geçmiş ve birçok kişiye iş imkânı yaratılan büyük bir sektör olmuştur (3). CBS kullanımı hayatı kolaylaştırmanın yanı sıra uydu vericileri ile anlık ölçüm yapmada da kullanılabilir. Belirli bir alanın noktasal ya da çizgisel verilerinin kesit alınarak alan ölçümleri yapılabilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri farklı teknolojiler ile uygu görüntüleri, uzaktan algılama, fotoğraf,

<sup>1</sup> Dr., T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, İzmir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, erdem.ozsoy@tarimorman.gov.tr, ORCID iD: 0000-0002-4753-7994

<sup>2</sup> Prof. Dr., Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Yetiştiricilik AD serpil.serdar@ege.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4042-8995

sayısallaştırma, istatistiksel birtakım hesaplamalar ve analiz çalışmalarında etkin rol oynamaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde haritalandırma yapılırken, Arcgis ve QGIS gibi programların kullanılmasının dışında Bilgisayar Destekli Tasarı (CAD), Bilgisayar Destekli Haritalama (CAM), Arazi Bilgi Sistemi (LIS), Hava Araştırmaları ve Tahmin Modeli (WRF) v.b. gibi programlardan da faydalanılmaktadır (4, 5). Tarım alanında uygun yağış verilerini kullanarak bitkilerin aylık bazda belirli bir alandaki oransal olarak ne kadar büyüme sağladığı ile ilgili çalışmalar yapılabileceği gibi, Coğrafya alanında nüfus yoğunluğu tahmin çalışmaları ya da su ürünleri alanında midye yavru bireylerinin halatlara tutunma miktarı ile ilgili araştırmalar yapılabilir. Özellikle dağılım haritalarından Kriging yöntemi çeşitli bilim dallarında çok sık tercih edilmektedir (6).

CBS kullanımının birçok avantajı olduğu gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır (7). CBS çıktılarının doğruluğuna ve eksiksiz karar alma sürecine olanak tanıyan çok çeşitli araçlar sağlar. Haritalar dijital formatta hazırlandıktan sonra bunları güncellemek, değiştirmek veya diğer haritalarla birleştirmek basittir. Olası grafik gösterim şekilleri neredeyse sonsuzdur, bu nedenle haritaların durumlara ve bireylere uygun olacak şekilde özelleştirilmesine ve görselleştirilmesine olanak sağlar. Diğer büyük veri setlerinin sorunsuz ve anında entegrasyonuna izin verir. Mekânsal olarak ilgili veriler çoğu insan tarafından kolaylıkla anlaşılabilir ve aynı zamanda görüntülenebilir. Tüm harita üretim operasyonlarında çalışma hızını ve dolayısıyla insan verimliliğini önemli ölçüde artırır. Mekansal bilgilerin standart bir sıralamada düzenli akışına izin verir. Belirli bir sürede tüm haritaların bir arada oluşturulabileceği gibi bazen aynı haritanın farklı versiyonlarının da oluşturulmasına imkân sağlar. Bu sistemin dezavantajları ise girdi kaynakları değişen standartlarda olabilir, bu durumda belirli bir düzeyde hatanın gerçekleşmesi kaçınılmaz olur ve bunun boyutunun ölçülmesi çok zordur. Mevcut dijital verilerin satın alınması veya veri toplama sistemlerinin bakımı ve kurulumu açısından maliyetler yüksek olabilir. Bunlar ilk aşamada tahmin edilemeyebilir ve dolayısıyla CBS kullanmanın gerçek değerini/maliyetini hesaplayabilmek zordur. Veri kaynaklarına erişim araçları ve derecesi değişkenlik gösterir. Bununla ilgili hukuki durum bazen yetersiz kalır veya gereksiz derecede kısıtlayıcı olabilir. Yeni oluşturulan verilerin kullanılabilir hale getirilmesinde telif hakkı sorunları ortaya çıkabilir (5).

## **COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİNİN KULLANIM ALANLARI**

CBS, son kullanıcıların sorgu oluşturmaya, konumsal veya mekansal bilgileri analiz etmesine, haritalarda veri sağlamasına ve tüm bu işlemlerin sonuçlarını ayrıntılı tematik dijital haritalar aracılığıyla sunmasına olanak sağlamak için coğrafya, haritacılık ve jeodezinin temel ilkelerini kullanır (8, 9). Tüm bu sistemler sayesinde konumsal veri ve bilgiler alınarak birbirlerine entegre edilebilmekte ve geniş bir alanı kapsayacak şekilde otomatik uygulamalar geliştirilebilmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri mühendislik, planlama, yönetim, ulaştırma/lojistik, sigorta, telekomünikasyon ve çevre gibi alanlarda kullanımı sınırlı kalmayıp savunma, devlet idaresi, yapı/bina, jeofizik araştırmaları, çevre koruma/doğal afet yönetimi, atmosfer bilimleri, tarım ve ormancılık, ticaret, toplu taşıma, sağlık ve tıbbi kaynak yönetimi, arkeoloji gibi birçok alanda kullanılmakta ve her geçen gün daha farklı sektörlerle yayılmaktadır (10). CBS de bir alanın çevresel özellikleri ile birlikte yol, akarsu, dağ, göl, gölet, baraj, köprü, ev, fabrika gibi özellikleri gösteren iki veya üç boyutlu haritalar çıkarılabilmektedir. CBS ile net ölçümler yapılabildiği gibi tahmin metodlarında da kullanılabilir. Verilerin fazlalığı ve izlenecek olan yöntem güvenilirliği de artırmaktadır. Yapılacak çalışmaya göre belirli aralıklarla toplanan veriler depolanır, işlenir ve bu verilere göre uygun haritaların yapılması için kullanılabilir. CBS ile ilgili yapılacak çalışmalarda uygun modelleme yapılmadan önce elde edilen veriler detaylı analizlerle değerlendirilir ve yorumlandıktan sonra işleme alınır. İncelenecek bir alanda değerlendirme yapılırken düzenli olarak o bölgenin istatistiksel verileri de kullanılarak modelleme yapılabilmektedir. Baraj, akarsu, göl, dere, gibi su kaynaklarında olabilecek su değişimlerinin o bölgedeki topografik yapıya muhtemel etkilerinin belirlenmesi amacıyla "Hidrografik Bilgi Sistemleri" CBS ile ilgili yapılacak çalışmalara örnek olarak verilebilir. CBS konuları içinde yer alan hidrolojik, ekolojik ve doğal kaynak modellerini uygulayabilmek için bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte o bölgenin dijital formatta meteorolojik veya iklimsel veri setlerine olan talepte artmıştır (11). Agronomik modellerde de toprak, topografya, il ve ilçe sınırları, iklim, yüzey suları, jeoloji, nem rejimi, sulak alanlar, bitki örtüsü, ormanlık alanlar, üretim sistemi, nüfus vb. veri setlerine ihtiyaç duyulmaktadır (12).

CBS, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği çalışmalarında kıyı alanlarının bu faaliyetlere uygunluğunu değerlendirmek amacıyla son 30 yıldır gündemdedir.

### ***Balıkçılık Alanında CBS kullanımı***

Balıkçılıkta CBS nin kullanımı ile ilgili ilk adımlar FAO tarafından atılmış ve 1984 yılında Romada bir çalıştay düzenlenerek uzaktan algılamanın su ürünleri

yetiştiriciliği veya iç su balıkçılığının geliştirilmesinde nasıl kullanılabilceği görüşlmüştür (5). Aynı zamanda karides çiftliği konumunun nasıl belirleneceği, algal büyümenin nasıl izlenebileceği ve gel-git hakkındaki bilgilerin nasıl toplanacağı gibi konular bu çalıştayda gündeme gelmiş ve bunların uydu verileri kullanılarak nasıl haritalandırılacağı üzerinde durulmuştur. Caddy and Garcia (13) balıkçılıkla ilgili sorunların çözümünde yönetim araçları olarak çeşitli haritalama tekniklerinin kullanılmasının önemine ilişkin fikirlerini 1985 yılında FAO'ya sunmuşlardır. Ardından Kapetsky et al., (14) tarafından FAO'ya balıkçılıkla ilgili sorunların belirlenmesinde CBS'nin nasıl kullanılabilceğini açıklayan bir teknik makale hazırlanmış ve bu makalede Kosta Rika'daki karides çiftliklerinin yerlerini belirlemek için CBS'den nasıl yararlanılabileceğini örneklerle açıklamışlardır. 1980'lerin sonuna kadar balıkçılıkla ilgili nerdeyse tüm makaleler ya basit habitat haritalaması ya da potansiyel su ürünleri yetiştiriciliği alanlarının optimize edilmesi için CBS'nin kullanılmasıyla ilgiliydi. Üretim faaliyetlerini kontrol eden değişkenler büyük ölçüde statik ve karasal kökenliydi (5). Bu dönemde uygun verilerin elde edilmesinin zor olduğu durumlarda uzaktan algılama sistemi çeşitli parametrelere ilişkin son derece önemli bir veri kaynağıydı (15, 16). Balıkçılık ve akuakültürde (su ürünleri yetiştiriciliği) CBS kullanımı konusunda 90 lı yıllarla beraber daha ciddi çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (17). Valavanis (18) balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinde mekânsal düşünme fikrini geliştirmiş; (1) konu ve kapsam, (2) dağılım ve model veya şekil, (3) mekânsal ilişki, (4) mekânsal etkileşim ve (5) mekânsal değişim olarak 5 grup coğrafik soru ile ilişkilendirmiştir. Akuakültür veya balıkçılık yolu ile üretim en üst düzeye çıkarılmak isteniyorsa üreticilerin mekânsal denge (tüm üretim fonksiyonlarının sürdürülebilir bir dengede olması), mekânsal olarak düşünme ve mekânsal analizleri yapabilmeleri gerekmektedir. Bu noktada üreticilere ve Su Ürünleri Mühendislerine Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) önemli ölçüde yardımcı olacağı belirtilmiştir.

Balıkçılık planlaması ve yönetimi birçok mekansal bileşene ve ciddi sorunlara sahiptir (7). Mekansal bileşenler kaynakların hareketleri ve göçleri olarak nitelendirilirken, balıkçılık alanlarının tanımı, ulaşım ağları, pazarlar, habitat kaybı ve çevresel bozulma mekansal sorunlar olarak gruplandırılabilir. Bu nedenle Su Ürünleri Mühendisleri, Biyologlar, Su Kaynakları Yöneticileri ve karar vericiler, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ciddi zorluklarla ve sorunlarla karşı karşıya kalmışlardır. Bununla birlikte CBS birçok mekansal bileşenin yardımıyla sorunların netleşmesine faydalı olabilecek ve çözüm için yol gösterebilecek bir teknolojidir. Ancak birçok kişi ya da kurum hâlâ bu teknoloji ve onun balıkçılık yönetimine yönelik potansiyeli hakkında çok az bilgiye sahiptir (7). CBS diğer

analitik araç ve modellerle birleştirildiğinde, gelişmiş mekansal izleme ve çalışmalara olanak tanır ve sonuçta daha iyi ve daha etkili yönetim uygulamaları gerçekleştirir (19). Radyo telemetrisi, hidro akustik telemetri ve yan taramalı sonarın gelişmesiyle balık türleri ve miktarı daha kolay takip edilebilir ve veri tabanları oluşturabilir ardından bu veriler CBS programına dahil edilerek coğrafi bir temsil oluşturulabilir (7).

### **Yetiştiricilik Alanında CBS Kullanımı**

Su ürünleri yetiştiriciliği faaliyetlerinin başarısı ve sürdürülebilirliği, büyük ölçüde yer seçimi faktörlerinden etkilenir (20, 21). Bu aynı zamanda çevresel yük riskini azaltarak ekonomik faydaları artırır ve diğer kaynakların kullanımına yönelik rekabeti en aza indirir (22). Bu durum çok sayıda alternatifi ve çevresel, ekonomik ve sosyal faktörleri içeren karmaşık bir mekansal planlama problemidir (23). Kıyusal alanlarda su ürünleri yetiştiriciliğinde nehir ağzı sularının çoklu kullanımı, çift kabuklu türlerinin üretimi için kıyıların kiraya verilmesi ve bunun su kalitesine etkisi, habitatın durumu, su kuşları gibi yönetim sorunları bulunmaktadır. Hindistan'da yetiştiricilik için yer seçiminde gelgit arası alanlar (çamur düzlükleri) acı su balıkçılığının (karides yetiştiriciliği) gelişimi için değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, mühendislik, su kalitesi, toprak kalitesi, altyapı tesisi, sosyal kısıtlama ve meteorolojik parametreler gibi altı önemli kategori altında toplanmıştır. Bu veriler CBS kullanılarak analiz edilmiş ve çatışmalar ortadan kaldırılmıştır (7, 24). Son yıllarda coğrafi bilgi sistemlerinin geliştirilmesi ve uzaktan algılama verilerinin mevcudiyeti, farklı faktörlerin sistematik analizine dayalı olarak su ürünleri yetiştiriciliği alanlarının seçimini mümkün kılmıştır (25, 26). CBS yazılımı ile Çok Kriterli Değerlendirme (MCE) tekniklerini birleştirmek kullanıcıların karmaşık problemleri çözmelerine yardımcı olabilecek potansiyel bir araç durumundadır (27, 28). MCE yaklaşımı son yıllarda dünya çapında uygun su ürünleri yetiştiriciliği alanlarını belirlemek için kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir (29, 30). Bu sistem yetiştiricilik alanında birden fazla değişkenin (derinlik, klorofil-a, sıcaklık, bulanıklık, kıyı şeridine olan mesafe vb.) yapılandırılarak bir modelde birleşimidir (31, 32). Su ürünleri yetiştiriciliği ile ilgili çevresel, biyolojik ve sosyoekonomik özelliklerin mekansal değişkenliğinin değerlendirilmesine olanak sağladığı için bu işlem faydalıdır. Çeşitli parametreler arasındaki farklı ilgi düzeylerinin dikkate alınmasını içerir ve kolaylıkla elde edilebilecek yararlı niteliksel ve niceliksel çıktı sağlar. Su Ürünleri yetiştiriciliği için uygun alanların seçilmesi amacıyla CBS'yi içeren bazı çalışmalar yapılmıştır. Meksika, Camas Bruaich Ruaidhe'de kıyusal alanda su ürünleri yetiştiriciliği için

uygun alanların belirlenmesi (33), Venezueladaki Margarita Adası'nda istiridye çiftliklerinin kurulması (34), Japonya'da deniz tarağı (*Mizuhopecten yessoensis*) için biyofiziksel modellerin uygulanması (35), Kore'nin Güney Denizi'ndeki Geoje-Hansan Körfezi'ndeki istiridye çiftlikleri için uygun alanların seçilmesi (22), İtalya'nın Liguria Denizi'nde özellikle çipura ve levrek gibi deniz balıklarının yetiştirildiği çiftlikler için uygun alanların belirlenmesi (36) bu çalışmalara örnek olarak gösterilebilir.

Balıkçılıkta ve akuakültürde CBS'nin yaygınlaşması, doğru ilerleme ve aşağıdaki maddelerin uygulanmasıyla başarının elde edilebileceğini Meaden (37) vurgulanmıştır.

- veri maliyetlerinde azalma (daha geniş çapta ve daha kolay erişilebilen veriler);
- veri toplama teknolojilerinin çoğalması;
- uygulayıcıların uluslararası düzeyde daha iyi örgütlenmesi;
- kurumlar arasında ağ oluşturma;
- bölgesel düzeyde konferanslar;
- “tanınmış” yayınlardaki uygulama örnekleri;
- analitik ve sunumsal özellikleri gösteren projeler;
- veri toplama formatlarının uluslararası standardizasyonu;
- 3 D ve 4 D CBS'nin yanı sıra veri depolama ve modelleme yapılarında ilerleme;
- daha kolay erişilebilen denizcilik bilgi kaynakları

### ***Meteorolojik Veriler ile CBS'nin Entegrasyonu***

Meteorolojik haritalarda özellikle CBS ile hava tahminleri yapılabildiği gibi uygun radar görüntüleri ile rüzgarın kuvveti, metrekaeye düşen yağış miktarı, dalga yüksekliği gibi veriler de tahmin edilebilmektedir. Denizcilik alanında seyir ve hidrografi yönünden çalışmalar yapılacağı zaman ise özellikle batimetrik haritalar deniz seyri ve balıkçı tekneleri için kolaylık sağlamaktadır. Jeodezi ve fotogrametri alanında olduğu gibi birçok alanda özellikle ölçeklendirmenin doğru yapılarak sayısallaştırma verilerinin hata işlem payı en aza indirgenerek uygulanabilmesi koordinatlandırma için çok önemlidir (38-40).

Su Ürünleri alanında yapılan çalışmalarında popülasyon dinamiğine bağlı olarak alandaki birey sayısının hesaplanması isteniyorsa geçmiş av stok bilgilerinin bilinmesi ile türün istatistikî verileri ortaya konabilir. CBS ortamında sayısal verilerin işlenmesi ile farklı istasyonlardaki alanlardan elde edilen verilerin dağılım haritasını oluşturmada fayda sağlayabilir (5).

Su Ürünleri Yetiştiriciliği yönünden farklı çiftliklerin kapasite oranları hesaplanabildiği gibi aynı türe ait mevcut bölgedeki balık çiftliklerinin büyüme

verileri veya oranları da hesaplanabilmektedir. Bir alan ya da bölge ile ilgili tür üzerinde çalışma yapılacaksa meteorolojik veriler ile birlikte çevresel parametrelerin bilinmesi uzaktan algılama sistemlerinin kullanılmasında en gerçekçi veriye ulaşmada kuşkusuz doğru tercih olacaktır. Bununla birlikte geçmiş yılları içeren meteorolojik veriler ile hazırlanabilecek haritalarda sadece üretimi yapılacak türün büyüme parametreleri değil sistemin dayanıklılığı veya sistemin yerleşim planını da etkileyebilecek haritalar yapılabilmekte ve tesisin kurulumu bu verilere ve haritalara göre gerçekleştirilmektedir (5).

Balıkçılık alanında türler arasında belirli tarihlerde avlanan su ürünleri türleri ve avcılık stok verileri üzerine çalışmalar yapılabileceği gibi, nesli tükenmekte olan türler üzerine de çalışmalar yapılarak koruma altına alınabilir. Belirli bir bölgede zararlı su ürünleri türü varsa o tür üzerine de meteorolojik veriler kullanılarak CBS tahmin metotları ile haritalandırma çalışmaları yapılabilmektedir.

## **SONUÇ**

İklimsel değişiklik, denizlerin kirlenmesi, populasyon artışı ve balık stoklarının azalması nedeniyle gerek dünyada gerekse ülkemizde balıkçılık faaliyetleri azalırken, akuakültür faaliyetleri her geçen gün artmaktadır. Yetiştiricilik yoluyla balık üretim miktarı ve tür çeşitliliğinin artmasının yanında omurgasız canlıların ve makroalg türlerinin de üretimi son yıllarda hız kazanmıştır. Hızla gelişen ve bir o kadar büyük olan bu sektörün hem kaynakların korunması hem de çevre ile dost olabilmesi için faaliyetlerin yapılacağı yer seçimi çok önemlidir. Yetiştiricilik yapılacak alanda su koşullarının türün büyümesi ve sistemin dayanıklılığı için uygun olmasının yanında rüzgar yönü ve şiddeti, akıntı ve yağış miktarı gibi meteorolojik parametrelerde çok önemlidir. Bu nedenle denizlerde yapılacak herhangi bir üretim için yer seçimi kritik bir faktördür. Çalışma yapılacak alan ile ilgili koordinatlandırma sistemine bağlı coğrafik dataların harita oluşturmadan önce elde edilmesi son derece önemlidir. Örneğin sayısallaştırma modelleri yapılırken o alana ait sayısal verilerin doğru toplanmış olması ve bu verilerin doğru değerlendirilmesi kullanım amacına yönelik oluşturulacak haritaların/modellerin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayacaktır. Kısaca CBS kullanılarak oluşturulmuş bir haritanın doğru yorumlanması eldeki verilerin doğru bir şekilde kullanılması ile orantılıdır. Özellikle zamansal değişime bağlı analizler aylara veya yıllara göre yapıldığında aradaki değişimin net olarak yorumlanmasına yardımcı olmaktadır. Herhangi bir alanda CBS kullanılarak haritalandırma yapılabilmesi için hangi alanda çalışılırsa çalışılsın o alanda ilgili en doğru sonucu eldeki

daha önce elde edilmiş sayısal veriler verecektir. Uzaktan algılama ile bir alan hakkında çalışma yapılırken uygun materyalin olması ve onun hangi program ile yapılacağına karar vermek çalışmanın büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Çalışma yapıldıktan sonra ise çıkan harita herkes tarafından anlaşılır ve sade olmalıdır. Doğru bir CBS tekniği yapılabilmesi için farklı alanlardan alınacak sayısal veri özellikle dağılım haritalarında doğru bir sonuca ulaşma da önemlidir. Bu da kurumlar arası iletişim ve bilgi paylaşımı yapılarak daha güvenilir, daha sağlıklı ve daha etkili sonuçların bulunmasına ve modelleme ya da haritaların yapılmasına olanak sağlar. Sonuç olarak balıkçılık veya yetiştiricilik faaliyetlerinde uzun yıllara dayalı dataların CBS ile birlikte kullanılmasıyla yapılacak haritalar ve modellemeler yetiştiricilik sisteminin daha iyi konumlandırılmasına ya da doğal alanlarda yürütülecek popülasyon dinamiği çalışmalarına katkı sunacaktır.

## **KAYNAKÇA**

1. Burrough, P.A. 1986. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Monograph on Soils and Resources Survey No. 12. Oxford, UK, Clarendon Press.
2. Osundwa, J. 2001. the Role of Spatial Information in Natura! Resource Management, Intemational Conference on Spatial Information for Sustainable Development, October 2001, Nairobi, Proceedings of Intemational Conference on Spatial Information for Sustainable Development, 2-8.
3. Karataş, İ., Kırbaş, İ. 2015. Özgür ve açık kaynak kod coğrafi bilgi sistemi yazılımlarının karşılaştırmalı değerlendirmesi. XVII. Akademik Bilişim Konferansı (AB2015), Eskişehir, Türkiye, 68-74.
4. Güneroğlu A. 2002. Denizel Verilerin CBS ile Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
5. Meaden, G.J.; Aguilar-Manjarrez, J. 2013. Advances in geographic information systems and remote sensing for fisheries and aquaculture. Summary version.FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 552. FAO: Rome, 452 pp.
6. Özsoy, E., Serdar, S. 2021. Evaluation of Spat Settlement of Black Mussel (*Mytilus galloprovincialis*) in Summer Season Using by Kriging Method in ArcGIS Spatial Analyst. International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences, 07-08 September 2021, İzmir, pp 57
7. Nath, R.J., Chutia, S.J., Sarmah, N., Bora, G., Chutia, A., Kuotsu, K., Dutta, R., Yashwanth, B.S., 2020. A review on applications of geographic information system (GIS) in fisheries and aquatic resources. International Journal of Fauna and Biological Studies 7, 97–102.
8. Clarke KC.1986. Advances in geographic information systems. Comput Environ Urban Syst 10:175–184.
9. Maliene V, Grigonis V, Palevic'ius V, Griffiths S. 2011. Geographic information system: old principles with new capabilities. Urb Des Int 16(1):1–6.
10. Kolios, S., Vorobev, A. V., Vorobeva, G.R., Stylios, C. 2017. GIS and Environmental Monitoring. Applications in the Marine, Atmospheric and Geomagnetic Fields.

- Geotechnologies and the Environment Series, Springer International Publishing AG 2017, pp 174.
11. Daly, C., Gibson, W.P., Taylor, G.H., Johnson, G. L., Pasteris, P., 2002. A knowledge-based approach to the statistical mapping of climate. *Climate Research*, 22: 99- 113
  12. Narrain, P. and Koroluk, R., 1999. Land Use Classification for Agri-environmental Statistic/Indicators, Statistical Commission and Economic Commission for Europe, Conference of European Statisticians, Working Paper No:13, Israel.
  13. Caddy, J.F. & Garcia, S. 1986. Fisheries thematic mapping: A prerequisite for intelligent management and development of fisheries. *Océanographie Tropicale*, 21: 31–52.
  14. Kapetsky, J.M., McGregor, L., Nanne, E.H. 1987. A geographical information system to plan for aquaculture: a FAO-UNEP/GRID study in Costa Rica. FAO Fisheries Technical Paper No. 287. Rome, FAO.
  15. Johannessen, O.M., Kloster, K., Olaussen, T.I. & Samuel, P. 1989. Application of remote sensing to fisheries. Final Project Report to the CEC's Joint Research Centre. Oslo, Norway, CEC.
  16. Simpson, J.J. 1992. Remote sensing and geographical information systems: their past, present and future use in global marine fisheries. *Fisheries Oceanography*, 1: 238–280.
  17. Meaden, G.J. 2001. GIS in fisheries science: foundations for the new millennium. In T. Nishida, P. Kailola & C. Hollingworth, eds. Proceedings of the first international symposium on GIS in fishery science. pp. 3–29. Saitama, Japan, Fishery GIS Research Group.
  18. Valavanis, V.D. 2002. Geographic information systems in oceanography and fisheries. London, United Kingdom, Taylor & Francis.
  19. Subhendu D. 2013. Application of GIS in Mapping of Fishery Resources, ICAR-CIFE, Kolkata Centr, 142.
  20. Perez, O.M.; Ross, L.G.; Telfer, T.C.; del Campo Barquin, L.M. 2003. Water quality requirements for marine fish cage site selection in Tenerife (Canary Islands): Predictive modelling and analysis using GIS. *Aquaculture* 2003, 224, 51–68.
  21. Falconer, L., Middelboe, A.L., Kaas, H., Ross, L.G. and Telfer, T.C. 2020. Use of geographic information systems for aquaculture and recommendations for development of spatial tools. *Rev Aquacult*, 12: 664-677.
  22. Cho, Y.; Lee, W.C.; Hong, S.; Kim, H.C.; Kim, J.B. 2012. GIS-based suitable site selection using habitat suitability index for oyster farms in Geoje-Hansan Bay, Korea. *Ocean Coast. Manag.* 2012, 56, 10–16.
  23. Llorente, I.; Luna, L.2013. The competitive advantages arising from different environmental conditions in seabream, *Sparus aurata*, production in the Mediterranean Sea. *J. World Aquac. Soc.* 2013, 44, 611–627.
  24. Karthik M, J Suri, N Saharan, R.S Biradar. 2005. Brackish Water Aquaculture Site Selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India using the techniques of remote sensing and geographical information system, *Aquacultural Engineering*. 2005; 32:285-302.
  25. Perez, O.M.; Telfer, T.C.; Ross, L.G. 2005. Geographical information systems-based models for offshore floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands. *Aquac. Res.* 2005, 36, 946–961.
  26. Longdill, P.C.; Healy, T.R.; Black, K.P. 2008. An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection. *Ocean Coast. Manag.* 2008, 51, 612–624.

27. Kamruzzaman, M.; Baker, D. 2013. Will the application of spatial multi criteria evaluation technique enhance the quality of decisionmaking to resolve boundary conflicts in the Philippines? *Land Use Policy* 2013, 34, 11–26.
28. Krois, J.; Schulte, A. 2014. GIS-based multi-criteria evaluation to identify potential sites for soil and water conservation techniques in the Ronquillo watershed, northern Peru. *Appl. Geogr.* 2014, 51, 131–142.
29. Liu, Y.; Saitoh, S.-I.; Igarashi, H.; Hirawake, T. 2014. The regional impacts of climate change on coastal environments and the aquaculture of Japanese scallops in northeast Asia: Case studies from Dalian, China, and Funka Bay, Japan. *Int. J. Remote Sens.* 2014, 35, 4422–4440.
30. Liu, Y.; Saitoh, S.-I.; Ihara, Y.; Nakada, S.; Kanamori, M.; Zhang, X.; Baba, K.; Ishikawa, Y.; Hirawake, T. 2015. Development of a three-dimensional growth prediction model for the Japanese scallop in Funka Bay, Japan, using OGCM and MODIS. *ICES J. Mar. Sci.* 2015, 72, 2684–2699.
31. Haghshenas, E.; Gholamalifard, M.; Mahmoudi, N.; Kutser, T. 2021. Developing a GIS-Based Decision Rule for Sustainable Marine Aquaculture Site Selection: An Application of the Ordered Weighted Average Procedure. *Sustainability* 2021, 13, 2672.
32. Saitoh, S.-I.; Mugo, R.; Radiarta, I.N.; Asaga, S.; Takahashi, F.; Hirawake, T.; Ishikawa, Y.; Awaji, T.; In, T.; Shima, A.S. 2011. Some operational uses of satellite remote sensing and marine GIS for sustainable fisheries and aquaculture. *ICES J. Mar. Sci.* 2011, 68, 687–695
33. Ross, L.G.; QM, E.M.; Beveridge, M.C.M. 1993. The application of geographical information systems to site selection for coastal aquaculture: An example based on salmonid cage culture. *Aquaculture* 1993, 112, 165–178.
34. Buitrago, J.; Rada, M.; Hernández, H.; Buitrago, E. 2005. A single-use site selection technique, using GIS, for aquaculture planning: Choosing locations for mangrove oyster raft culture in Margarita Island, Venezuela. *Environ. Manag.* 2005, 35, 544–556.
35. Radiarta, I.N.; Saitoh, S.-I.; Miyazono, A. 2008. GIS-based multi-criteria evaluation models for identifying suitable sites for Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) aquaculture in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan. *Aquaculture* 2008, 284, 127–135.
36. Dapuelto, G.; Massa, F.; Costa, S.; Cimoli, L.; Olivari, E.; Chiantore, M.; Povero, P. 2015. A spatial multi-criteria evaluation for site selection of offshore marine fish farm in the Ligurian Sea, Italy. *Ocean Coast. Manag.* 2015, 116, 64–77.
37. Meaden, G.J. 2004. Challenges of using geographic information systems in aquatic environments. In Fisher, W.L. and Rahel, F.J., eds. *Geographic Information Systems in Fisheries*. Bethesda, Maryland, USA: American Fisheries Society. pp. 13–48.
38. Shipley ST. 2005. GIS applications in meteorology, or adventures in a parallel universe. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 86: 171–173.
39. Wang, Y.Q. (2014) *MeteoInfo: GIS Software for Meteorological Data Visualization and Analysis*. *Meteorological Applications*, 21, 360–368.
40. Dyras I, Dobesch H, Grueter E, Perdigao A, Tveito OE, Thornes JE, Wel Fvd, Bottai L. 2005. The use of geographic information systems in climatology and meteorology: COST 719. *Meteorol. Appl.* 12: 1–5.

## Bölüm 7

### SU ÜRÜNLERİ MUHAFAZASINDA POSTBİYOTİKLER

**Esmeray KÜLEY<sup>1</sup>**  
**Yetkin SAKARYA<sup>2</sup>**

#### GİRİŞ

Balık ve balık ürünleri değerli bir besin kaynağı olarak görülmekle birlikte bozulmaya karşı oldukça hassastır. Başta balık olmak üzere gıda kayıplarını azaltmak, güvenli ve kaliteli gıdalar üretmek amacıyla koruyucu maddelerin kullanımı araştırmacıların ve endüstrinin odak noktası olmuştur. Bununla birlikte, sülfid ve benzoatların alerjik etkileri, nitrat ve nitritlerin mide kanserini teşvik edici etkileri ve sorbat aracılı nadir ürtiker ve kontakt dermatit gibi kimyasal koruyucuların yan etkileri hakkında bazı raporlar bulunmaktadır (1). Bu tür kısıtlamalar ve tüketiciler arasında taze, minimum düzeyde işlenmiş ve koruyucu içermeyen gıdaları tercih etme eğiliminin artması, gıda güvenliği güvencesinde yenilikçi katkı maddeleri olarak doğal antimikrobiyal maddelerin geliştirilmesi zorunluluğunu yaratmıştır. Gıda güvenliğini arttırmak ve raf ömrünü uzatmak için biyolojik koruyucuların kullanıldığı doğal gıda koruması, tüketici sağlığının iyileştirilmesi üzerinde de olumlu bir etkiye sahiptir. Toksik olmaması, uzun raf ömrü, standardizasyon ve taşıma kolaylığı gibi olumlu özelliklere sahip olan postbiyotikler, gıda muhafazası için uygun antioksidan ve antimikrobiyal ajanlar olarak bilinmektedir. Bu sebeple bozulmayı geciktirmek, bozulabilir gıdaların duyuşal özelliklerini değiştirmeden raf ömrünü artırmak için postbiyotik içeren antioksidan ve antimikrobiyal aktif filmler geliştirilmektedir (2).

Probiyotikler, üzerinde çokça çalışılan ve uygulanan fonksiyonel gıda bileşenleri arasındadır. Probiyotikler “yeterli miktarda uygulandığında konakçıya sağlık açısından fayda sağlayan canlı mikroorganizmalar” olarak tanımlanmaktadır (3). *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* en çok çalışılan probiyotik cinsleridir. Bununla birlikte, *Bacteroides* ve *Clostridium* cinsleri, güvenlik sorunlarına bakılmaksızın

<sup>1</sup> Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İşleme Teknolojisi Bölümü, İşleme Teknolojisi AD, ekuley@cu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-7886-6566

<sup>2</sup> Arş. Gör., Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İşleme Teknolojisi AD, ysakarya@cu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-5253-224X

yeni nesil probiyotikler olarak ortaya çıkmaktadır (4,5). Ancak son yıllarda, postbiyotiklerin probiyotiklere kıyasla daha yüksek farmakodinamik özellikler sergilediği belirtilmiştir. Postbiyotiklerin probiyotiklerden daha tercih edilmesinin nedeni, antibiyotik direnç genlerinin edinilmesi ve aktarılması ihtimaline sahip olmaması, ekstraksiyon, standardizasyon, taşıma ve depolama kolaylığı, stabilitesi canlılık kaybının olmaması, biyoaktivitesinin daha yüksek olması yer almaktadır (6,7).

Probiyotik bakteriler tarafından üretilen antimikrobiyal maddeler postbiyotik olarak ifade edilmektedir. Postbiyotik terimi, canlı bakteriler tarafından salgılanan veya parçalandıktan sonra yapısından salınan çözünebilir metabolitlerle ilgilidir. Bu yan ürünlerin daha fazla biyolojik aktivite ve spesifik fizyolojik etkiler sergilediği bilinmektedir (8). Postbiyotikler antimikrobiyal aktiviteye sahip bakteriyosinler, organik asitler, yağ asitleri, peptitler ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> moleküllerini içermektedir. Bu ürünler gıda güvenliği için son derece önemli olup, gıdalarda patojenlerin çoğalmasını engelleyerek tüketicilerin sağlığını iyileştirebilmektedir. Postbiyotikler, toksik olmamaları, kolay taşınmaları, depolama maliyetlerinin düşük olması ve uzun raf ömürlerinin yanı sıra kolesterol düşürücü ve antiproliferatif özellikleri nedeniyle ticari kullanımlar için oldukça caziptir (7). Nisin, pediosin ve reuterin gibi bakteriyosinler Gram-pozitif ve Gram-negatif bakteriler tarafından hücre dışında üretilen ve istenmeyen mikroorganizmaların büyümesini kısıtlayan antimikrobiyal peptitlerdir (9,10). Organik asitler mikrobiyal gelişimi engellemede çok etkilidir. Benzoik asitler, parabenler, sorbik asit, propiyonik asit, asetik asit, laktik asit, kısa zincirli yağ asitleri gibi organik asitler gıda koruyucu olarak kullanılmaktadır (11).

Mikroorganizmalardan elde edilen postbiyotikler, balık ve balık ürünlerinin bozulmasına karşı çeşitli koruma kapasiteleri sergilemektedir. Postbiyotiklerin gıdalarda biyojen amin, pestisitler ve mikotoksinler gibi kimyasal kirleticileri yok etme potansiyeline sahip olduğu bildirilmektedir (12). Postbiyotikler ayrıca immünomodülatör, antiinflamatuar, kolesterol düşürücü, antiproliferatif, antioksidan, anti-hipertansif ve antiobezite özelliklerine sahiptir (13). Postbiyotiklerin gıda endüstrisinde kullanımı, özel biyolojik özellikleri nedeniyle artmaktadır (12). Bu derlemede, postbiyotikler, üretimi ve özellikleri ve su ürünleri muhafazasında kullanım potansiyelleri açıklanacaktır.

## **POSTBİYOTİKLER VE SINIFLANDIRILMASI**

“Postbiyotik” kelimesi biyoaktif bileşikleri ifade etmek için kullanılmaktadır. Bu nedenle, postbiyotiklerin tanımı (a) karmaşık mikrobiyolojik kültürde (serbest

hücre-siz supernatant), gıdada veya bağırsakta büyüme ve fermantasyon sırasında gıda sınıfı mikroorganizmalar tarafından üretilen ve gıdaya veya konakçıya bazı faydalar sağlayan biyoaktif çözümler faktörler (ürünler veya metabolik yan ürünler), (b) hücre bileşikleri ve (c) mikroorganizmanın gıda bileşenleri üzerindeki etkisiyle üretilen maddeler (biyoaktif peptitler) olarak açıklanabilmektedir (14,15).

Postbiyotikler, kimyasal yapılarına ve biyoaktivitelerine göre sınıflandırılabilir. Postbiyotik; kısa zincirli yağ asitleri (bütirat, propiyonat, asetat, laktat, dimetil asetil türevi plazmalojen), organik asitler (propiyonik ve 3-fenil laktik asit), proteinler (laktosepin, p40, p75 molekülü (çözümler proteinler), karbonhidratlar (galaktoz bakımından zengin polisakkaritler ve teikoik asitler) kompleks moleküller (lipoteikoik asitler ve peptidoglikan türevi muropeptitler), vitaminler (B grubu vitaminler), flavonoid türevli (desaminotirozin, equol daidzein, daidzein, norathyriol), terpenoid türevli (genipin, paeoniflorin, paeoni lakton glikozitleri, paeonimetabolin I, II, III), fenolik türevli (equol, ürolitinler, valerolaktonlar, enterolakton, enterodiol, 8-prenylaringenin) bileşenleri içermektedir. Bu sebeple postbiyotikler antioksidatif, antihipertansif, immünomodülasyon, anti-enflamatuar, hipokolesterolemik ve anti-proliferatif etkiler gibi biyolojik aktivitelerine göre de sınıflandırılabilir (16–24).

**Tablo 1. Ticari olarak satılan postbiyotikler ve özellikleri (15,25).**

Del-Immune V*	<i>Lb. rhamnosus V</i>	Hücre duvarı ve Dna parçaları/ Bağışıklık düzenleyici
Hylak® forte	<i>Ent. faecalis, Lb. asitophilus, Lb. Helveticus, E. coli</i>	Asetik asit, kısa zincirli yağ asitleri, glutamik asit, formik asit, riboflavin ve glutamin içeren bakteri hücre-siz sıvı/ Patojenik bakterilere karşı antimikrobiyal aktivite
CytoFlora®	<i>Lb. casei, Lb. plantarum, Lb. asitophilus DDS-1, Lb. reuteri, Lb. salivarius, Lb. rhamnosus, Lb. sporogenes, Lb. bulgaricus Lb. asitophilus, B. bifidum, B. infantis, B. bulgaricus, Strep. thermophiles</i>	Probiyotik bakterilerin hücre lizatını içeren probiyotik tentürü/ Bağırsak disbiyozunu dengeler, sağlıklı bağırsak florasının kolonize olması için ortam yaratır
Aktoflor C	Bilinmiyor	Lizin, laktik asit, süksinik asit/ Bağırsak bozukluğu semptomlarının azaltılması

**Tablo 1. Ticari olarak satılan postbiyotikler ve özellikleri (15,25). (Devamı)**

Zakofalk	Bilinmiyor	İnülin ve bütirat/ Bağışıklık düzenleyici
HT-BPL1	<i>B. animalis subsp. lactis</i>	Visseral yağ ve karın çevresinin azaltılması
Epicor	<i>Sac. cerevisiae</i>	Bağışıklık ve bağırsak sağlığını desteklemek
ImmunoSpore	<i>Bac. coagulans</i>	Bağışıklık sistemini destekleme
HOLDBAC®	Farklı bakteriyosin üreten üyelerin karışımı	Bozucu mikroorganizma (maya ve küf) ve <i>Listeria</i> 'nın engellenmesi
LAC-Shield	<i>L. paracasei</i> MCC 1849	Bağışıklık sistemini destekleme
Immuse	<i>Lac. lactis</i> subsp. JCM5805	Bağışıklık sistemini destekleme
HK L-137	<i>L. plantarum</i> L-137	Bağışıklık sistemini destekleme
Pylopass	<i>L. reuteri</i> DSM 17648	Anti- <i>Helicobacter pylori</i>
LBiome	<i>L. fermentum</i> , <i>L. delbrueckii</i>	Bağırsak sağlığını destekleme
FreshQ®	<i>L. rhamnosus</i> , <i>L. paracase</i>	Küf ve maya gelişimini azaltma
Bactoform™	<i>Pediosin</i> ve <i>sakasin</i> üreten üyeler	Bozucu ve patojen mikroorganizmaları inhibisyonu
Lyofast LPR A	<i>L. rhamnosus</i> , <i>L. plantarum</i>	Bozucu ve patojen mikroorganizmaları inhibisyonu
Delvo®	<i>Bifidobacterium</i> , <i>L.casei</i> , <i>L. asitophilus</i> , <i>L. rhamnosus</i> GG, ve <i>L. johnsonii</i>	Raf ömrü uzatma
Befresh™	<i>Lactobacillus</i> spp. ve <i>Propionibacterium freudenreichii</i> subsp. <i>shermanii</i>	Maya, küf ve <i>Clostridium</i> 'a karşı güçlü koruma

Laktik asit bakterileri antioksidan özelliklere sahip  $\gamma$ -aminobütirik asit üretebilmektedir (26). Bu husus, postbiyotiklerin farmasötik ve/veya gıda formülasyonlarında kullanımını kolaylaştırmak için güvenlik değerlendirmesinin, postbiyotiklerin kimyasal bileşiminin farklı ekstraksiyon ve tanımlama yöntemlerinin optimizasyonunun ve biyolojik sistemlerdeki işlevlerinin araştırılmasının gerekliliğini göstermektedir. Postbiyotiklerin bireysel formları, gıda biyoprezervasyonu ve paketlenmesi, zararlı kimyasal kontaminantların (örneğin pestisitler, mikotoksinler ve safra asitleri) biyolojik olarak parçalanması, gıda kaynaklı patojen biyofilminin kontrolü ve yok edilmesi ve çok daha fazlası gibi bilinen ve yeni ortaya çıkan çok sayıda gıda güvenliği işlevine sahiptir.

Postbiyotiklerin gıda matrislerindeki etkinliği (a) postbiyotiklerin üretildiği ana probiyotik suşa, (b) hedef mikroorganizma veya kontaminant türüne, (c) konsantrasyon ve uygulama şekline (sıvı/toz) ve (d) gıda matrisinin özelliklerine bağlıdır (27).

### Organik asitler

Organik asitler önemli postbiyotiklerden birisidir. Laktik asit bakterileri homofermentatif ya da heterofermentatif fementasyon yeteneklerine sahiptir. Homofermentatif fermantasyonlarda sadece laktik asit üretilirken, heterofermentatif süreçlerde laktik asidin yanı sıra asetik asit, etanol ve karbondioksit oluşur (Tablo 2). Bununla birlikte, laktik asit bakterisi sitrat ve piruvat metabolizması sonucu süksinik ve formik asit gibi diğer organik asitlerin üretimi gerçekleşir (10).

<b>Probiyotikler</b>	<b>Postbiyotikler</b>
<i>Streptococcus gallolyticus</i> subsp. <i>macedonicus</i> , <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> CRL 863 <i>S. thermophilus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. reuteri</i> , <i>L. brevis</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>Propionibacterium freudenreichii</i> , <i>L. sakei</i>	Folat
<i>B. breve</i>	Asetat
<i>E. faecalis</i> , <i>L. helveticus</i> , <i>L. asitophilus</i>	Formik asit, asetik asit
<i>L. brevis</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L.pentosus</i>	Asetik, propionik butirik, isobutirik isovalerik
<i>L. pentosus var. plantarum BFP32</i>	Asetik, butirik, propiyonik asit
<i>Lactobacillus</i> , <i>Pediococcus</i>	Piruvik asit, sitrik asit
<i>Lactobacillus</i> , <i>Pediococcus</i>	Laktik asit
<i>Weissella</i> , <i>Lactobacillus</i>	Asetik asit, fenillaktik asit, hidrosinamik asit, kafeik asit, 4-hidroksifenillaktik asit, azelaik asit
<i>Lactobacillus</i>	Tartarik asit, fenilasetik, benzeneasetik asit, malik asit, p-koumaric asit, kaftarik asit fenilpiruvik asit, linoleik asit, 6-oktadekenoik asit methyl ester, 3-hidroksidekanoik asit, miristik asit, sebasik asit, 3-hidroksitetradekanoik asit
<i>Streptococcus</i>	Propiyonik asit

**Tablo 2. Probiyotikler tarafından üretilen organik asitler ve yağ asitleri (5,15). (Devamı)**

Probiyotikler	Postbiyotikler
<i>Lactobacillus, Streptococcus, Lactococcus</i>	Vanillik asit, butirik asit
<i>Weissella, Lactobacillus</i>	2-hidroksisocaproik asit, 3-hidroksidodekanoik asit, kaprik asit
<i>Weissella, Lactobacillus, Pediococcus</i>	Oleik asit

Bakteriyel fermantasyon süreçleriyle oluşan laktik asidin iki izomeri olan L ve D, patojen bakterilerin gelişimin etkili bir şekilde sınırlamaktadır. Ayrıca, asetik asit ve sitrik asit gibi asitler asidik bir ortam oluşturarak istenmeyen bakterilerin çoğalmasını engeller. Asitlerin bakteriyel hücre zarları üzerindeki etkisi inhibitör etkilerine bağlıdır (19). Propiyonik, formik, asetik asit ve laktik asit gibi organik asitler, bozulma ve patojen mikroorganizmaların çoğalması için istenmeyen bir ortam oluşturur (28). Çeşitli *L. plantarum* suşları tarafından üretilen postbiyotikte asetik asit, kaproik asit ve laktik asit olmak üzere üç organik asit tespit edilmiştir (19). *Lactobacillus plantarum* (P1, S11 ve M7) tarafından üretilen tartarik asit, asetik asit, laktik asit, sitrik asit ve malik asit gibi organik asitlerin *Escherichia coli* ve *Salmonella* gibi patojen bakterilerin gelişimini engellemede çok etkili olduğu bildirilmiştir (29). Organik asitler, düşük pH'dan dolayı hücre zarlarını asitleştirerek bakterileri öldürmektedir (7). Mieszkin ve ark. (30) *L. harbinensis* K.V9.3.1 Np'nin aktif süpernatantının yüksek konsantrasyonlarda asetik, laktik, 2- pirolidon-5-karboksilik, hekzanoik ve 2-hidroksibenzoik asit içerdiğini bulmuştur. Aktif süpernatantın bozulmaya sebep olan mayayı (*Yarrowia lipolytica*) 10 güne kadar inhibe etmiştir.

### Bakteriyosin

Laktik asit bakterileri, bakteriyosinler olarak bilinen amino asitlerden oluşan antibakteriyel peptitler veya proteinler üretir. Bakteriyosinler, gıdaların bozulmasına neden olabilecek istenmeyen bakterilerin gelişimini engellemek için tercih edilen biyokoruyuculardır (31). Hücre dışı olarak salınan bakteriyosinler geleneksel antimikrobiyallere dirençli patojen mikroorganizmaların gelişimini engellemektedir. Bakteriyosinler başlıca üç sınıfa ayrılmaktadırlar. Laktokosin gibi Sınıf I bakteriyosinler, işlevlerini esas olarak peptidoglikan sentezini önleyerek yerine getirir. Nisin gibi Sınıf II bakteriyosinler, gözenek oluşumu yoluyla sitoplazmik membranı bozar (32). Sınıf II bakteriyosinler *Lactobacillus* sp., *Enterococcus* sp., *Pediococcus* sp., *Carnobacterium* sp., *Leuconostoc* sp.,

*Streptococcus* sp., ve *Weissella* sp. gibi bakteri türlerinden oluşur (33). Sınıf III bakteriyosinler, büyük proteinli (>30 kDa), ısıya karşı kararsızdır, bu nedenle gıda koruma uygulamalarında pek tercih edilmezler (34). Nisin ve natamisin (pimarisin) genel olarak güvenli kabul edilen (GRAS) bakteriyosinlerdir. Nisin, biyokimya ve genetik açısından gıda endüstrisinde en çok çalışılan ve kullanılan bakteriyosinler arasında yer alır. Geniş pH aralığında (3 ile 7) ve sıcaklıkta stabilite göstermektedir. Bazı Gram-pozitif bakterilere ve bazı spor üreten bakterilere karşı etkili olmasına rağmen küflere, mayalara ve Gram-negatif bakterilere karşı etkili değildir (35,1).

Sınıf II bakteriyosinler arasında, pediosinler ette anti-listeriyal aktiviteye sahiptir (36). *Lactococcus lactis* CL1 ve CL2'den saflaştırılan Pediocin PA-1 ve türevleri, fermantasyon sırasında *L. monocytogenes*, *S. aureus* ve *E. coli* O157:H7 sayılarını azaltmıştır (37). Ribeiro ve ark (38) *Lactococcus lactis*'ten (L3A21M1) elde edilen laktikin 481'in, *L. monocytogenes*'e karşı bakteriyostatik etki gösterdiğini bildirmiştir. Sheoran ve Tiwari (39) *Enterococcus hirae* LD3 ve *Lactobacillus plantarum* LD4'ten elde edilen enterocin LD3 ve plantaricin LD4 bakteriyosinlerin *S. aureus*'a karşı 160 ve 220 µg/mL letal konsantrasyona (LC50) sahip olduğunu bildirmiştir (15).

Bakteriyosin veya post biyotik içeren hücresiz süpernatantların su ürünlerinde muhafazasında kullanımına yönelik olumlu sonuçlar elde edilmiştir ancak bu çalışmalar yeterli düzeyde değildir. Ton balığı (*Thunnus albacares*) filetolarının nisin içeren ozmotik bir çözelti ile muamele edilmesi, depolama sırasında mikrobiyal değişiklikleri azaltarak ve duyuusal özellikleri iyileştirerek filetoların raf ömrünü 5 °C'de 10 günden 51 güne önemli ölçüde arttırmıştır (40). Kim ve ark. (41) *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* tarafından üretilen laktikin NK24'ün fermente balık ürününden (jeotgal) izole edilen bozulma ve patojenik bakterilere karşı antibakteriyel yeteneğinin olduğunu bildirmişlerdir. Kabuklu deniz ürünlerinden (istiridye, midye ve istiridye) izole edilen pediosinin (bacALP57) deniz ürünlerinde mevcut patojen mikroorganizmalara (*Listeria innocua*, *L. monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus*) karşı antimikrobiyal aktivitesi gözlemlenmiştir. En yüksek inhibisyonlar *L. monocytogenes* ve *Listeria innocua*'da görülmüştür (42). *Lactobacillus rhamnosus*'tan üretilen bakteriyosin GP1'in resif morinasını başarılı bir şekilde koruduğu gösterilmiştir (43).

*Lactiplantibacillus plantarum* 299 V fermentasyonu ile üretilen postbiyotiklerin probiyotik bakteri hücreleri ile birlikte psikrofilik bakterilerin, *Pseudomonas* spp. ve *Enterobacteriaceae*'nin yanı sıra 9 günlük bir soğuk depolanması sırasında somon filetoları üzerindeki *Listeria monocytogenes*'in çoğalmasını önemli ölçüde

engellediği gözlenmiştir (44). Kuley ve ark. (45) *Lactobacillus plantarum* FI8595 veya *Pediococcus acidolactici* ATCC 25741 kullanılarak hazırlanan hücresiz ekstraktların (%8) kekik ekstresi ile birlikte soğutulmuş sıcaklıkta depolanan fermente sardalyaların raf ömrünü iyileştirmenin en etkili yolu olduğunu göstermiştir. *Lactobacillus reuteri*'den elde edilen süpernatantının tek başına kullanımının zayıf bir antioksidatif etkiye sahip olduğunu, propolis ekstresi ile birlikte kullanımı ile balık burgerin kalite özelliklerini artırarak antioksidan olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğunu belirtmiştir (46). Ozogul ve ark. (47) *Lat. sakei* hücresiz süpernatantları ile bitki bazlı ekstraktlar combine kullanımının modifiye atmosferde paketlenmiş levrek filetoalarının raf ömrünü uzattığını rapor etmiştir.

### **Kısa zincirli yağ asitleri**

Karbonhidratlar probiyotik bakteriler tarafından seçici olarak fermente edilerek karbondioksit, hidrojen, metan ve başta asetat, propiyonat ve bütirat olmak üzere kısa zincirli yağ asitleri (SCFA'lar) gibi çeşitli son ürünler üretilir (5). Başta bütirik, propiyonik ve asetik asitler olmak üzere kısa zincirli yağ asitleri bağırsak kanalında anaerobik bakteri üretimi tarafından üretilen başlıca ara ürünlerdir (48). Laktobasiller kısa zincirli yağ asitlerini (i) glikolitik yolla piruvat üretmek için karbonhidratların fermantasyonundan (ii) heterofermentatif bakteriler için fosfoketolaz yolundan sentezler (5,49).

Yağ asitleri, hücre lizisine, membran geçirgenliğinin artmasına, elektron taşıma zincirinin bozulmasına, enzim aktivitesinin ve yapısının bozulmasına ve proteinler gibi hissedilebilir bileşenlerde fonksiyonel / morfolojik değişikliklerin indüklenmesine neden olarak bakteriler üzerinde antimikrobiyal etkilere sahiptir. *L. fermentum*, *Lactobacillus asitophilus* ve *L. paracasei* bakterilerinin ürettiği yağ asitleri, *Klebsiella oxytoca*'nın hücre duvarını parçalayarak *Klebsiella oxytoca* gelişimini engellemiştir (50).

### **Enzimler**

Enzimler biyokimyasal reaksiyonları katalize eden proteinler olarak tanımlanmaktadır. Probiyotikler, peptidazlar, lipazlar, amilazlar, proteazlar, üreazlar ve fenoloksidazlar gibi çeşitli biyolojik aktivitelerde yer alan çeşitli enzimler üretir. *Lactobacillus fermentum*'un iki türünde önemli miktarda glutatyon peroksidaz tespit edilmiş ve daha sonra bu türün güçlü in vitro antioksidan yeteneklere sahip olduğu bulunmuştur (51). İki *L. fermentum* suşu, E-3 ve E-18, yüksek miktarda glutatyon peroksidaz (GPx) ve manganez süperoksit

dismutaz (Mn-SOD) eksprese ederek antioksidan aktivite sergilemiştir (52). Genetiği değiştirilmiş *Lactobacillus lactis*'ten elde edilen katalazın kimyasal olarak indüklenen kolon kanserini inhibe ettiği bildirilmiştir (53,54).

## **Peptitler**

Antimikrobiyal peptitler mikroorganizmalar tarafından üretilir. Peptitlerin antimikrobiyal etkileri arasında (a) bakteri hücre zarının asidik hale gelmesine neden olmak, (b) hücrelerin dışarı sızmasına izin veren fiziksel zararlar oluşturmak, (c) hücre duvarına zarar veren hidrolazlar üretmek ve (d) mikroorganizmaların hassas iç bileşenlerine zarar vermek yer alır., Forkus ve ark. (55), *Salmonella enterica* kontrolü için *E. coli* Nissle 1917 peptitlerini araştırmıştır. Bu çalışmada, *Salmonella enterica*'nın *E. coli* Nissle 1917 antimikrobiyal peptitleri tarafından bakteri hücre duvarına zarar vermesiyle engellendiği rapor edilmiştir. *Bacillus subtilis*; *E. coli* ve *L. monocytogenes*'e karşı etkinliği test edilmiş antibakteriyel peptitler üretmektedir. Bu bulgular, probiyotik olarak üretilen antimikrobiyal peptitlerin gıda muhafazası için kullanım potansiyelini göstermektedir (7,55,56). Ribozomal peptitlerin aksine, ribozomal olmayan peptitler, tek tek amino asit yapı taşlarından peptitleri bir araya getirebilen karmaşık enzim sistemleri olan ribozomal olmayan peptit sentazlar (NRPS) veya poliketit sentazlar yoluyla üretilir. Bu ribozomal olmayan peptitler, antimikrobiyal aktivite de dahil olmak üzere çeşitli yapı ve işlevlere (enzim inhibisyonu, bağışıklık modülasyonu ve biyofilm inaktivasyonu vb.) sahip olabilir (57,58).

## **POSTBİYOTİKLERİN ÜRETİMİ**

Probiyotik bir bakteri prebiyotik bileşiklerle beslendiğinde, fermentasyon yoluyla postbiyotik üretir (59,60). Ancak günümüzde bu bileşikler laboratuvar yöntemiyle de üretilmektedir (Tablo 3). Bu yöntemler arasında ısı işlem, ultraviyole radyasyon, formalin inaktivasyonu, iyonlaştırıcı radyasyon, yüksek basınç ve sonikasyon yer almaktadır (12,61). Bu yöntemler, biyoaktif bileşenlerin elde edilmesinde, mikrobiyal yapıların modifikasyonunda ve çeşitli sağlığı teşvik edici uygulamalar için postbiyotiklerin canlılığının ve etkinliğinin sağlanmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Postbiyotik üretimi için yöntem seçimi, istenen postbiyotik bileşik, kullanılan mikrobiyal suş, amaçlanan uygulama ve ölçeklenebilirlik hususları dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır (7).

Gıda sektöründe en yaygın postbiyotik kaynağı fermentasyondur (7). Hücre içi postbiyotikler için, hücre içi metabolitleri ve/veya hücre duvarı bileşenlerini elde etmek için en az iki işlem kombinasyonunun uygulanarak bakteri zarını

parçalamak gerekmektedir (62). Bununla birlikte, bazı durumlarda, elde edilen karışım, uygulanan işleme ve koşullara bağlı olarak aynı anda paraprobiyotik ve postbiyotik içerebilir; bu nedenle, canlı hücreleri ortadan kaldırmak ve sadece postbiyotik fraksiyonu geri kazanmak için mikrofiltrasyon gibi ek adımlara ihtiyaç vardır. Bu arada, canlı hücreler tarafından salgılanan postbiyotikler için, süpernatantlardan geri kazanılmaları için gerekli yöntemler veya teknoloji, temel olarak santrifüjleme ve/veya filtreleme yoluyla canlı hücrelerin ortamdan uzaklaştırılmasından ibarettir.

**Tablo 3. Postbiyotik elde etmede kullanılan metotlar [Cuevas-González ve ark. (63)]**

Metot	Fonksiyonu	Bakteri üyesi/kullanılan koşullar	Kaynak
Sonikasyon/enzimatik	Hücre yapısını parçalamak	<i>L.casei</i> CRL 431 (30 dk /42khz sonikasyon, 37C de 150 dk lizozim/ mutanolizin	(64)
Sonikasyon/kimyasal	Hücre yapısını parçalama	Bifidobacterium, Enterococcus, <i>Lactobacillus</i> , <i>Lactococcus</i> , <i>Leuconostoc</i> , <i>Saccharomyces</i> üyeleri (300 W 2 dk'da sonikasyon/ 0.5 M etanolik potasyum hidroksit solüsyonu	(17)
Isıtma/sonikasyon	Hücre yapısını parçalama	<i>L.casei</i> ATCC393 (200 C'de 40 dk ısıtma/50 W'da 10 dk sonikasyon	(65)
Yüksek basınç	Hücre yapısını parçalama	<i>L. fermentum</i> BGHV110	(66)

Genel olarak, hücresiz süpernatant, inkübasyon döneminden sonra bakteriyel gelişim ortamının santrifüjlenmesi, peletlerin atılması ve süpernatantların membran filtrelerden süzülmesiyle üretilir. Ancak bu işlem, yüksek hacimlere ihtiyaç duyulduğunda çok sayıda membran filtre gerektirmesi ve filtreleme sırasında kontaminasyona bağlı olması nedeniyle zahmetli ve pahalıdır. Öte yandan, inaktive edilmiş probiyotik bakteriler (paraprobiyotik) bağırsak mukoziti (67), enflamasyon ve obeziteye karşı (68) ve gıdaların kalitesini artırmak (69) gibi bazı potansiyel faydalar sergilemiştir. Bunlara dayanarak, inaktive edilmiş bakterilerin ve bunların süpernatantlarının birlikte kullanıldığında, tek başına

hücretsiz süpernatanta kıyasla daha avantajlı olup olamayacağı çeşitli çalışmalarla değerlendirilmelidir (70)

## **POSTBİYOTİKLERİN BİYOAKTİVİTESİ**

Postbiyotikler immünomodülatör, antiinflamatuvar, kolesterol düşürücü, antiproliferatif, antioksidan, anti-hipertansif ve antiobezite özelliklerine sahiptir (71). Gıda muhafazasında kullanılma potansiyeline sahip çeşitli postbiyotik tipleri vardır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, postbiyotiklerin biyojen amin, pestisitler ve mikotoksinler gibi kimyasal kontaminantları yok etme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Postbiyotiklerin biyojen amin oluşumunu azaltma kabiliyetinin olduğu bildirilmiştir (72,73). Postbiyotiklerin yeteneklerinin öncelikle postbiyotiklerin türüne ve konsantrasyonlarına, biyojen amin türüne ve biyojen amin üreten patojene bağlı olarak büyük ölçüde değiştiği gözlenmiştir (74). Bu nedenle, biyojen aminlerin üretilmesinde tercih edilen etkiye uygun olarak LAB suşlarından postbiyotiklerin doğru bir şekilde seçilmesi önemlidir (12).

## **SONUÇ**

Gıda güvenliği, gıda ürünlerinde sağlık riskleri ile ilişkili kimyasal ve mikrobiyal kontaminantların bulunmaması olarak tanımlanmaktadır. Ne yazık ki, halk sağlığı sorunlarını ortadan kaldırmak için çok sayıda eylem planı kullanılmasına rağmen, gıda güvenliği sorunları öngörülemeyen bir şekilde artmaya devam etmektedir. Gıda kayıplarını azaltmak, güvenli ve kaliteli gıdalar üretmek amacıyla koruyucu maddelerin kullanımı araştırmacıların ve endüstrinin odak noktası olmuştur. Bununla birlikte, sülfid ve benzoatların alerjik etkileri, nitrat ve nitritlerin mide kanserini teşvik edici etkileri ve sorbat aracılı nadir ürtiker ve kontakt dermatit gibi kimyasal koruyucuların yan etkileri hakkında bazı raporlar bulunmaktadır. Bu tür kısıtlamalar, tüketicilerin taze, minimum düzeyde işlenmiş ve koruyucu içermeyen gıdalara karşı tercih etme eğiliminin artması, gıda güvenliği güvencesinde yenilikçi katkı maddeleri olarak doğal antimikrobiyal maddelerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Postbiyotikler, probiyotik bakteriler tarafından üretilen ve sağlık üzerinde olumlu birçok etkisi olan metabolitlerdir. Postbiyotiklerin toksik olmaması, güvenli olması ve gıda bozulmasına neden olan mikroorganizmaları inhibe edebilmesi, gıda içerisinde mevcut kimyasal kontaminantları azatması bu bileşiklerin gıda endüstrisinde kullanılmasında postbiyotiklerin önemini vurgulamaktadır. Gıda endüstrisinde postbiyotikler

üzerine yapılan çalışmalarda, postbiyotiklerin gıda ambalajı şeklinde yeni bir yaklaşım olarak da kullanım potansiyeline sahip olduğu belirtilmektedir. Halihazırda bilimsel literatür, potansiyel alternatif ajanlar olarak postbiyotiklerin, canlı hücrelerine göre güvenlik açısından üstünlüğe sahip olabileceğini ve klinik, teknolojik ve ekonomik yönlerden benzersiz özellikleri nedeniyle, gıda sektörünün yanı sıra sağlık yararları ve terapötik amaçlar geliştirmek için ilaç endüstrisinde de umut verici araçlar olarak uygulanabileceğini doğrulamaktadır.

İleriye dönük çalışmalarda uygun hücre suşları, aktif bileşikleri, biyolojik işlevi, gıdalarda optimum dozajları belirlenmesi ve aktif gıda ambalajı geliştirmedeki etkinliklerinin incelenmesi gerekmektedir. Öte yandan, postbiyotikler için önemli güvenlik ve düzenleme konularının ele alınması gerekmektedir. Ayrıca, endüstriyel düzeyde postbiyotik üretimi için büyük ölçekli üretim süreçlerinin tasarlanması önem arz etmektedir.

## **KAYNAKÇA**

1. Sharma S. Food preservatives and their harmful effects. *International journal of scientific and research publications*. 2015;5(4): 1–2. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00029>.
2. Nikravan L, Zamanpour S, Noori SMA. Postbiotics: an innovative approach to increase shelf life and quality of foods. *Nutrition & Food Science*. 2024;54(1): 192–206. <https://doi.org/10.1108/NFS-06-2023-0138>.
3. Hill C, Guarner F, Reid G, Gibson GR, Merenstein DJ, Pot B, et al. The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*. 2014;11(8): 506–514.
4. O'Toole PW, Marchesi JR, Hill C. Next-generation probiotics: the spectrum from probiotics to live biotherapeutics. *Nature microbiology*. 2017;2(5): 1–6. <https://doi.org/10.1038/nmicrobiol.2017.57>.
5. Nataraj BH, Ali SA, Behare PV, Yadav H. Postbiotics-parabiotics: the new horizons in microbial biotherapy and functional foods. *Microbial Cell Factories*. 2020;19(1): 168. <https://doi.org/10.1186/s12934-020-01426-w>.
6. Piqué i Clusella N, Berlanga Herranz M, Miñana i Galbis D. Health Benefits of Heat-Killed (Tyndallized) Probiotics: An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 2019, vol. 20, num. 10, p. 2534. 2019; <https://doi.org/10.3390/ijms20102534>.
7. Mishra B, Mishra AK, Mohanta YK, Yadavalli R, Agrawal DC, Reddy HP, et al. Postbiotics: the new horizons of microbial functional bioactive compounds in food preservation and security. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2024;6(1): 28. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00200-w>.
8. Pilevar Z, Hosseini H, Beikzadeh S, Khanniri E, Alizadeh AM. Application of bacteriocins in meat and meat products: An update. *Current Nutrition & Food Science*. 2020;16(2): 120–133. <https://doi.org/10.2174/1573401314666181001115605>.
9. Novotni D, Gänzle M, Rocha JM. Composition and activity of microbiota in sourdough and their effect on bread quality and safety. *Trends in wheat and bread making*. 2021; 129–172. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821048-2.00005-2>.

10. Rathod NB, Nirmal NP, Pagarkar A, Özogul F, Rocha JM. Antimicrobial impacts of microbial metabolites on the preservation of fish and fishery products: A review with current knowledge. *Microorganisms*. 2022;10(4): 773. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10040773>.
11. Vajiha Banu HM, Sumithra P, Mohamed Mahroop Raja M, Swedha A. Postbiotic Food Packaging Based on Organic Acids. In: Dharumadurai D (ed.) *Postbiotics*. New York, NY: Springer US; 2024. p. 373–379. [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3421-9\\_51](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-3421-9_51).
12. Hosseini SA, Abbasi A, Sabahi S, Khani N. Application of postbiotics produced by lactic acid bacteria in the development of active food packaging. *Biointerface Res Appl Chem*. 2021;12: 6164–6183. <https://doi.org/10.33263/BRIAC125.61646183>.
13. Homayouni-Rad A, Fathi-Zavoshti H, Douroud N, Shahbazi N, Abbasi A. Evaluating the role of postbiotics as a new generation of probiotics in health and diseases. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*. 2020;19(4): 381–399.
14. Foo HL, Loh TC, Abdul Mutalib NE, Rahim RA. The myth and therapeutic potentials of postbiotics. *Microbiome and Metabolome in Diagnosis, Therapy, and Other Strategic Applications: Academic Press*. 2019; 201–208.
15. Moradi M, Molaei R, Guimarães JT. A review on preparation and chemical analysis of postbiotics from lactic acid bacteria. *Enzyme and Microbial Technology*. 2021;143: 109722. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2020.109722>.
16. Kim SJ, Park SH, Sin HS, Jang SH, Lee SW, Kim SY, et al. Hypocholesterolemic effects of probiotic mixture on diet-induced hypercholesterolemic rats. *Nutrients*. 2017;9(3): 293. <https://doi.org/10.3390/nu9030293>.
17. Nakamura F, Ishida Y, Sawada D, Ashida N, Sugawara T, Sakai M, et al. Fragmented Lactic Acid Bacterial Cells Activate Peroxisome Proliferator-Activated Receptors and Ameliorate Dyslipidemia in Obese Mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2016;64(12): 2549–2559. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b05827>.
18. Zakuan NM, Ling FH, Yazan LS. Anti-microbial, anti-cancer and immunomodulatory properties of proteinaceous postbiotic metabolite produced by *Lactobacillus plantarum* I-UL4. *Mal J Med Health Sci*. 2019;15: 81–84.
19. Chang HM, Foo HL, Loh TC, Lim ETC, Abdul Mutalib NE. Comparative studies of inhibitory and antioxidant activities, and organic acids compositions of postbiotics produced by probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* strains isolated from Malaysian foods. *Frontiers in veterinary science*. 2021;7: 602280. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.602280>.
20. Bäuerl C, Coll-Marqués JM, Tarazona-González C, Pérez-Martínez G. *Lactobacillus casei* extracellular vesicles stimulate EGFR pathway likely due to the presence of proteins P40 and P75 bound to their surface. *Scientific reports*. 2020;10(1): 19237. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75930-9>.
21. Saadat YR, Khosroushahi AY, Movassaghpour AA, Talebi M, Gargari BP. Modulatory role of exopolysaccharides of *Kluyveromyces marxianus* and *Pichia kudriavzevii* as probiotic yeasts from dairy products in human colon cancer cells. *Journal of Functional Foods*. 2020;64: 103675. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103675>.
22. Balaguer F, Enrique M, Llopis S, Barrena M, Navarro V, Álvarez B, et al. Lipoteichoic acid from *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BPL1: a novel postbiotic that reduces fat deposition via IGF-1 pathway. *Microbial Biotechnology*. 2022;15(3): 805–816. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13769>.

23. Huang FC, Huang SC. The combined beneficial effects of postbiotic butyrate on active vitamin D3-orchestrated innate immunity to *Salmonella colitis*. *Biomedicines*. 2021;9(10): 1296. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9101296>.
24. Cortés-Martín A, Selma MV, Tomás-Barberán FA, González-Sarrías A, Espín JC. Where to Look into the Puzzle of Polyphenols and Health? The Postbiotics and Gut Microbiota Associated with Human Metabotypes. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2020;64(9): 1900952. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201900952>.
25. Liang B, Xing D. The Current and Future Perspectives of Postbiotics. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. 2023;15(6): 1626–1643. <https://doi.org/10.1007/s12602-023-10045-x>.
26. Chuah WW, Tan JS, Hazwani Oslan SN, Bothi Raja P. Enhancing food preservation with postbiotic metabolites  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) and bacteriocin-like inhibitory substances (BLIS) produced by *Lactobacillus brevis* C23 co-cultures in plant-based medium. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*. 2024;54(4): 514–525. <https://doi.org/10.1080/10826068.2023.2252047>.
27. Sabahi S, Homayouni Rad A, Aghebati-Maleki L, Sangtarash N, Ozma MA, Karimi A, et al. Postbiotics as the new frontier in food and pharmaceutical research. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023;63(26): 8375–8402. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2056727>.
28. Bangar SP, Suri S, Trif M, Ozogul F. Organic acids production from lactic acid bacteria: A preservation approach. *Food bioscience*. 2022;46: 101615.
29. Hu C, Ren L, Zhou Y, Ye B. Characterization of antimicrobial activity of three *Lactobacillus plantarum* strains isolated from Chinese traditional dairy food. *Food Science & Nutrition*. 2019;7(6): 1997–2005. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1025>.
30. Mieszkin S, Hymery N, Debaets S, Coton E, Le Blay G, Valence F, et al. Action mechanisms involved in the bioprotective effect of *Lactobacillus harbinensis* K.V9.3.1.Np against *Yarrowia lipolytica* in fermented milk. *International Journal of Food Microbiology*. 2017;248: 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.02.013>.
31. Kim SW, Kang SI, Shin DH, Oh SY, Lee CW, Yang Y, et al. Potential of cell-free supernatant from *Lactobacillus plantarum* NIBR97, including novel bacteriocins, as a natural alternative to chemical disinfectants. *Pharmaceuticals*. 2020;13(10): 266. <https://doi.org/10.3390/ph13100266>.
32. Ibrahim OO. Classification of antimicrobial peptides bacteriocins, and the nature of some bacteriocins with potential applications in food safety and bio-pharmaceuticals. *EC Microbiol*. 2019;15(7): 591–608.
33. Chen L, Song Z, Tan SY, Zhang H, Yuk HG. Application of bacteriocins produced from lactic acid bacteria for microbiological food safety. *Current Topics in Lactic Acid Bacteria and Probiotics*. 2020;6(1): 1–8. <https://doi.org/10.35732/ctlabp.2020.6.1.1>.
34. Johnson EM, Jung DrYG, Jin DrYY, Jayabalan DrR, Yang DrSH, Suh JW. Bacteriocins as food preservatives: Challenges and emerging horizons. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018;58(16): 2743–2767. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1340870>.
35. Raman J, Kim JS, Choi KR, Eun H, Yang D, Ko YJ, et al. Application of lactic acid bacteria (LAB) in sustainable agriculture: advantages and limitations. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022;23(14): 7784. <https://doi.org/10.3390/ijms23147784>.

36. Nieto-Lozano JC, Reguera-Useros JI, Pelaez-Martinez M del C, de la Torre AH. Effect of a bacteriocin produced by *Pediococcus acidilactici* against *Listeria monocytogenes* and *Clostridium perfringens* on Spanish raw meat. *Meat science*. 2006;72(1): 57–61. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.06.004>.
37. Rodriguez E, Calzada J, Arqués JL, Rodriguez JM, Nunez M, Medina M. Antimicrobial activity of pediocin-producing *Lactococcus lactis* on *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* O157: H7 in cheese. *International Dairy Journal*. 2005;15(1): 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.05.004>.
38. Ribeiro SC, O'Connor PM, Ross RP, Stanton C, Silva CC. An anti-listerial *Lactococcus lactis* strain isolated from Azorean Pico cheese produces lacticin 481. *International Dairy Journal*. 2016;63: 18–28. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2016.07.017>.
39. Sheoran P, Tiwari SK. Anti-staphylococcal activity of bacteriocins of food isolates *Enterococcus hirae* LD3 and *Lactobacillus plantarum* LD4 in pasteurized milk. *3 Biotech*. 2019;9(1): 8. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1546-y>.
40. Sofra C, Tsironi T, Taoukis PS. Modeling the effect of pre-treatment with nisin enriched osmotic solution on the shelf life of chilled vacuum packed tuna. *Journal of Food Engineering*. 2018;216: 125–131. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.08.014>.
41. Kim HJ, Lee NK, Cho SM, Kim KT, Paik HD. Inhibition of spoilage and pathogenic bacteria by lacticin NK24, a bacteriocin produced by *Lactococcus lactis* NK24 from fermented fish food. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 1999;31(4): 1035–1043.
42. Pinto AL, Fernandes M, Pinto C, Albano H, Castilho F, Teixeira P, et al. Characterization of anti-*Listeria* bacteriocins isolated from shellfish: potential antimicrobials to control non-fermented seafood. *International journal of food microbiology*. 2009;129(1): 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.11.005>.
43. Sarika AR, Lipton AP, Aishwarya MS. Biopreservative efficacy of bacteriocin GP1 of *Lactobacillus rhamnosus* GP1 on stored fish filets. *Frontiers in nutrition*. 2019;6: 29. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00029>.
44. Hua K, Cobcroft JM, Cole A, Condon K, Jerry DR, Mangott A, et al. The future of aquatic protein: implications for protein sources in aquaculture diets. *One Earth*. 2019;1(3): 316–329. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018>.
45. Kuley E, Durmus M, Ucar Y, Kosker AR, Tumerkan ETA, Regenstein JM, et al. Combined effects of plant and cell-free extracts of lactic acid bacteria on biogenic amines and bacterial load of fermented sardine stored at 3°C. *Food bioscience*. 2018;24: 127–136. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.06.008>.
46. Kuley E, Yazgan H, Özogul Y, Ucar Y, Durmus M, Özyurt G, et al. Effectiveness of *Lactobacilli* cell-free supernatant and propolis extract microcapsules on oxidation and microbiological growth in sardine burger. *Food Bioscience*. 2021;44: 101417. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101417>.
47. Ozogul Y, Kuley E, Kosker AR, Uçar Y, Yazgan H, Durmuş M, et al. The impacts of biopreservation with *Lactobacillus sakei* cell-free supernatant in combination with plant-based extracts on the quality of modified atmosphere packed sea bass (*Dicentrarchus labrax*) filets. *LWT*. 2024; 116756. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116756>.
48. Islam F, Azmat F, Imran A, Zippi M, Hong W, Tariq F, et al. Role of postbiotics in food and health: a comprehensive review. *CyTA - Journal of Food*. 2024;22(1): 2386412. <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2386412>.

49. LeBlanc JG, Chain F, Martín R, Bermúdez-Humarán LG, Courau S, Langella P. Beneficial effects on host energy metabolism of short-chain fatty acids and vitamins produced by commensal and probiotic bacteria. *Microbial Cell Factories*. 2017;16(1): 79. <https://doi.org/10.1186/s12934-017-0691-z>.
50. Higashi B, Mariano TB, de Abreu Filho BA, Gonçalves RAC, de Oliveira AJB. Effects of fructans and probiotics on the inhibition of *Klebsiella oxytoca* and the production of short-chain fatty acids assessed by NMR spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*. 2020;248: 116832. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116832>.
51. Gurunathan S, Thangaraj P, Kim JH. Postbiotics-Functional Food Materials. 2023; <https://doi.org/10.20944/preprints202309.2069.v1>.
52. Strandén I, Garrick DJ. Derivation of equivalent computing algorithms for genomic predictions and reliabilities of animal merit. *Journal of dairy science*. 2009;92(6): 2971–2975. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1929>.
53. De Moreno De LeBlanc A, LeBlanc JG, Perdígón G, Miyoshi A, Langella P, Azevedo V, et al. Oral administration of a catalase-producing *Lactococcus lactis* can prevent a chemically induced colon cancer in mice. *Journal of Medical Microbiology*. 2008;57(1): 100–105. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.47403-0>.
54. Thorakkattu P, Khanashyam AC, Shah K, Babu KS, Mundanat AS, Deliephan A, et al. Postbiotics: current trends in food and pharmaceutical industry. *Foods*. 2022;11(19): 3094. <https://doi.org/10.3390/foods11193094>.
55. Forkus B, Ritter S, Vlysidis M, Geldart K, Kaznessis YN. Antimicrobial probiotics reduce *Salmonella enterica* in turkey gastrointestinal tracts. *Scientific reports*. 2017;7(1): 40695. <https://doi.org/10.1038/srep40695>.
56. Osés SM, Diez AM, Gómez EM, Wilches-Pérez D, Luning PA, Jaime I, et al. Control of *Escherichia coli* and *Listeria monocytogenes* in suckling-lamb meat evaluated using microbial challenge tests. *Meat Science*. 2015;110: 262–269. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.08.004>.
57. Hernández-Granados MJ, Franco-Robles E. Postbiotics in human health: Possible new functional ingredients? *Food Research International*. 2020;137: 109660. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109660>.
58. Li HY, Zhou DD, Gan RY, Huang SY, Zhao CN, Shang AO, et al. Effects and mechanisms of probiotics, prebiotics, synbiotics, and postbiotics on metabolic diseases targeting gut microbiota: A narrative review. *Nutrients*. 2021;13(9): 3211. <https://doi.org/10.3390/nu13093211>.
59. Rad AH, Maleki LA, Kafil HS, Zavoshti HF, Abbasi A. Postbiotics as novel health-promoting ingredients in functional foods. *Health promotion perspectives*. 2020;10(1): 3–4. <https://doi.org/10.15171/hpp.2020.02>.
60. Aghebati-Maleki L, Hasannezhad P, Abbasi A, Khani N. Antibacterial, antiviral, antioxidant, and anticancer activities of postbiotics: a review of mechanisms and therapeutic perspectives. *Biointerface Res Appl Chem*. 2021;12(2): 2629–2645. <https://doi.org/10.33263/BRIAC122.26292645>.
61. Rad AH, Abbasi A, Kafil HS, Ganbarov K. Potential pharmaceutical and food applications of postbiotics: a review. *Current Pharmaceutical Biotechnology*. 2020;21(15): 1576–1587. <https://doi.org/10.2174/1389201021666200516154833>.
62. Aguilar-Toalá JE, Garcia-Varela R, Garcia HS, Mata-Haro V, González-Córdova AF, Vallejo-Cordoba B, et al. Postbiotics: An evolving term within the functional

- foods field. *Trends in Food Science & Technology*. 2018;75: 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.009>.
63. Cuevas-González, P. F., Liceaga, A. M., & Aguilar-Toalá, J. E. (). Postbiotics and paraprobiotics: From concepts to applications. *Food Research International*. 2020; 136: 109502. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109502>
  64. Aguilar-Toalá JE, Hall FG, Urbizo-Reyes UC, Garcia HS, Vallejo-Cordoba B, González-Córdova AF, et al. In Silico Prediction and In Vitro Assessment of Multifunctional Properties of Postbiotics Obtained From Two Probiotic Bacteria. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. 2020;12(2): 608–622. <https://doi.org/10.1007/s12602-019-09568-z>.
  65. Tiptiri-Kourpeti A, Spyridopoulou K, Santarmaki V, Ainelis G, Tompoulidou E, Lamprianidou EE, et al. Lactobacillus casei exerts anti-proliferative effects accompanied by apoptotic cell death and up-regulation of TRAIL in colon carcinoma cells. *PloS one*. 2016;11(2): e0147960. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147960>.
  66. Dinić M, Lukić J, Djokić J, Milenković M, Strahinić I, Golić N, et al. Lactobacillus fermentum postbiotic-induced autophagy as potential approach for treatment of acetaminophen hepatotoxicity. *Frontiers in Microbiology*. 2017;8: 594. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00594>.
  67. Trindade LM, Torres L, Matos ID, Miranda VC, De Jesus LCL, Cavalcante G, et al. Paraprobiotic Lacticaseibacillus rhamnosus Protects Intestinal Damage in an Experimental Murine Model of Mucositis. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. 2023;15(2): 338–350. <https://doi.org/10.1007/s12602-021-09842-z>.
  68. Kim E, Lee HG, Han S, Seo KH, Kim H. Effect of Surface Layer Proteins Derived from Paraprobiotic Kefir Lactic Acid Bacteria on Inflammation and High-Fat Diet-Induced Obesity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2021;69(50): 15157–15164. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c05037>.
  69. Parvarei MM, Fazeli MR, Mortazavian AM, Nezhad SS, Mortazavi SA, Golabchifar AA, et al. Comparative effects of probiotic and paraprobiotic addition on microbiological, biochemical and physical properties of yogurt. *Food research international*. 2021;140: 110030. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110030>.
  70. İncili GK, Akgöl M, Karatepe P, Tekin A, Kanmaz H, Kaya B, et al. Whole-Cell Postbiotics: an Innovative Approach for Extending the Shelf Life and Controlling Major Foodborne Pathogens in Chicken Breast Fillets. *Food and Bioprocess Technology*. 2023;16(7): 1502–1524. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03009-0>.
  71. Homayouni-Rad A, Fathi-Zavoshti H, Douroud N, Shahbazi N, Abbasi A. Evaluating the role of postbiotics as a new generation of probiotics in health and diseases. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*. 2020;19(4): 381–399.
  72. Ozogul F, Tabanelli G, Toy N, Gardini F. Impact of Cell-free Supernatant of Lactic Acid Bacteria on Putrescine and Other Polyamine Formation by Foodborne Pathogens in Ornithine Decarboxylase Broth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015;63(24): 5828–5835. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02410>.
  73. HOMAYOUNI RA, Oroojzadeh P, Abbasi A. The effect of yeast kluyveromyces marxianus as a probiotic on the microbiological and sensorial properties of set yoghurt during refrigerated storage. *Journal of Ardabil University of Medical Sciences*. 2020;20(2): 254–268.

74. Özogul F, Toy N, Özogul Y, Hamed I. Function of cell-free supernatants of *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus* strains on histamine formation by foodborne pathogens in histidine decarboxylase broth. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017;41(5): e13208. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13208>.

## Bölüm 8

# FERMENTE DENİZ ÜRÜNLERİ KAYNAKLI NUTRASÖTİKLER

Hatice YAZGAN<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Fermantasyon, geleneksel olarak gıdaların raf ömrünü uzatmak ve organoleptik özelliklerini iyileştirmek için kullanılan en eski üretim süreçlerinden biridir. Fermantasyon süreçleri, gıda bileşenlerinin yapısı ve profili üzerinde önemli etkiye sahip olması ve ayrıca gıdanın besin değerini ve/veya sindirilebilirliğini artırması gibi faydaları olabilmektedir (1,2). Fermente gıdalar, MÖ 8000'den beri insan besininin tamamlayıcı bir bileşeni olmuştur ve dünya gıda tüketiminin yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır (bazı toplumlar için %40'tır) (3). Fermantasyon süreci sırasında, mikroorganizmalar tarafından antimikrobiallardan peptitlere kadar çok çeşitli ikincil metabolitler üretilir. Bu amaçla, düşük pH'a karşı yüksek toleransa sahip, Gram-pozitif, spor oluşturmeyen, kok veya çubuk, katalaz negatif, kesinlikle fermentatif mikroorganizma grubu olan laktik asit bakterileri (LAB) kullanılır (4). Bu bakteriler glikoz ve bakteriyosin, peroksit gibi gıdaların bozulmasına neden olan bakteri ve patojenlerin büyümesini önleyen antimikrobiyal maddelerden ana ürün olarak laktik asit üretmeleriyle karakterize edilirler (5). Ayrıca yağ asitleri, şekerler ve biyoaktif peptitler de dahil olmak üzere çok miktarda biyoaktif bileşik ürettikleri bilinmektedir (6). Bunun yanı sıra laktik asit bakterilerinin gıdanın nutrasötik profilini iyileştirmek için kullanımını yeni bir çalışma alanıdır (7). Fermentasyon prosesi ile etanol gibi basit bileşiklerden polisakkaritler, proteinler ve enzimler gibi karmaşık moleküllere kadar birçok biyoaktif metabolitlerin üretimi de gerçekleşmektedir (3). Bu süreçte üretilen bu biyoaktif maddeler yalnızca fermente edilen gıdanın raf ömrünü uzatmakla ve güvenliğini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda lipid modüle edici, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklara karşı bağışıklık güçlendirici, antimikrobiyal, anti-paraziter gibi etkileri ile gıdanın duyuşal özelliklerini, besin değerini ve kronik

<sup>1</sup> Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Veterinerlik Gıda Hijyeni ve Teknolojisi, AD, hyazgan@cu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-7520-3342

hastalıklara karşı biyolojik aktivitelerini de iyileştirir (8). Son yıllarda, fermentasyon aşamasında üretilen nutrasötik veya fonksiyonel gıda formülasyonlarında bileşen olarak kullanılabilme potansiyeline sahip biyoaktif bileşiklere odaklanılmaktadır (9). Antibiyotiklere dirençli bakteri türlerinin ortaya çıkması, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sentetik koruyucuların gıda ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ve tüketicilerin sentetik koruyucuların bu olumsuz etkileri konusunda bilinçlenmesi nedeniyle gıdalarda doğal antimikrobiyal ajanların kullanımına yönelik artan bir eğilim söz konusudur (10). Bu nedenle bu bileşiklerin çevre dostu işlevleri ve tüketicilerin doğal ve sentetik koruyucular içermeyen gıdalara olan talepleri nedeniyle gelecek yıllarda daha da önemli hale gelmesi beklenmektedir (11).

'Nutrasötik' terimi, 1989 yılında Dr. Stephen De Felice tarafından 'beslenme' ve 'farmasötik' kelimelerinden türetilmiştir (12). De Felice, nutrasötiği bir hastalığın önlenmesi ve/veya tedavisi için tıbbi veya sağlık faydaları sağlayan bir gıda veya gıdanın parçası olarak tanımlamıştır (13). Amerika Birleşik Devleti'nde yürürlüğe giren Gıda Takviyeleri Sağlık ve eğitim Yasası (DSHEA)'na göre ise ağızdan alınmak üzere gıdalara katılan sıvı veya toz halindeki mineral, vitamin amino asit, enzimler ve metabolitler ile bitkisel drog, organ dokuları, salgı bezleri 'Nutrasötik' terimi içerisinde değerlendirilmektedir (14). Nutrasötikler genel anlamda ilaç olarak değerlendirilmeyen ancak sağlıklı insanların korunmasında, normal fizyolojik işlevini değiştirmede ve sürdürmede önemli role sahip gıda veya gıdanın bir parçası olarak değerlendirilmektedir. Günümüzde fonksiyonel gıda ve nutrasötik terimi birbirinin yerine yaygın olarak kullanılmakta olup ABD'de nutrasötik veya fonksiyonel gıdalara yönelik bir mevzuat mevcuttur (15). Nutrasötik olarak kullanılan gıda ürünleri, diyet lifi, prebiyotikler, probiyotikler, çoklu doymamış yağ asitleri, antioksidanlar ve diğer farklı bitkisel/doğal gıda türleri olarak kategorize edilebilirler. Bu nutrasötikler kanser, artrit, kardiyovasküler hastalıklar, obezite, kolesterol, diyabet gibi çağımızın bazı önemli sağlık sorunları ile mücadelede yardımcı olmaktadır. 'Nutrasötik' gıda endüstrisinin araştırma odaklı bir sektör haline geldiği yeni bir tıp ve sağlık çağına yol açmıştır. Bu nedenle biyolojik olarak aktif bileşikler kullanılarak kimyasal ilaçlara ve diyet takviyelerine alternatif olarak toksik olmayan ve etkili yeni doğal farmasötik ajanların geliştirilmesine yönelik ilgi giderek artmaktadır. MarketsandMarkets'e göre, nutrasötik yardımcı madde pazarının değer açısından %7,7'lik bir bileşik yıllık büyüme oranı ile 2023 yılında 4,2 milyar ABD dolarından 2028 yılı itibariyle 6,1 milyar ABD dolarına ulaşması öngörülmektedir (16). Dünya genelinde nutrasötik pazarın büyümesinin başlıca nedeni sağlık açısından sağladığı faydalardır. Bu bağlamda, deniz ekosistemi

yeni ve çeşitli doğal biyoaktif bileşiklerin ideal bir kaynağını teşkil etmektedir. Deniz ekosisteminden üretilen yenilikçi ilaçlara olan yüksek talebin 2019-2025 yıllarını kapsayan dönemlerde de devam etmesi öngörülmektedir. Denizden üretilen ilaçlar için bildirilen küresel pazarın 2020 yılı itibariyle yaklaşık 10.486,8 milyar dolar olduğu ve bu pazarın beş yıl içerisinde %11,25 büyüyerek 2025 yılında 21.955,6 milyar dolara ulaşması beklenmektedir. Fermente deniz kaynaklı gıda ürünleri, yağ asidi, peptitler, bakteriyosin, polisakkaritler, fenolik bileşikler, organik asitler, karotenoidler dahil olmak üzere zengin bir biyoaktif bileşik kaynağı olarak tanımlanmaktadır (17). Bu nedenle bu kitap bölümünde fermente deniz ürünlerindeki biyoaktif bileşenlere genel bir bakış sunulmaktadır.

## **DENİZ ÜRÜNLERİNİN FERMANTASYON SÜRECİNDE ELDE EDİLEN NUTRASÖTİK BİYOAKTİF BİLEŞİKLER**

### **Yağ Asitleri**

Yağ asidi, bitkilerde hayvanlarda ve mikroorganizmalarda lipitlerin önemli bir bileşenidir. Lipidler bir molekül gliserol, üç molekül yağ asitlerinden oluşmaktadır. Yağ asidi, bir ucunda asit grubu (-COOH) ve diğer ucunda omega veya metil grubu (CH<sub>3</sub>) bulunan çift sayıda karbon atomundan oluşan düz bir zincirden oluşur (18). Yağ asitleri birbirinden zincir uzunluğu, doymamış bağların sayısı ve yeri bakımından ayrılmaktadır (19). Yağ asidi molekülünün karbon atomları arasında çift bağ yoksa doymuş yağ asitleri, çift bağ varsa doymamış yağ asitleri olarak adlandırılır. Doymuş yağ asitleri (SFA'lar), tekli doymamış yağ asitleri (MUFA'lar) ve çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar) olmak üzere 3 gruba ayrılırlar. SFA'lar ve MUFA'lar insan vücudu içinde sentezlenir, ancak PUFA'lar insanlar tarafından bilinen herhangi bir biyokimyasal yolla diğer bileşenlerden sentezlenemez (18). Bu nedenle, insan sağlığı için ihtiyaç duyulan gerekli yağ asitlerinin beslenme yolu ile sağlanması gerekir. PUFA'lar birden fazla çift bağ içerir ve karbon uzunluğuna göre iki gruba ayrılırlar; 16 veya 20 karbon atomlu kısa zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (SC-PUFA) ve 18'den fazla karbon atomlu uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (LC-PUFA). PUFA'lar, dokosaheksaenoik asit (DHA, C<sub>22</sub>: 6 n-3), eikosapentaenoik (EPA, C<sub>20</sub>: 5 ω-3) ve araşidonik asit (ARA, C<sub>20</sub>: 4 ω-6) gibi omega-3 (ω-3) ve omega-6 (ω-6) asitlerini içerir. ω-3PUFA yağ asitleri içerisinde en önemli yağ asitleri EPA ve DHA, besin zinciri yolu ile deniz ürünlerinde birikmektedir. Bu yağ asitleri ilk olarak deniz algleri tarafından sentezlenir, daha sonra plankton ve diğer küçük deniz canlıları tarafından tüketilerek onların bünyesine yerleşir ve böylece besin zincirine katılmış olur. Deniz balıkları, deniz

ürünleri ve algler yalnız sağlık için fayda sağlamakla kalmaz aynı zamanda birçok hastalığı önlemede işlevsel takviyeler olarak önerilen, temel besin ve biyoaktif bileşikler olarak kabul edilen  $\omega$ -3 PUFA'ların en iyi kaynaklarıdır (20,21). Birçok deniz canlılarının sergilediği sağlık faydaları içerdikleri  $\omega$ -3 çoklu doymamış yağ asitlerinden ( $\omega$ -3 PUFA) kaynaklanmaktadır. PUFA'ların özellikle EPA ve DHA'nın tip 2 diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, inflamatuvar bağırsak bozuklukları, depresyon, şizofren, astım, kanser, artirit, böbrek ve cilt bozuklukları gibi birçok hastalığın önlenmesinde ve tedavisinde etkili olduğu bildirilmiştir (22).

Fermente balık ürünleri dünya genelinde sadece protein kaynağı değil, aynı zamanda esansiyel yağ asitleri (PUFA) kaynağı olarak da kabul edilir. Fermentasyon sürecinde balık dokusunun ilk özelliklerini değiştiren karmaşık biyokimyasal reaksiyonlar meydana gelir. Proteoliz veya protein dekarboksilasyonu, çok sayıda peptit ve amino asit oluşturan biyokimyasal değişikliklerden biridir. Lipoliz ve lipit oksidasyonu da fermentasyon sırasında meydana gelen diğer iki önemli biyokimyasal reaksiyondur. Bu nedenle  $\omega$ -3 çoklu doymamış yağ asitlerinden en önemlisi olan EPA ve DHA, *Pediococcus acidi-lactici* NCIM5368 gibi bir LAB kültürü kullanılarak balık işleme endüstrilerinden gelen atıkların fermantasyonu yoluyla üretilebilir (23). Deniz yosunları da anti-hipertansiyon, anti-inflamasyon, anti-arterioskleroz ve immün düzenleyici etkiler gösteren PUFA'lar açısından zengindir (24). Ayrıca lipazları inhibe eder ve anti-hiperlipidemi aktiviteleri gösterirler (25). Bu nedenle, fermantasyon süreci deniz yosunlarının yağ asidi seviyelerini artırmak ve diyabet ve hiperlipidemiyi önlemek için faydalı olabilir. Deniz yosununun maya kullanılarak fermantasyonu, protein, vitamin, mineral esansiyel amino asit ve yağ asidi içeriğini geliştirerek besin değerini artırabilir ve sindirilebilirlik değerini iyileştirebilir (26). Karides ve karidesten elde edilen besinler, araşidonik asit (AA), EPA ve DHA dahil olmak üzere çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) iyi bir kaynağı olarak görülmektedir (27). Son yıllarda, karides ezmesi, karides atığı, karides sosu gibi fermente edilmiş karideslerin fermantasyon süreci sırasında biyokimyasal, besinsel ve duyuşsal özellikleri hakkında kapsamlı çalışmalar yapılmıştır.

Fermente edilen balıklarda MUFA ve PUFA seviyelerinin SFA'dan daha yüksek olduğu gözlemlenmiş olup artan doymamış yağ asitleri seviyesi balık ve karides ezmesindeki serbest dokosaheksaenoik asidi (DHA) seviyesinin de artmasına neden olmuştur. Xu ve ark. (28), az tuzlu fermente balıklarda yağ asidi bileşimi üzerinde fermentasyon sürecinin ve başlangıç (starter) kültür aşılmasının etkilerini incelemiştir. Elde edilen sonuçlar, başlangıç kültürlerden bağımsız olarak fermantasyon süreci sonrasında balıklarda MUFA ve PUFA seviyelerinin

doymuş yağ asitleri (SFA) oranından daha yüksek olduğunu göstermiştir. Ayrıca, başlangıç kültürlerin kullanımının fermantasyon sırasında çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) kaybını önleyebileceğini belirtmişlerdir. Yapılan bir diğer çalışmada fermente balık yağının, fermente edilmemiş balık yağına oranla önemli ölçüde daha yüksek DHA ve EPA içerdiği bildirilmiştir. Fermente balık atıkları ile beslenen tavuklarda, kolesterol konsantrasyonunda azalma, DHA konsantrasyonunda artış görüldüğü ayrıca tavukların ürettiği yumurtalarda uygun n-6/n-3 oranı ile sonuçlandırıldığı belirtilmiştir. Fermente balık atıklarından fermentasyon işlemi ile elde edilen yağın, formik sitle yapılan işleme göre daha kaliteli olduğu saptanmıştır (29). Koji fermente balık sosunda yağ asitleri bileşimindeki değişimi inceleyen çalışmada, özellikle EPA ve DHA olmak üzere PUFA içerikleri 270 günlük fermantasyon süresi boyunca stabil kalmıştır. Hindistan'ın Kuzeydoğu bölgesine özgü fermente bir balık ürünü olan Shidal'ın, linoleik ve linolenik asitler gibi temel yağ asitleri açısından zengin bir kaynak olduğu bildirilmiştir. Fermente kaplan balığının (*Hydrocynus spp.*), taze balığa (40,04 mg/g) kıyasla önemli ölçüde daha düşük toplam yağ asidi içeriğine (26,66 mg/g) sahip olmasına rağmen, fermente balıklarda DHA ve eikosapentaenoik asit (EPA) içeriği taze balığa (1,46 ve 2,28 mg/g) kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Hamsi balık ezmesindeki yağ asidi miktarındaki değişimin fermantasyon süresince her yağ asidi için farklı olduğunu, bazı yağ asitlerinin (palmitik asit, kaprilik asit, miristik asit, palmitoleik asit, laurik asit, linolenik asit ve oleik asit) fermantasyon süresince azaldığını, bazılarının ise (kaprik asit, stearik asit, EPA ve DHA) arttığını bildirmiştir. Kahverengi deniz yosununun (*Monascus spp.*) fermantasyonu stearik asit (18:0), palmitik asit (16:1), araşidik asit (20:0), oleik asit (18:1n9c) ve linoleik asit (18:2n6c) içeren yağ asitlerinin seviyesini artırmıştır. Kore fermente Saewoojeot karides ezmesinin yüksek seviyelerde doymamış yağ asidi ve çoklu doymamış yağ asitleri içerdiği bildirilmiştir (30). Peralta ve ark. (31) ayrıca tuzla fermente edilmiş karides ezmesinin yüksek yağ asidi içeriğine, özellikle palmitik asit, EPA ve DHA sahip olduğunu bildirmiştir. Pongsetkul ve ark., (2017), tuzla fermente edilmiş karidesin PUFA içeriğinin fermantasyon süresinin artmasıyla kademeli olarak arttığını, SFA ve MUFA içeriğinin ise azaldığını gözlemlemiştir. Bu durum, SFA ve MUFA seviyelerinin fermantasyon sırasında mikroorganizmalar tarafından makul düzeyde tüketildiği için azalmasına, PUFA'nın ise uzun süreli fermantasyon sırasında bazı tuza dayanıklı mikroorganizmalar tarafından üretilmesinin muhtemel olmasına bağlanmıştır. Bununla birlikte Peralta ve ark. (31), *Acetes spp.*'den üretilen Filipin tuzuyla fermente edilmiş karides ezmesinin PUFA miktarının 360 günlük

fermantasyon süresi boyunca önemli ölçüde değişmediğini belirtmiştir. Vahşi deniz karidesinden (*Acetes chinensis*) üretilen Çin düşük tuzlu karides ezmesinin EPA ve DHA dahil olmak üzere yüksek miktarda PUFA içerdiği bildirilmiştir (32). Khairina ve ark. (33) göre, konsantre karides ezmesi ve tozu yüksek yağ asidi içeriğine sahip olduğundan dolayı ronto gibi fermente edilmiş karides ezmesi insan vücudu için yağ asidi kaynağı olarak kullanılma potansiyeline olduğunu belirtmiş. Bu nedenle de karides ezmesinin besleyici bir gıda kaynağı olarak kabul edilebileceğini belirtmiştir.

### **Peptitler**

Biyoaktif peptitler, peptit bağlarıyla birbirine bağlanan nispeten kısa zincirli amino asitlerden oluşur ve ticari olarak temin edilebilen enzim hidrolizi veya mikrobiyal fermentasyon yoluyla herhangi bir protein kaynağından üretilebilir (34). Genel olarak, bu peptitler 2-20 amino asit içerir ve biyolojik aktiviteleri moleküler ağırlıklarına ve amino asit dizilerine dayanmaktadır (35). Ana protein dizisi içinde inaktiftirler ve aktif hale gelmeden önce serbest bırakılmaları gerekir (36). Pepsin, tripsin, kimotripsin ve peptidazlar gibi sindirim enzimleriyle gastrointestinal sindirimle, fermentasyon sırasında bakteriyel proteinazlar ve peptidazlarla hidrolizle, mikroorganizmalardan veya bitkilerden elde edilen hidrolitik enzimlerle proteolizle veya bunların hepsinin bir kombinasyonu ile salınabilirler (37). Mikrobiyal fermentasyon, biyoaktif peptitlerin üretilmesinde en önemli yöntemlerden bir olmakla birlikte, ekonomik uygulanabilirliği ve enzimatik yöntemle göre daha çevre dostu olması nedeniyle endüstriyel düzeyde biyoaktif peptitlerin üretilmesi için ideal bir yöntem olarak bildirilmiştir (38,39). Ayrıca, fermentasyon ürünlerin organoleptik ve fizikokimyasal özelliklerini iyileştirmede önemli bir rol oynamakta ve mikrobiyal stabiliteyi artırmaktadır (35). Bununla birlikte, enzimatik hidroliz, deniz biyoaktif peptitlerinin üretilmesinde en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu yöntem, deniz kaynaklı proteinlerde biyoaktif peptitlerin üretilmesinde kullanılmaktadır. Başlıca deniz kaynakları kapelin (40), uskumru (41), sarı yüzgeç dil balığı (42), jumbo kalamar (43), mavi midye (44), yılan balığı (45), hoki (46), scad (47), Pasifik hake (48), Alaska pollack (49), morina (50), istiridye (51), ton balığı (52), sarı şerit (53) ve mikro-alglerdir (54). Fermente ürünlerdeki deniz biyoaktif peptitlerinin antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuvar, hipokolesterolemik, immünomodülatör, antihipertansif veya anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) inhibisyon aktivitesi, antidiyabetik ve antikanser aktiviteleri gibi çeşitli biyoaktivitelere sahip olduğu belirlenmiştir (55, 56, 57, 58, 59). Bu aktiviteler peptitlerin şekli, boyutu ve hidrofobisitesi gibi

moleküler özelliklerine bağlıdır. Dolayısı ile kimyasal ilaçlara ve doğal alternatiflere olan ilginin artması, araştırmacıları gıda veya farmasötik bileşenlerin terapötik tüketimi için biyoaktif peptitlerin oluşumunu araştırmaya teşvik etmiştir. Balık, karides ezmesi gibi fermente deniz ürünleri doğal bir protein hidrolizat kaynağı olarak kabul edilir ve biyoaktivite potansiyeli olan karmaşık bir peptit karışımı içerir (60). Yin ve ark. (61) tarafından fermente edilmiş uskumrudan elde edilen biyoaktif peptitlerin antioksidan kapasiteye sahip olduğunu belirlenmiştir. Ayrıca, fermente edilmiş balık sosundan izole edilen biyoaktif peptitlerin ACE inhibisyon enzim aktivitesi gösterdiği de bildirilmiştir (30). Thongthai ve Gildberg (62) tarafından hamsi sosundan elde edilen biyoaktif peptitlerin bağışıklık uyarıcı bir tepkiye sahip olduğu da gösterilmiştir.

### **Bakteriyosinler**

Bakteriyosinler, birçok laktik asit bakterisi tarafından üretilen bir peptit türüdür, gıda kaynaklı patojenler ve bozulma bakterileri üzerinde antimikrobiyal etkiye sahip olabilirler. Bakteriyosinler, temel yapılarına, moleküler ağırlıklarına, translayon sonrası modifikasyonlarına ve genetik özelliklerine göre sınıflandırılır. Başlangıçta dört farklı sınıfa ayrılmış olan bakteriyosinler son yıllarda üç ana sınıfa revize edilmiştir; sınıf I bakteriyosin, sıra dışı bir amino asit olan lantioninden oluşur ve lantibiyotikler olarak adlandırılırlar, sınıf II, küçük ısıya dayanıklı peptitler içeren lantioninden oluşmaz ve sınıf III bakteriyosin, büyük ve ısıya duyarlı peptitlerden oluşur ve bu nedenle gıdalarda koruyucu olarak çok az kullanılırlar (63).

Laktik asit bakterileri pediosinler, nisin, enterosinler ve laktisinler gibi çok çeşitli bakteriyosin üretir (64). Bu bakteriyosinler çoğunlukla çeşitli fermente ve fermente olmayan gıda maddelerinde bulunan laktik asit bakterilerinden türemiştir (65). Laktik asit bakterileri çığ balık ve karides, istiridye ve deniz balıklarının sindirim sisteminde yaygın olarak bulunur (66). Ayrıca kung-jom (fermente karides), pla-jom (fermente balık) ve hoi-dong (fermente midye) gibi Tayland fermente gıdalarında da bulunurlar (67). *Lactobacillus*, *Lactococcus* ve *Carnobacterium* gibi çeşitli laktik asit bakterileri de deniz ürünlerinden izole edilmiştir (68). Nanasombat ve ark. (69), tarafından yürütülen bir çalışmada, laktik asit bakterileri fermente midye (hoi-dong), karides (kung-jom) ve balık (pla-jom) ile çığ karides ve midyeden izole edilmiştir. Son zamanlarda, gıda endüstrisinde koruyucu olarak bakteriyosinin uygulanması, insan sağlığına zararlı etkileri olabilecek kimyasal koruyucuların kullanımı konusundaki endişelerin artmasıyla birlikte önemli ölçüde artmıştır. Bakteriyosin genellikle hücre duvarı biyosentezini

inhibe ederek ve/veya gözenek oluşumu yoluyla zarı bozarak hücre ölümüne neden olur. Doğal koruyucu ve gıda katkı maddesi olarak kullanılan GRAS (genellikle güvenli kabul edilir) bileşikleridir (70). Geniş yelpazede antimikrobiyal aktiviteye sahip bakteriyosin üreten laktik asit bakterilerinin kullanımı, olgunlaşma süresini hızlandırabilir, fermantasyon mikroflorasını kontrol edebilir, gıdanın güvenliğini artırabilir ve fermantasyon sırasında ürünlerin raf ömrünü uzatabilir. Ayrıca fermantasyon ve olgunlaşma döneminde belirli patojenik bakterilerin büyümesini inhibe ederek genellikle ürünlerin güvenlik yönlerini iyileştirir (71,72).

### **Polisakkaritler**

Polisakkaritler, glikozidik bağlarla birbirine bağlanmış bir dizi özdeş veya uzun monosakkarit biriminden oluşan önemli makromoleküler bileşiklerdir. Polisakkaritler hem deniz hem de kara organizmalarında yapısal işlevlere sahiptir (73). Hayvanlarda, bitkilerde ve mikroorganizmalarda yaygın olarak bulunurlar. Doğal olarak oluşan polisakkaritler, monosakkarit bileşimi, moleküler ağırlık, glikozidik bağlantı örüntüsü, yapılandırma ve yükleme özellikleri açısından çeşitli yapısal özellikler sergilemektedir. Bu çeşitli yapısal özellikler, polisakkaritlerin çözünürlük ve reolojik özellikler gibi fonksiyonel özelliklerini belirler ve bu da hem gıda hem de gıda dışı alanlarda kapsamlı uygulamalarına olanak tanır (74). Ayrıca biyolojik olarak parçalanabilirlik, biyoyumluluk, yapışkanlık özellikleri ve hidrojel oluşturma yeteneği dahil olmak üzere çeşitli kimyasal yapılar ve biyolojik özellikler de sunabilmektedirler (75). Deniz canlıları, çoğunlukla sülfatlı ve sülfatsız polisakkaritler olmak üzere polisakkaritler açısından zengindir ve iyi bir besin kaynağını temsil eder. Deniz polisakkaritleri çeşitli deniz canlılarından elde edilir ve onları gıda ürünlerine eklemek için uygun kılan bir dizi özellik sergiler; özellikle deniz bazlı polisakkaritler büyük miktarlarda suyu bağlayabilir ve gıda ürünlerine nüfuz etmesine olanak sağlar (76). Kozmetik endüstrisinde de yaygın olarak kullanılırlar. Ayrıca, biyoaktif maddelerin entegrasyonuna yönelik artan ilgiyle birlikte ilaç biliminde de yaygın olarak kullanılmaktadırlar (77). Deniz yosunları, alginatlar, agar ve agarozun yanı sıra karragenan da dahil olmak üzere deniz polisakkaritlerinin ana kaynağıdır. Bununla birlikte, kıkırdaklı balık dokusu ve kabuklu iskeletleri gibi deniz hayvanlarından da elde edilebilirler (78). Bazı polisakkaritler, bazı prokaryotlar gibi deniz mikroorganizmalarından da elde edilebilmektedir (79). Deniz kaynaklı polisakkaritler arasında, aljinat, karragenan, hyaluronan (hyaluronik asit) ve başlıca polisakkaritler olarak kitin ve kitosan mevcut ilaç endüstrisinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

Doğal kaynaklardan elde edilen biyoaktif polisakkaritler, sitotoksik olmayan özellikleri ve antioksidasyon, antikoagülan, antiherpetik, antiviral, anti-inflamatuar, anti-alerjik, antiobezite, immünomodülasyon ve antitümör gibi çeşitli faydalı etkileri nedeniyle ilgi çekmektedir (73-80). Fermantasyon, mikrobiyal etki ve depolimerizasyon yoluyla polisakkaritlerin çözünürlüğünü artırmaya yardımcı olur (11). Ayrıca fermantasyon sırasındaki mikrobiyal etki, hücre dışı enzim parçalanmasını kolaylaştırır veya sülfat galaktan gibi deniz yosunlarının sülfatlanmış polisakkaritini kimyasal olarak değiştirir, bu daha sonra deniz yosunlarından çıkarılabilir ve kolayca izole edilebilir (81). Bu nedenle, fermantasyon, polisakkaritleri çıkarmak için etkili ve üretken bir tekniktir, çünkü geri kazanım yüzdesi çözücü ekstraksiyonundan ve enzimatik sindirime göre çok daha yüksektir (82). Deniz yosunları, selüloz, glukoz, mannitol, agar, aljinat ve laminarin açısından zengindir ve bunların hepsinin fermantasyon yoluyla basit şekerlere kolayca hidrolize olduğu bildirilmiştir (83). Tabassum ve ark. (83) tarafından da mantarların kahverengi alglerin tüm polisakkaritlerini fermente edilebilir şekerlere dönüştürdüğü bildirilmiştir. Deniz yosunu (*Focus vesiculosus*), fucoidanları parçalamak için katı hal fermantasyonu ile *Aspergillus niger* ve *Mucor* türleri tarafından fermente edilebilir (84). Kendiliğinden fermente olan kahverengi alglerden (*Sargassum fulvellum*) türetilen polisakkaritlerin yüksek antikoagülan aktiviteye ve verimliliğe sahip olduğu bulunmuştur (85). 25 °C'de fermente edilen kırmızı deniz yosununun (*Grateloupia filicina*), muhtemelen daha yüksek moleküler ağırlıklı polisakkaritlere (>500 kDa) sahip olmasından dolayı 6 hafta içinde en yüksek antikoagülan aktiviteye ulaştığı bildirilmiştir. Puspamali ve ark. (85), tarafından yürütülen diğer çalışmada fermente edilmiş kırmızı deniz yosununun (*Lomentaria centenata*) heparinden (183 IU/mg, 62,5 µg/mL'de >1000 APTT aktivitesi) daha fazla antikoagülan aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur. Agar ve aljinat içeren alglerden elde edilen düşük molekül ağırlıklı polisakkaritlerin yeni prebiyotik kaynağı olarak kullanım için büyük potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir (86). Ayrıca Deville ve ark. (87) kahverengi alglerden elde edilen laminaranın yararlı bağırsak mikroflorasının büyümesini teşvik ederek insan bağırsak sağlığını iyileştirdiğini bildirmiştir. Fermente edilmiş alglerden elde edilen bazı polisakkaritlerin radyoprotektif etkilerinin yanı sıra prebiyotik ve antikoagülan özelliklere sahip olduğu bulunmuştur. Deniz yosunlarından elde edilen polisakkaritler ve oligosakkaritler, bağırsak metabolizmasını düzenleme, patojen yapışmasını önleme ve potansiyel olarak iltihaplı bağırsak hastalıklarını tedavi etme potansiyeline sahip olduğu da bildirilmiştir (86, 87,88).

## **Fenolik bileşikler**

Fenolik bileşikler, aromatik bir halkaya sahip bir veya daha fazla hidroksil grubu içeren bitkiler, mikroorganizmalar ve algler tarafından üretilen ikincil metabolitler ve bunların fonksiyonel türevlerini içerir (89). Bu bileşikler, anti-inflamatuar, antioksidan ve anti-alerjik özellikler olmak üzere çok çeşitli biyolojik aktivite ile karakterize edilir. Ayrıca bu bileşikler nutrasötik ve fonksiyonel bileşenler olarak kullanılma potansiyeline sahiptir. Antioksidan kapasiteleri nedeniyle hem insan hem de hayvan besinlerinin önemli bileşenleri olarak kullanılırlar. Fenolikler çeşitli karasal ve deniz bitkilerinde bulunur (90). Hayvansal dokularda ve bitki dışı materyallerde fenolik bileşiklerin varlığı genellikle bitki kaynaklı gıdaların tüketilmesinden kaynaklanır. Bazı fenolik türleri hem karasal hem de deniz canlılarında bulunurlar ancak folotanninler ve bromofenoller gibi fenolikler ise yalnızca deniz kaynaklarında bulunur (91, 92). Deniz canlılarında fenolik bileşiklerin doğal üretimi, UV radyasyonu, tuzluluk, besin bulunabilirliği ve sıcaklık gibi ekolojik koşullarla ilgilidir (93, 94, 95, 96). Fenolik bileşiklerin miktarı ve türü, alg türlerine (kırmızı, yeşil ve kahverengi), coğrafi konuma, büyüme mevsimine ve çevresel strese bağlı olarak değişir (97, 98). Deniz canlıları, basit fenolik asitler, flavonoid ve daha karmaşık folotaninler, bromofenolik bileşikler içeren fenolik bileşiklerin zengin bir kaynağıdır. Deniz kaynaklarından izole edilen fenollerin çoğu makro-alg kökenlidir (99). Bunlar besin zinciri yoluyla makro-alglerden balıklara ve omurgasız otçullara aktarılabilir. Ayrıca makro-alg ve deniz ürünlerinin tüketimi yoluyla insan besinlerine de girerler.

Bromofenolik bileşikler tüm makro-alg gruplarında (kırmızı, yeşil ve kahverengi) ve siyanobakterilerde bulunmuştur (91). Bununla birlikte, doğal bromofenollerin ana kaynağı kırmızı alglerdir (100). Yengeçler, karidesler ve balıklar gibi deniz canlıları bunları besin zinciri yoluyla tüketir. Deniz alglerinde ise fenolik asitler ve flavonoidler bulunur. Flavonoidlere ve iki ana fenolik asit grubu olan hidroksisinnamik ve hidroksibenzoik asitlere ait olan flavonoller, deniz canlılarında en çok tanımlanan fenolik bileşiklerdir (101, 102, 103). Florotanninler, alglerden elde edilen fenoliklerin en çok çalışılan grubudur ve sadece kahverengi alglerde bulunurlar, karasal bitkilerde bulunmayan benzersiz bir yapıya sahiptirler. Kahverengi alglerdeki hücre duvarının yapısal bileşeni olan bu yapılar, UV radyasyonundan korunma ve otlatmaya karşı savunma gibi ikincil metabolitlere benzer kimyasal savunmalar olarak da görev yapar (95). Ayrıca konsantrasyonları, habitat, hasat zamanı, ışık yoğunluğuna maruz kalma ve besin maddesine göre değişmekle birlikte, kahverengi alglerin kuru ağırlığının %25'ini

oluşturabilir (90). Florotaninlerin antimikrobiyal (104), antioksidan (105), anti-HIV (106), antiproliferatif (107), antikanser (108), antiinflamatuvar (105), antidiyabet (101-109) anti-alzheimer hastalığı (101), anti-aşırı duyarlılık (110), antikoagülan (99) ve radyoprotektif (111) gibi çok sayıda biyolojik/farmakolojik özelliğe sahip olduğunu gösteren önemli miktarda araştırma bulunmaktadır.

Fermantasyon, daha düşük maliyetle gıda ve biyoaktif bileşikler üretmek için güvenli ve temiz bir teknolojidir (112). Fermantasyon sürecinde mikrobiyal aktivitenin substrat bileşenlerini değiştirdiği ve karmaşık gıda matrislerini basit, biyolojik olarak aktif bileşiklere metabolize ettiği bulunmuştur (113). Bu nedenle, deniz yosunu fermantasyonundan biyoaktif bileşiklerin üretimi, deniz yosunlarında doğal olarak bulunan bazı fenoliklerin belirli mikroorganizmalar tarafından daha yüksek biyoaktiviteye sahip çok daha basit bir forma dönüştürülmesi nedeniyle ümit vericidir (114). Dahası, fermantasyon bitki hücre duvarlarının yapısal parçalanmasına neden olur, bu da fermente ürünlerdeki fenolik bileşiklerin salınmasına ve sentezlenmesine yol açar, böylece bu sağlık geliştirici fitokimyasalların işlevselliğini artırır (115, 116). Ayrıca, deniz yosunları ucuz ve bol miktarda bulunan yenilenebilir deniz ürünleridir. Selüloz, laminarin, gluklan, mannitol, aljinat ve agar açısından zengin olduklarından, uygun mikroorganizmalarla fermantasyon sürecinde kolayca basit şekere hidrolize edilebilirler (83). Fermentasyon sürecinin kahverengi deniz yosununun toplam fenolik ve flavonoid içeriğini önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir (117). Fermente deniz yosunu ürünleri, fermantasyon süreci boyunca artan polifenol içeriği nedeniyle, fermente edilmemiş deniz yosununa kıyasla daha yüksek bir antioksidan aktivite gösterdiği bildirilmiştir (116). Birçok çalışmada, fermente edilmiş deniz yosunlarının artan antioksidan kapasitesinin büyük olasılıkla fermantasyondan sonra artan fenolik içeriğinden kaynaklandığı belirtilmiştir (116, 118, 119, 120). Toplam fenolik içerik ile antioksidan aktivite arasında önemli bir korelasyon olduğu bildirilmiştir (121,122, 123, 124).

### **Organik asitler**

'Organik asit' terimi asidik özelliklere sahip karbon içeren organik bileşikleri ifade eder. Organik asitler, hidroliz, biyokimyasal metabolizma ve mikrobiyal aktivite sonucu fermente edilmiş gıdalarda olmak üzere birçok gıdada doğal olarak bulunur (125). Laktik asit, sitrik asit, fumarik asit, süksinik asit, oksalik asit, humik asit ve gallik asit gibi organik asitler hem kimyasal hem de mikrobiyal fermantasyonla ticari olarak üretilmektedir (126). Laktik asit kimyasal sentez veya fermantasyonla üretilebilmesine rağmen, günümüzde endüstriyel laktik asit

bakteri üretiminin %95'inden fazlası fermantasyonla üretilmektedir (127). Bu organik asitler, gıdalarda doğal olarak bulunan veya başlangıç kültürler eklenen mikroorganizmaların fermantasyon aktivitesiyle üretildikleri için zamanla birikebilirler (128, 129). Besin maddesi olarak kabul edilmeseler de gıdalara karakteristik bir tat verirler. Bu nedenle gıdanın tat, renk ve aroma gibi organoleptik özelliklerine en büyük katkıyı sağlayanlar arasında yer alırlar (130,131,132). Ayrıca gıdanın kalitesini ve besin değerini korumada da önemli bir rol oynarlar. Genel olarak laktik, asetik ve propiyonik asit gibi organik asitlerin, asitleştirme işlevi nedeniyle gıda ürünlerinin pH'ını bakteri üremesini önleyen seviyelere düşürerek bakteri üremesini azalttığı kabul edilir (133,134,135). Dahası, asitler doğrudan Gram-negatif bakterilerin hücre duvarı üzerine etki edebilir ve proton motivasyon kuvvetlerinin başarısızlığına neden olarak patojenik bakterilerin kolonizasyonunu azaltabilir (136). Asetik asit laktik asitten daha inhibitördür ve ayrıca mayaları, küfleri ve bakterileri inhibe eder (137).

Organik asitler genellikle bozulmayı önlemek ve gıdaların raf ömrünü uzatmak için gıda katkı maddeleri ve koruyucuları olarak kullanılır (138-132). Organik asitlerin gıda ve içecek muhafazası, sabun üretimi, ilaçlar ve farmasötik ürünler, endüstriyel çözücü, parfüm hazırlama, yağ ve gaz uyarım işlemi gibi birçok endüstride kapsamlı ve çok yönlü uygulamalara sahip olduğu bilinmektedir (126). Fermente gıdalarda organik asidin kantitatif tayini teknik, besinsel, duyu ve mikrobiyal nedenlerden dolayı büyük önem taşır (139). Aynı zamanda laktik asit, balık etindeki başlıca organik asittir. Balıkların depolanması sırasında asetik asit, propiyonik asit, formik asit gibi bazı organik asitler üretilir (140). Tavşan balık etinden elde edilen balık sosundaki toplam organik asit miktarı ve değerlerinin, 180 günlük fermantasyon sonunda çiğ et balık soslarındaki organik asit miktarından (975-1096 mg/ml) daha yüksek (2919 mg/100 ml) olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çiğ tavşan balık sosları yüksek düzeyde laktik asit içermektedir (140). Chuon ve ark. (141), tarafından yapılan çalışmada prahok (balık ezmesi), kapi (karides ezmesi) ve toek trey (balık sosu) içeren fermente balık ürünlerinde en bol bulunan organik asidin asetik asit olduğu, en yüksek konsantrasyonun 1,9-26,6 g/kg olduğu bildirmiştir. Diğer yandan, laktik asit miktarının ise 0,4-12,9 g/kg aralığında olduğu belirtilmiştir. Laktik asidin, geleneksel Çin düşük tuzlu fermente bütün balık ürünleri Saunyu'da baskın organik asit olduğu bulunmuştur. Ayrıca, tüm Saunyu örneklerinde asetik asit bulunduğu bildirilmiştir (145). Riebroy ve ark. (143), Tahi geleneksel fermente kıyılmış balık Som-fug'daki laktik asit içeriğinin %1,21 ila %2,17 arasında değiştiğini belirtmiştir. Ayrıca, laktik asidin tüm örneklerde ana organik asit olduğunu, ancak sitrik asit, süksinik asit ve pirüvik

asidin yalnızca bazı örneklerde bulunduğunu bildirmişlerdir. Fermente balık atığı silajlarında laktik asit bakterilerinin üremesine bağlı olarak laktik, asetik, süksinik ve propiyonik asit gibi organik asitlerin oluştuğu bulunmuştur (29). Wang ve ark. (144), tarafından yapılan çalışmada, hamsi balıklarından üretilen fermente balık soslarında sitrik asit, malik asit, laktik asit, kreatin, aminoadipik asit, azelaik asit ve linolenik asit gibi organik asitler gözlenmiştir. Ayrıca fermentasyon süresince sitrik asit ve malik asit seviyelerinde tutarlı bir artış, laktik asit seviyelerinde ise azalma olduğu bildirilmiştir.

### **Karotenoidler**

Karotenoidler doğada en yaygın doğal pigmentlerdir ve bitkiler, filamentli mantarlar, maya, bakteri ve algler gibi mikroorganizmalar dahil olmak üzere fotosentetik organizmalar tarafından sentezlenirler. İnsanlar ve hayvanlar karotenoidleri sentezleyemedikleri için, bunlar besinlerden elde edilmelidir (145, 146). Algler veya karotenoidler açısından zengin yiyeceklerle beslenen deniz canlıları bu pigmentlerin renklerini sergileyebilir. Karotenoidler, meyvelerin, bitki yapraklarının ve çiçeklerin turuncu-kırmızı ve sarı renklerinden, ayrıca kabuklu deniz canlılarının kabuklarından, balık etinden ve derisinden sorumludur (147, 148). Kimyasal yapılarına göre genel olarak iki gruba ayrılırlar; astaksantin, lutein, kantaksantin,  $\beta$ -kriptoksantin ve zeaksantin gibi en az bir oksijenli fonksiyonel grup içeren ksantofiller (filoksantinler) ve sadece hidrokarbon iskeleti içeren likopen,  $\alpha$ -karoten ve  $\beta$ -karoten pigmentleri gibi karotenlerdir (149).

Ticari üretimleri için mikrobiyal karotenoidlerin en önemli kaynakları mikroalglerdir. *Haematococcus pluvialis* ve *Dunaliella salina* astaksantin ve  $\beta$ -karoten üretmek için uzun zamandır kullanılmaktadır (150). Ayrıca, fukoksantin ve astaksantin, deniz yosunlarında veya deniz alglerinde en bol bulunan ve doğal olarak üretilen karotenoid pigmentleridir (151). Kabuklular, diğer hayvanlar gibi karotenoidleri sentezleyemezler ancak bu pigmentleri aldıkları besinlerden verimli bir şekilde emebilirler (152). Bu nedenle, kabukluların kabuk atıkları astaksantin, lutein ve zeaksantin gibi ticari açıdan önemli karotenoidlerin kaynağı olarak kabul edilir (153). İşlenmiş karides ve yengeç kabuğu atıklarındaki karotenoid miktarı 119 ile 148  $\mu\text{g/g}$  arasında değişmektedir. Langostilla, karides, yengeç ve kril kabuğunda bulunan karotenoidlerin balıklarda pigmentasyona neden olduğu bildirilmiştir (154). Astaksantin diğer karotenoidlerden daha iyi antioksidan özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir (153). Karotenoidler ayrıca balıklarda çok çeşitli renklerin oluşmasını sağlarlar ve bu balıkların çeşitli renklere sahip olması ticari pazarda daha yüksek bir gelir getirdiği için kalite açısından temel

kriterdir. Lutein (yeşilimsi sarı),  $\beta$ -karoten (turuncu), alfa,  $\beta$ -doradoksantinler (sarı), zeaksantin (sarı-turuncu), kantaksantin (turuncu-kırmızı) ve astaksantin (sarı) gibi karotenoidler balıklarda yaygın olarak bulunur. Karotenoidler arasında astaksantin genellikle kırmızı balıklarda bulunur, örneğin somonun pembe rengi astaksantinden kaynaklanmaktadır. Hem deniz hem de tatlı su balıklarında yaygın olarak bulunur; ancak lutein tatlı su balıklarında çok yaygındır (18-155).

Karotenoidler, antioksidan, anti-proliferatif, foto-koruma, yara iyileştirme ve koroner kalp hastalığı ve kanser riskini azaltmanın yanı sıra göz sağlığını iyileştirme gibi sağlık faydalarına yol açabilen pro-vitamin A aktivitesi dahil olmak üzere geniş bir biyoaktivite yelpazesine sahiptir. Ayrıca lutein ve zeaksantin, gözün makulasının mavi ışıktan zarar görmesini önlediği bildirilmiştir (18). Sedef hastalığı ve cilt inflamatuvar patolojisi olan hastalarda karotenoidlerin yararlı etkileri gözlenmiştir (156). Karotenoidler ayrıca kozmetik endüstrisinde koruyucu olarak ve antioksidanlar veya alg biyoaktif ajanlarıyla birlikte ve güneşin UV ışığından korumak için losyonlarda ve kremlerde kullanılır (157). Biyolojik aktivitelerine bakılmaksızın, seçilmiş karotenoidler gıda renklendiricisi ve yemlerde pigment olarak yaygın olarak kullanılır (158). Karotenoidlerin biyolojik özellikleri geniş yelpazede ticari uygulamalara olanak tanır. Doğal kaynaklardan elde edilen karotenoidlere olan talebin artmasıyla, kimyasal sentez yerine biyolojik kaynaklardan karotenoid üretimini iyileştirme çabaları artmıştır (159). Mikroorganizmalardan karotenoid üretimi, bitkilerden daha yüksek verime sahip olması, partiden partiye daha az değişkenlik göstermesi ve mevsimsel veya coğrafi değişkenlik göstermemesi nedeniyle endüstriyel uygulamalarda tercih edilmektedir (160,161). Karotenoid üretimi, son zamanlarda mikro-alglerin endüstriyel karotenoid üretiminin ana kaynağı olması nedeniyle mikro-alg biyoteknolojisindeki en etkili faaliyetlerden biri haline gelmiştir (162).

Gıda endüstrisinde fermantasyondan türetilen bileşiklerin kullanımı artmakta ve dolayısı ile fermantasyon yoluyla gıda sınıfı karotenoidlerin üretimi gelişme aşamasındadır (158). Karotenoidler asitler tarafından parçalanmaya meyilli olduklarından, fermantasyon süreci karotenoidlerin kararlılığı üzerinde yararlı etkilere sahip olabilir (163). Bu nedenle, laktik asit fermantasyonu karotenoidlerin elde edilmesi için uygun bir süreç olabilir. Doğal ürünlerdeki  $\beta$ -karoten içeriğinin ve indikatör bileşenlerin içeriğinin fermantasyonla artırılabilirliği belirtilmiştir (164). Karides biyolojik atıklarından fermantasyonla elde edilen karotenoidin %72 olduğu ve bu nedenle doğal probiyotiklerle geri kazanımın, verimliliği ve ekonomisi nedeniyle karotenoidlerin çıkarılmasında kullanılan tehlikeli kimyasal yöntemlere alternatif olabileceği bildirilmiştir (165). Dharmaraj ve ark. (158),

deniz süngeri *Callispongia diffusa*'dan izole edilen *Streptomyces* suşunun (AQBWWS1), floresan beyaz ışık altında fermantasyondan sonra gıda sınıfı karotenoidler ürettiğini bildirmiştir. En yüksek  $\beta$ -karoten içeriği, 6 saat boyunca oda sıcaklığında ultrasonik ekstraksiyona tabi tutulan fermente edilmiş *Spirulina maxima* ürünlerinde bulunmuştur (166). Fermente edilmiş ve asit silajlanmış karides atıklarından karotenoidlerin geri kazanımı 75 günlük depolama süresi boyunca değerlendirilmiştir. Yağdan ekstrakte edilen karotenoidlerin verimi, 75 günlük depolamadan sonra her iki silaj tipinde de başlangıç veriminden daha yüksek olduğu görülmüştür. Fermente edilmiş silajda 31,30  $\mu\text{g/g}$  ve asit silajda ise 26,18  $\mu\text{g/g}$  seviyelerinde tespit edilmiştir. Bhaskar ve ark. (167) tarafından yapılan bir çalışmada, fermente edilmiş karides atıklarından elde edilen karotenoidler, 72 saatlik fermantasyonun sonunda %72'den fazla olduğu bildirilmiştir. Fermente edilmiş atıklarda (1,25 g/g) fermente edilmemiş atıklara (0,96 g/g) kıyasla daha yüksek karotenoid seviyeleri gözlenmiştir.

## **SONUÇ**

Deniz ürünleri, çoklu doymamış yağ asitleri, temel mineraller ve vitaminlerin önemli bir kaynağıdır. Ayrıca insan beslenmesinin bir parçasıdır ve dünyadaki yaklaşık 3,1 milyar insanın günlük ortalama hayvansal protein alımının neredeyse %20'sini sağlar (167). Balık ve diğer deniz ürünlerine olan küresel talebin artmasıyla birlikte, bu ürünlerin oksidasyona duyarlılığı, bozulmaya karşı hassas olması ve mevsimsel bulunabilirliği gibi çeşitli zorlukları, gıda endüstrisini ve araştırmacıları tuzlama, tütsüleme, dondurma ve fermantasyon gibi çeşitli koruma yöntemleri geliştirmeye yöneltmiştir. Bu yöntemler, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan düşük maliyetli, kullanışlı koruma yöntemleridir. Bu yöntemler arasında, fermente balıkçılık ürünlerine olan ilgi son yıllarda dünya genelinde artmaktadır. Fermente deniz ürünlerinden elde edilen biyoaktif bileşiklerin nutrasötik ve insan sağlığını iyileştirici yeteneklerine ilişkin farkındalık son on yılda artmıştır. Fermantasyon, özellikle balık, deniz yosunu, karides gibi deniz organizmaları olmak üzere doğal kaynaklardan biyolojik olarak aktif bileşenlerin üretimi veya elde edilmesi için büyük potansiyele sahip bir teknolojidir. Bu alanda yeniden kullanılan atıklar, bulunabilirlikleri, düşük maliyetleri ve farklı nutrasötik biyoaktif bileşiklerin elde edilmesine olanak tanıyan özellikleri ve ayrıca çevre dostu bir alternatif olmaları nedeniyle özellikle ilgi çekicidir. Geleneksel fermente deniz ürünlerinin üretimi dünyada uzun süredir devam eden bir endüstri olmasına rağmen, yalnızca birkaç üretim yaklaşımı ticarileştirilmiştir. Biyoaktif bileşikler üzerindeki mikrobiyal etkinin ayrıntılı mekanizmalarını keşfetmek, deniz

fermente ürünlerindeki nutrasötik biyoaktif bileşiklerin içeriğini iyileştirmek ve biyojenik aminler gibi belirli toksik bileşiklerin varlığını sınırlamak için farklı analitik yaklaşımlara ihtiyaç vardır.

## **KAYNAKÇA**

1. Septembre-Malaterre A, Remize F, Poucheret P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. *Food Research International* ;2018; 104:86-99.
2. Hashemi SMB, Gholamhosseinpour A, Mousavi Khaneghah A. Fermentation of acorn dough by lactobacilli strains: Phytic acid degradation and antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*; 2019;100:144-149. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.054> (October 2018).
3. Xiang H, Sun-Waterhouse D, Waterhouse GI, et al. Fermentation-enabled wellness foods: A fresh perspective. *Food Science and Human Wellness*; 2019; 8(3): 203-243.
4. Kaban G, Kaya M. Identification of lactic acid bacteria and Gram-positive catalase-positive cocci isolated from naturally fermented sausage (sucuk). *Journal of food science*; 2008; 73(8): M385-M388.
5. De Vuyst L, Leroy F. Bacteriocins from lactic acid bacteria: production, purification, and food applications. *Journal of molecular microbiology and biotechnology*; 2007; 13(4):194-199.
6. Hayes M, García-Vaquero M. Bioactive compounds from fermented food products. In *Novel Food Fermentation Technologies*, Springer, Cham; 2016; 293-310.
7. De Marco Castro E, Shannon E, Abu-Ghannam N. Effect of fermentation on enhancing the nutraceutical properties of *arthrospira platensis* (Spirulina). *Fermentation*; 2019; 5(1):28.
8. Limón RI, Peñas E, Torino MI, et al. Fermentation enhances the content of bioactive compounds in kidney bean extracts. *Food chemistry*; 2015;172:343-352.
9. Verardo V, Gómez-Caravaca AM, Tabanelli G. Bioactive components in fermented foods and food by-products. *Foods*; 2020; 9(2), 153.
10. Yazgan H, Kuley E, Özogul Y. Investigation of bioactive compounds and antimicrobial properties of aqueous garlic extracts on important food-borne zoonotic bacteria for food applications. *Biomass Conversion and Biorefinery*; 2022; 4:1-8.
11. Chye FY, Ooi PW, Ng SY, et al. Fermentation-derived bioactive components from seaweeds: Functional properties and potential applications. *Journal of aquatic food product technology*; 2018; 27(2):144-164.
12. Maddi VS, Aragade PD, Digge VG, et al. Phcog Rev.: Short Review Importance of Nutraceuticals in Health Management. *Pharmacognosy Reviews*; 2007; 1(2).
13. Wildman RE. Nutraceuticals and functional foods. In *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods* (pp. 3-22). CRC Press;2019.
14. Başaran AA. Nutrasötikler. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences*; 2008; 28(6):146-149.
15. Kalra EK. Nutraceutical-definition and introduction. *Aaps Pharmsci*;2003; 5(3):25.
16. [https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/nutraceutical-excipient-market-247060367.html?utm\\_source=mailchimp.com&utm\\_medium=email\\_fb\\_eu&utm\\_campaign=nutraceutical-excipient-market\\_060924](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/nutraceutical-excipient-market-247060367.html?utm_source=mailchimp.com&utm_medium=email_fb_eu&utm_campaign=nutraceutical-excipient-market_060924).

17. Broncano JM, Otte J, Petrón MJ, et al. Isolation and identification of low molecular weight compounds from fermented “chorizo” sausages. *Meat Science*; 2012; 90(2): 494–501.
18. Ashraf SA, Adnan M, Patel M, et al. Fish-based bioactives as potent nutraceuticals: Exploring the therapeutic perspective of sustainable food from the Sea. *Marine Drugs*; 2020; 18(5):265.
19. Fidanbaş ZUC, Bilgin Ş, Ertan ÖO. Bazi Deniz Balıklarının Aminoasit-Yağ Asiti İçerikleri Ve Beslenme Açısından Önemi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*; 2015;11(2):45-59.
20. Luchtman DW, Song C. Cognitive enhancement by omega-3 fatty acids from childhood to old age: findings from animal and clinical studies. *Neuropharmacology*; 2013;64:550-565.
21. Wen YT, Dai JH, Gao Q. Effects of Omega-3 fatty acid on major cardiovascular events and mortality in patients with coronary heart disease: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*; (2014); 24(5):470-475.
22. Fernandes I, Pinto R. Fatty Acids Polyunsaturated as Bioactive Compounds of Microalgae: Contribution to Human Health. *Glob J Nutri Food Sci*; 2019;2 (1): GJNFS. MS. ID, 526.
23. Rai AK, Bhaskar N, Baskaran V. Bioefficacy of EPA–DHA from lipids recovered from fish processing wastes through biotechnological approaches. *Food chemistry*;2013;136(1): 80-86.
24. Holdt SL, Kraan S. Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*; 2011;23(3):543–597.
25. Sharifuddin Y, Chin YX, Lim PE, et al. Potential bioactive compounds from seaweed for diabetes management. *Marine Drugs*; 2015;13(8):5447–5491.
26. Felix N, Brindo RA. Substituting fish meal with fermented seaweed, *Kappaphycus alvarezii* in diets of juvenile freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*; 2014; 1(5): 261-265.
27. Pongsetkul J, Benjakul S, Vongkamjan K, et al. Changes in lipids of shrimp (*Acetes vulgaris*) during salting and fermentation. *European Journal of Lipid Science and Technology*; 2017; 119(11), 1700253.
28. Xu Y, Li L, Mac Regenstein J. The contribution of autochthonous microflora on free fatty acids release and flavor development in low-salt fermented fish. *Food Chemistry*; 2018; 256:259-267.
29. Özyurt G, Gökdoğan S, Şimşek A, et al. Fatty acid composition and biogenic amines in acidified and fermented fish silage: a comparison study. *Archives of animal nutrition*;2016;70(1):72-86.
30. Kim HJ, Kang SG, Jaiswal L, et al. Identification of four new angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides from fermented anchovy sauce. *Applied Biological Chemistry*; 2016; 59(1): 25-31.
31. Peralta EM, Hatate H, Kawabe D, et al. Improving antioxidant activity and nutritional components of Philippine salt-fermented shrimp paste through prolonged fermentation. *Food Chemistry*; 2008; 111(1):72-77.
32. Cai L, Wang Q, Dong Z, et al. Biochemical, nutritional, and sensory quality of the low salt fermented shrimp paste. *Journal of Aquatic Food Product Technology*; 2017; 26(6):706-718.

33. Khairina R, Fitriani Y, Satrio H, Rahmi, N. (2016). Physical, chemical, and microbiological properties of "Ronto" a traditional fermented shrimp from South Borneo, Indonesia. *Aquatic Procedia*, 7, 214-220.
34. Ramezanzade L, Hosseini SF, Nikkhah M. Biopolymercoated nanoliposomes as carriers of rainbow trout skin-derived antioxidant peptides. *Food Chemistry*; 2017; 234:220-9.
35. Najafian L, Babji AS. Purification and identification of antioxidant peptides from fermented fish sauce (Budu). *Journal of Aquatic Food Product Technology*; 2019; 28(1):14-24.
36. Hayes M. Food proteins and bioactive peptides: New and novel sources, characterisation strategies and applications. *Foods*; 2018; 7(3): 38.
37. Harnedy PA, FitzGerald RJ. Bioactive proteins, peptides, and amino acids from macroalgae 1. *Journal of Phycology*; 2011; 47(2): 218-232.
38. Godinho I, Pires C, Pedro S, et al. Antioxidant Properties of Fish Protein Hydrolysates Prepared from Cod Protein Hydrolysate by *Bacillus* sp. *Applied biochemistry and biotechnology*; 2016;178(6):1095-1112.
39. Jemil I, Mora L, Nasri ., et al. A peptidomic approach for the identification of antioxidant and ACE-inhibitory peptides in sardinelle protein hydrolysates fermented by *Bacillus subtilis* A26 and *Bacillus amyloliquefaciens* An6. *Food Research International*; 2016; 89:347-358.
40. Amarowicz R, Shahidi F. Antioxidant activity of peptide fractions of capelin protein hydrolysates. *Food Chemistry*; 1997; 58(4):355e359.
41. Wu CH, Chen HM, Shiau CY. Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of mackerel (*Scomber austriasicus*). *Food Research International*; 2003; 36(9e10): 949e957.
42. Jun SY, Park PJ, Jung WK, et al. Purification and characterization of an antioxidative peptide from enzymatic hydrolysates of yellowfin sole (*Limanda aspera*) frame protein. *European Food Research and Technology*; 2004; 219:20e26.
43. Mendis E, Rajapakse N, Byun HG, et al. Investigation of Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) skin gelatin peptides for their in vitro antioxidant effects. *Life Sciences*; 2005; 77: 2166e2178.
44. Rajapakse N, Jung WK, Mendis E, et al. A novel anticoagulant purified from fish protein hydrolysate inhibits factor XIIa and platelet aggregation. *Life Sciences*; 2005; 76: 2607e2619.
45. Ranathunga S, Rajapakse N, Kim SK. Purification and characterization of antioxidative peptide derived from muscle of conger eel (*Conger myriaster*). *European Food Research and Technology*; 2006; 222:310e315.
46. Kim SY, Je JY, Kim SK. Purification and characterization of antioxidant peptide from hoki (*Johnius balengerii*) frame protein by gastrointestinal digestion. *Journal of Nutritional Biochemistry*; 2007; 18: 31e38
47. Thiansilakul Y, Benjakul S, Shahidi F. Antioxidative activity of protein hydrolysate from round scad muscle using alcalase and flavourzyme. *Journal of Food Biochemistry*; 2007; 31: 266e287.
48. Samaranyaka AGP, Li-Chan CY. Autolysis-assisted production of fishprotein hydrolysates with antioxidant properties from Pacific hake (*Merluccius productus*). *Food Chemistry*; 2008; 107:768e776.

49. Cho SS, Lee HK, Yu CY, et al. Isolation and characterization of bioactive peptides from Hwangtae (yellowish dried Alaska pollack) protein hydrolysate. *Journal of Food Science and Nutrition*; 2008;13:196e203.
50. Slizyte R, Mozuraityte R, Martinez-Alvarez O, et al. Functional, bioactive and antioxidative properties of hydrolysates obtained from cod (*Gadus morhua*) backbones. *Process Biochemistry*; 2009;44:668e677.
51. Qian ZJ, Jung WK, Byun HG, et al. Protective effect of an antioxidative peptide purified from gastrointestinal digests of oyster, *Crassostrea gigas* against free radical induced DNA damage. *Bioresource Technology*; 2008; 99:3365e3371.
52. Je JY, Qian ZJ, Lee SH, et al. Purification and antioxidant properties of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) dark muscle peptide on free radical-mediated oxidation systems. *Journal of Medicinal Food*; 2008;11(4):629e637.
53. Klompong V, Benjakul S, Yachai M, et al. Amino acid composition and antioxidative peptides from protein hydrolysates of yellow stripe trevally (*Selaroides leptolepis*). *Journal of Food Science*; 2009;74(2):126e133.
54. Sheih IC, Wu TK, Fang TJ. Antioxidant properties of a new antioxidative peptide from algae protein waste hydrolysate in different oxidation systems. *Bioresource Technology*; 2009; 100:3419e3425.
55. Kayser H, Meisel H. Stimulation of human peripheral blood lymphocytes by bioactive peptides derived from bovine milk proteins. *FEBS letters* ; 1996; 383(1-2):18-20.
56. Seppo L, Jauhiainen T, Poussa T, Korpela R. A fermented milk high in bioactive peptides has a blood pressure-lowering effect in hypertensive subjects. *The American journal of clinical nutrition*; 2003;77(2): 326-330
57. Gibbs BF, Zougman A, Masse R, et al. Production and characterization of bioactive peptides from soy hydrolysate and soy-fermented food. *Food research international*; 2004; 37(2):123-131.
58. Koyama M, Naramoto K, Nakajima T, et al. Purification and identification of antihypertensive peptides from fermented buckwheat sprouts. *Journal of agricultural and food chemistry*; 2013; 61(12):3013-3021.
59. Karnjanapratum S, O'callaghan YC, Benjakul S, et al. Purification and identification of antioxidant peptides from gelatin hydrolysates of unicorn leatherjacket skin. *Italian Journal of Food Science*; 2017;29(1).
60. Ichimura K, Kawashima Y, Nakamura T, et al. Medaka fish, *Oryzias latipes*, as a model for human obesity-related glomerulopathy. *Biochemical and biophysical research communications*; 2013; 431(4):712-717.
61. Yin LJ, Tong YL, Jiang ST. Improvement of the functionality of minced mackerel by hydrolysis and subsequent lactic acid bacterial fermentation. *Journal of Food Science*; 2005;70(3):M172-M178.
62. Thongthai CHAUAH, Gildberg ASBJRN. Asian fish sauce as a source of nutrition. *Asian functional foods*; 2005; 215-265.
63. Iqbal M, Abbas M, Nisar J, et al. Bioassays based on higher plants as excellent dosimeters for ecotoxicity monitoring: a review. *Chemistry International*;2019; 5(1):1-80.
64. Cleveland J, Montville TJ, Nes IF, et al. Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *International journal of food microbiology*; 2001; 71(1), 1-20.
65. Satish Kumar R, Kanmani P, Yuvaraj N, et al. Traditional Indian fermented foods: a rich source of lactic acid bacteria. *International journal of food sciences and nutrition*;2013; 64(4):415-428.

66. Buntin N, Chanthachum S, Hongpattarakere T. Screening of lactic acid bacteria from gastrointestinal tracts of marine fish for their potential use as probiotics. *Songklanakarın Journal of Science & Technology*;2008; 30.
67. Tanasupawat S, Shida O, Okada S, et al. *Lactobacillus acidipiscis* sp. nov. and *Weissella thailandensis* sp. nov., isolated from fermented fish in Thailand. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*;2000;50(4):1479-1485.
68. Mauguin S, Novel G. Characterization of lactic acid bacteria isolated from seafood. *Journal of Applied Bacteriology*;1994;76(6):616-625.
69. Nanasombat S, Phunpruch S, Jaichalad T. Screening and identification of lactic acid bacteria from raw seafoods and Thai fermented seafood products for their potential use as starter cultures. *Songklanakarın Journal of Science & Technology*; 2012;34(3).
70. Abbasiliasi S, Tan JS, Ibrahim TAT, et al. Fermentation factors influencing the production of bacteriocins by lactic acid bacteria: a review. *Rsc Advances*; 2017;7(47):29395-29420.
71. Kuley E, Özogul F, Özogul Y, et al. The function of lactic acid bacteria and brine solutions on biogenic amine formation by foodborne pathogens in trout fillets. *Food chemistry*; 2011;129(3):1211-1216.
72. Bartkiene E, Bartkevics V, Mozuriene E, et al. The impact of lactic acid bacteria with antimicrobial properties on biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons and biogenic amines in cold smoked pork sausages. *Food Control*;2017;71:285-292.
73. Ruocco N, Costantini S, Guariniello S, et al. Polysaccharides from the marine environment with pharmacological, cosmeceutical and nutraceutical potential. *Molecules*;2016; 21(5): 551.
74. Guo MQ, Hu X, Wang C, et al. Polysaccharides: structure and solubility. *Solubility of polysaccharides*;2017;7-21.
75. Wijesekara I, Pangestuti R, Kim SK. Biological activities and potential health benefits of sulfated polysaccharides derived from marine algae. *Carbohydrate polymers*;2011;84(1): 14-21.
76. Kılınç B, Cirik S, Turan G, et al. Seaweeds for food and industrial applications. In *Food industry*. IntechOpen; 2013
77. Laurienzo P. Marine polysaccharides in pharmaceutical applications: an overview. *Marine drugs*;2010;8(9):2435-2465.
78. Cardoso MJ, Costa RR, Mano JF. Marine origin polysaccharides in drug delivery systems. *Marine drugs*; 2016;14(2):34.
79. Senni K, Pereira J, Gueniche F. Marine polysaccharides: a source of bioactive molecules for cell therapy and tissue engineering. *Marine Drugs*; 2011; 9(9):1664-1681.
80. Xie JH, Jin ML, Morris GA. Advances on bioactive polysaccharides from medicinal plants. *Critical reviews in food science and nutrition*;2016;56:S60-S84.
81. Costa LS, Fidelis GP, Cordeiro SL. Biological activities of sulphated polysaccharides from tropical seaweeds. *Biomed. Pharmacother*;2010;64:21-28.
82. Pushpamali WA., Nikapitiya C, De Zoysa M. Isolation and purification of an anticoagulant from fermented red seaweed *lomentaria catenata*. *Carbohyd. Polym*;2008;73: 274-279. doi:10.1016/j.carbpol.2007.11.029
83. Tabassum MR, Xia A, Murphy JD. Potential of seaweed as a feedstock for renewable gaseous fuel production in Ireland. *Renewable and Sustainable energy reviews*;2017;68:136-146.

84. Rodríguez-Jasso RM, Mussatto SI, Sepúlveda L. Fungal fucoidanase production by solid-state fermentation in a rotating drum bioreactor using algal biomass as substrate. *Food and Bioproducts Processing*;2013;91(4):587-594.
85. De Zoysa M, Nikapitiya C, Jeon YJ. Anticoagulant activity of sulfated polysaccharide isolated from fermented brown seaweed *Sargassum fulvellum*. *Journal of Applied Phycology*;2008;20(1):67-74.
86. Ramnani P, Chitarrari R, Tuohy K, In vitro fermentation and prebiotic potential of novel low molecular weight polysaccharides derived from agar and alginate seaweeds. *Anaerobe*; 2012;18(1):1-6.
87. Deville C, Gharbi M, Dandrifosse G, Study on the effects of laminarin, a polysaccharide from seaweed, on gut characteristics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*;2007; 87(9):1717-1725.
88. Lean QY, Eri RD, Fitton JH. Fucoidan extracts ameliorate acute colitis. *PLoS One*;2015; 10(6):e0128453
89. Ayad R, Akkal S. Phytochemistry and biological activities of algerian *Centaurea* and related genera. In *Studies in Natural Products Chemistry*;2019;63:357-414.
90. Freile-Peigrín Y, Robledo D. Bioactive phenolic compounds from algae. *Bioactive compounds from marine foods: Plant and animal sources*;2013;113-129.
91. Mateos R, Pérez-Correa JR, Domínguez H. Bioactive Properties of Marine Phenolics. *Marine drugs*;2020;18(10):501.
92. Pangestuti R, Kim SK. Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae. *Journal of functional foods*;2011;3(4):255-266.
93. Dahlgren E, Enhus C, Lindqvist D. Induced production of brominated aromatic compounds in the alga *Ceramium tenuicorne*. *Environmental Science and Pollution Research*;2015; 22(22):18107-18114.
94. Maadane A, Merghoub N, Ainane T. Antioxidant activity of some Moroccan marine microalgae: Pufa profiles, carotenoids and phenolic content. *Journal of biotechnology*;2015;215:13-19.
95. Kirke DA, Rai DK, Smyth TJ. An assessment of temporal variation in the low molecular weight phlorotannin profiles in four intertidal brown macroalgae. *Algal Research*; 2019; 41:101550.
96. Papazian S, Parrot D, Burýšková B. et al. Surface chemical defence of the eelgrass *Zostera marina* against microbial foulers. *Scientific reports*;2019;9(1):1-12.
97. Parys S, Rosenbaum A, Kehraus S, et al. Evaluation of quantitative methods for the determination of polyphenols in algal extracts. *Journal of natural products*;2007;70(12): 1865-1870.
98. Marinho GS, Sørensen ADM, Safafar H, et al. Antioxidant content and activity of the seaweed *Saccharina latissima*: A seasonal perspective. *Journal of Applied Phycology*;2019;31(2):1343-1354.
99. Li J, Wei Y, Du G, et al. Anticoagulant activities of phlorotannins from *Sargassum thunbergii*. *Zhongyao Xinyao Yu Linchuang Yaoli*; 2007;18:191-194.
100. Malmvärn A, Marsh G, Kautsky L, et al. Hydroxylated and methoxylated brominated diphenyl ethers in the red algae *Ceramium tenuicorne* and blue mussels from the Baltic Sea. *Environmental science & technology*;2005; 39(9):2990-2997.
101. Kannan RR, Aderogba MA, Ndhlala AR, et al. Acetylcholinesterase inhibitory activity of phlorotannins isolated from the brown alga, *Ecklonia maxima* (Osbeck) Papenfuss. *Food research international*;2013;54(1):1250-1254.

102. Rajauria G. Optimization and validation of reverse phase HPLC method for qualitative and quantitative assessment of polyphenols in seaweed. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*;2018;148:230-237.
103. Zangrando R, Corami F, Barbaro E. Free phenolic compounds in waters of the Ross Sea. *Science of The Total Environment*; 2019;650:2117-2128.
104. Nagayama K, Iwamura Y, Shibata T. Bactericidal activity of phlorotannins from the brown alga *Ecklonia kurome*. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*; 2002; 50(6):889-893.
105. Kim AR, Shin TS, Lee MS, et al. Isolation and identification of phlorotannins from *Ecklonia stolonifera* with antioxidant and anti-inflammatory properties. *Journal of agricultural and food chemistry*;2009;57(9):3483-3489.
106. Artan M, Li Y, Karadeniz F, et al. Anti-HIV-1 activity of phloroglucinol derivative, 6, 6'-bieckol, from *Ecklonia cava*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*;2008;16(17):7921-7926.
107. Kong CS, Kim JA, Yoon NY, et al. Induction of apoptosis by phloroglucinol derivative from *Ecklonia cava* in MCF-7 human breast cancer cells. *Food and Chemical Toxicology*;2009;47(7):1653-1658.
108. Parys S, Kehraus S, Krick A, et al. In vitro chemopreventive potential of fucophloretols from the brown alga *Fucus vesiculosus* L. by anti-oxidant activity and inhibition of selected cytochrome P450 enzymes. *Phytochemistry*;2010;71(2-3):221-229.
109. Rengasamy KR, Aderogba MA, Amoo SO, et al. Potential antiradical and alpha-glucosidase inhibitors from *Ecklonia maxima* (Osbeck) Papenfuss. *Food chemistry*;2013;141(2):412-415.
110. Jung HA, Hyun SK, Kim HR, et al. Angiotensin-converting enzyme I inhibitory activity of phlorotannins from *Ecklonia stolonifera*. *Fisheries Science*;2006;72(6):1292-1299.
111. Moon C, Kim SH, Kim JC, et al. Protective effect of phlorotannin components phloroglucinol and eckol on radiation-induced intestinal injury in mice. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*;2008;22(2):238-242.
112. Rolle R, Satin M. Basic requirements for the transfer of fermentation technologies to developing countries. *International journal of food microbiology*;2002;75(3):181-187.
113. Đorđević TM, Šiler-Marinković SS, Dimitrijević-Brankovi SI. Effect of fermentation on antioxidant properties of some cereals and pseudo cereals. *Food chemistry*; 2010;119(3): 957-963.
114. Nishitani Y, Sasaki E, Fujisawa T, et al. Genotypic analyses of lactobacilli with a range of tannase activities isolated from human feces and fermented foods. *Systematic and Applied Microbiology*;2004;27(1):109-117.
115. Hur SJ, Lee SY, Kim YC, et al. Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods. *Food chemistry*;2014;160:346-356.
116. Shobharani P, Halami PM, Sachindra NM. Potential of marine lactic acid bacteria to ferment *Sargassum* sp. for enhanced anticoagulant and antioxidant properties. *Journal of applied microbiology*;2013;114(1):96-107.
117. Suraiya S, Lee JM, Cho HJ. *Monascus* spp. fermented brown seaweeds extracts enhance bio-functional activities. *Food bioscience*;2018;21, 90-99.
118. Bae HN, Kim YM. Improvement of the functional qualities of sea tangle extract through fermentation by *Aspergillus oryzae*. *Fisheries and aquatic sciences*;2010;13(1):12-17.

119. Eom SH, Kim YM, Kim SK. Antimicrobial effect of phlorotannins from marine brown algae. *Food and Chemical Toxicology*;2012;50(9):3251-3255.
120. Wijesinghe WAJP, Jeon YJ. Enzyme-assisted extraction (EAE) of bioactive components: a useful approach for recovery of industrially important metabolites from seaweeds: a review. *Fitoterapia*;2012;83(1):6-12.
121. Sultana B, Anwar F, Przybylski R. Antioxidant activity of phenolic components present in barks of *Azadirachta indica*, *Terminalia arjuna*, *Acacia nilotica*, and *Eugenia jambolana* Lam. trees. *Food Chemistry*;2007,104(3):1106-1114.
122. Pompeu DR, Silva EM, Rogez H. Optimisation of the solvent extraction of phenolic antioxidants from fruits of *Euterpe oleracea* using Response Surface Methodology. *Bioresource technology*;2009;100(23):6076-6082.
123. Anwar F, Ali M, Hussain AI, et al. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and extracts of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds from Pakistan. *Flavour and Fragrance Journal*;2009;24(4):170-176.
124. Hussain AI, Chatha SA, Noor S, et al. Effect of extraction techniques and solvent systems on the extraction of antioxidant components from peanut (*Arachis hypogaea* L.) hulls. *Food Analytical Methods*;2012;5(4):890-896.
125. Leroy F, De Vuyst L. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*;2004;15(2):67-78.
126. Abu Yazid N, Barrena R, Komilis D, et al. Solid-state fermentation as a novel paradigm for organic waste valorization: a review. *Sustainability*;2017;9(2):224.
127. Taskila S, Ojamo H. The current status and future expectations in industrial production of lactic acid by lactic acid bacteria. In *Lactic acid bacteria-R & D for food, health and livestock purposes*. IntechOpen;2013.
128. Ricke SC. Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. *Poultry science*;2003;82(4):632-639.
129. Costa MP, Conte-Junior CA. Leites fermentados como alimentos funcionais. *Anim. Business Brasil*;2013;3:60-65.
130. Urbach G. The flavour of milk and dairy products: II. Cheese: contribution of volatile compounds. *International Journal of Dairy Technology*;1997;50(3):79-89.
131. Horák T, Čulík J, Cejka P, et al. Analysis of free fatty acids in beer: comparison of solid-phase extraction, solid-phase microextraction, and stir bar sorptive extraction. *Journal of agricultural and food chemistry*;2009;57(23):11081-11085.
132. Jurado-Sánchez B, Ballesteros E, Gallego M. Gas chromatographic determination of 29 organic acids in foodstuffs after continuous solid-phase extraction. *Talanta*;2011;84(3): 924-930.
133. Hinton Jr A. Growth of *Campylobacter* in media supplemented with organic acids. *Journal of food protection*;2006;69(1), 34-38.
134. Conte Junior CA, de Souza VG, Batista RF, et al. Influência do ácido láctico e da embalagem em atmosfera modificada sobre a validade comercial da linguiça frescal de frango. *R. bras. Ci. Vet.*;2010;59-66.
135. Zang J, Xu Y, Xia W, et al. Quality, functionality, and microbiology of fermented fish: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*;2020;60(7):1228-1242.
136. Dittoe DK, Ricke SC, Kiess AS. Organic acids and potential for modifying the avian gastrointestinal tract and reducing pathogens and disease. *Frontiers in veterinary science*;2018;5:216.

137. Ross RP, Morgan S, Hill C. Preservation and fermentation: past, present and future. *International journal of food microbiology*;2002;79(1-2):3-16.
138. Chen YP, Rekha PD, Arun AB. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied soil ecology*;2006;34(1):33-41.
139. Shukla S, Choi TB, Park HK, et al. Determination of non-volatile and volatile organic acids in Korean traditional fermented soybean paste (Doenjang). *Food and Chemical Toxicology*;2010;48(8-9):2005-2010.
140. Osako K, Hossain MA, Kuwahara K, et al. Quality aspect of fish sauce prepared from underutilized fatty Japanese anchovy and rabbit fish. *Fisheries science*;2005;71(6): 1347-1355.
141. Chuon MR, Shiimoto M, Koyanagi T, et al. Microbial and chemical properties of Cambodian traditional fermented fish products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*;2014; 94(6):1124-1131.
142. Zeng X, Xia W, Jiang Q, et al. Chemical and microbial properties of Chinese traditional low-salt fermented whole fish product Suan yu. *Food Control*;2013; 30(2):590-595.
143. Riebroy S, Benjakul S, Visessanguan, W, et al. Some characteristics of commercial Som-fug produced in Thailand. *Food Chemistry*;2004;88(4):527-535.
144. Wang Y, Li C, Li L, et al. Application of UHPLC-Q/TOF-MS-based metabolomics in the evaluation of metabolites and taste quality of Chinese fish sauce (Yu-lu) during fermentation. *Food chemistry*;2019;296:132-141.
145. Saini RK, Keum YS. Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. *Food chemistry*;2018; 240, 90-103.
146. Hosseini SF, Rezaei M, McClements DJ. Bioactive functional ingredients from aquatic origin: a review of recent progress in marine-derived nutraceuticals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*;2020;1-28.
147. Negro JJ, Garrido-Fernandez J. Astaxanthin is the major carotenoid in tissues of white storks (*Ciconia ciconia*) feeding on introduced crayfish (*Procambarus clarkii*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*;2000;126(3):347-352.
148. Gudin C. Une histoire naturelle de la mort. *L'Age d'Homme*;2005.
149. Britton G. Functions of intact carotenoids. In *carotenoids*;2008;189-212.
150. Mapelli-Brahm P, Barba FJ, Remize F, et al. The impact of fermentation processes on the production, retention and bioavailability of carotenoids: An overview. *Trends in Food Science & Technology*;2020;99:389-401.
151. Rengasamy KR, Mahomoodally MF, Aumeeruddy MZ, et al. Bioactive compounds in seaweeds: An overview of their biological properties and safety. *Food and Chemical Toxicology*;2020;135:111013.
152. Castillo R, Nègre-Sadargues G, Lenel R. General survey of the carotenoids in Crustacea. In *Carotenoid chemistry and biochemistry* ;1982;211-224. Pergamon.
153. Higuera-Ciapara I, Felix-Valenzuela L, Goycoolea FM. Astaxanthin: a review of its chemistry and applications. *Critical reviews in food science and nutrition*;2006;46(2):185-196.
154. Shahidi F, Botta JR. *Seafoods: chemistry, processing technology and quality*. Springer Science & Business Media;2012.

155. Coral G, Huberman A, de la Lanza G, et al. Muscle pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on oil-extracted pigment from langostilla (*Pleuroncodes planipes*) compared with two commercial sources of astaxanthin. *Journal of Aquatic Food Product Technology*;1998;7(2):31-45.
156. Gupta SK, Jha AK, Pal AK, et al. Use of natural carotenoids for pigmentation in fishes;2007.
157. Vilchez C, Forján E, Cuaresma M, et al. Marine carotenoids: biological functions and commercial applications. *Marine Drugs*;2011;9(3):319-333.
158. Del Campo JA, Moreno J, Rodríguez H, et al. Carotenoid content of chlorophycean microalgae: factors determining lutein accumulation in *Muriellopsis* sp. (Chlorophyta). *Journal of Biotechnology*;2000;76(1):51-59.
159. Dharmaraj S, Ashokkumar B, Dhevendaran K. Food-grade pigments from *Streptomyces* sp. isolated from the marine sponge *Callyspongia diffusa*. *Food Research International*; 2009;42(4):487-492.
160. Del Campo JA, García-González M, Guerrero MG. Outdoor cultivation of microalgae for carotenoid production: current state and perspectives. *Applied microbiology and biotechnology*;2007;74(6):1163-1174.
161. Mortensen A. Carotenoids and other pigments as natural colorants. *Pure and Applied chemistry*;2006;78(8):1477-1491.
162. Guedes AC, Amaro HM, Malcata FX. Microalgae as sources of carotenoids. *Marine drugs*; 2011;9(4):625-644.
163. Sachindra NM, Bhaskar N, Siddegowda GS, et al. Recovery of carotenoids from ensiled shrimp waste. *Bioresource technology*;2007;98(8):1642-1646.
164. Juan MY, Chou CC. Enhancement of antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of black soybeans by solid state fermentation with *Bacillus subtilis* BCRC 14715. *Food microbiology*;2020;27(5):586-591.
165. Prameela K, Murali Mohan CH, Smitha PV, et al. Bioremediation of shrimp biowaste by using natural probiotic for chitin and carotenoid production an alternative method to hazardous chemical method. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*;2010;1(3):903-910.
166. Bhaskar N, Suresh PV, Sakhare PZ, et al. Shrimp biowaste fermentation with *Pediococcus acidolactici* CFR2182: Optimization of fermentation conditions by response surface methodology and effect of optimized conditions on deproteinization/demineralization and carotenoid recovery. *Enzyme and Microbial Technology*; 2007;40(5):1427-1434.
167. Tacon AG, Metian M. Food matters: fish, income, and food supply—a comparative analysis. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*;2018; 26(1):15-28.



## Bölüm 9

# BALIK SİLAJI HAZIRLAMA YÖNTEMLERİ VE KULLANIM ALANLARI

**Gülsün ÖZYURT<sup>1</sup>**  
**Yetkin SAKARYA<sup>2</sup>**

### GİRİŞ

Dünya genelinde milyonlarca insan için geçim kaynağı olan balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği en hızlı büyüyen gıda sektörlerinden birisidir. Yaklaşık 178 milyon ton olarak bildirilen 2020 yılı toplam su ürünleri üretiminin 157 milyon tonunun doğrudan gıda temini için, geriye kalan 20 milyon tonluk üretim miktarının ise öncelikle balık unu ve yağı üretimi ile gıda dışı ürünlerin hazırlanması için kullanıldığı bildirilmiştir (1,2). 2026 yılı sonunda balıkçılık ve kültür kaynaklı su ürünleri üretiminin 194 milyon tona ulaşması beklenmektedir (3). Su ürünleri yetiştiriciliği için ise öngörülen üretim miktarı 2030 yılına kadar 106 milyon tona ulaşacağı yönündedir (4). Bununla birlikte, su ürünleri yetiştiricilik endüstrisi, yüksek yemleme maliyetleri ve tutarsız balık unu ve balık yağı tedariki gibi büyük zorluklarla karşı karşıya gelmektedir. Yemleme giderlerinin, su ürünleri yetiştiriciliğinde toplam işletme maliyetlerinin önemli bir kısmını (yaklaşık %70'e kadar) oluşturduğu belirtilmektedir (5,6). Su ürünleri yetiştiriciliği küresel gıda üretiminde önemli bir rol oynamaktadır, özellikle küçük ölçekli işletmeler için sürdürülebilirliğin sağlanması eldeki kaynakların en iyi şekilde kullanımını gerektirmektedir. Özellikle ıskarta balık türleri ve su ürünleri işleme atıkları hayvan besleme, bitki besleme ve stimülantı amaçlı kullanılabilir çok sayıda değerli bileşen içeren önemli kaynaklardır. Dünya marketleri balık unundan daha düşük maliyetli alternatif bir yem ham maddesi arayışı içerisinde. Hali hazırda üretilen balık ununun yaklaşık %86'sı su ürünleri yetiştiriciliğinde, %9'u domuz yetiştiriciliğinde ve %5'i diğer amaçlarla (özellikle evcil hayvan yemi ve kümes hayvanı yetiştiriciliği) kullanıldığı bildirilmektedir (1). Balık silajı üretimi

<sup>1</sup> Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İşleme Teknolojisi AD, beklevik@cu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-1073-115X

<sup>2</sup> Arş. Gör., Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İşleme Teknolojisi AD, ysakarya@cu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-5253-224X

yüksek kaliteli bir hayvan yemi hazırlayabilmek için ıskarta balık türleri ve balık atıklarının değerlendirilebileceği önemli bir potansiyele sahiptir.

Balık silajı bütün halde balık veya parçalarının enzim, asit veya laktik asit bakterilerinin ilavesi sonucu oluşan sıvı kıvamlı bir üründür. Yüksek düzeyde esansiyel amino asitler içeren protein açısından zengin bir hidrolizat olan balık silajı hayvan beslemede geleneksel balık ununa uygun maliyetli bir alternatif olarak kullanılabilir. Balık silajı üretimi, özellikle bir balık unu tesisine yatırım yapmanın ekonomik açıdan uygun olmadığı küçük ölçekli işletmeler için geleneksel balık unu üretimine basit ve ucuz bir alternatif olarak görülmektedir. Gıda olarak tüketilemeyecek balık ve balık işleme atıkları hızla bozulur. Kullanımı kolay olan ve pahalı ekipman gerektirmeyen silaj teknolojisi, bu atıkların daha sonra hazırlanacak hayvan yemlerinde kullanımını sağlayan elverişli bir saklama yöntemidir. Ayrıca, üretim sürecinde ortaya çıkan balık atıkları önemli bir çevre kirliliği sorunu oluşturduğu için, bu yöntemin uygulanması çevre dostu bir bertarafa olanak sağlamaktadır. Bu inceleme öncelikle asit ve fermente balık silajı üretim teknolojisine odaklanmış ve bunun uygulama alanlarını özetlemiştir. Balık silajından yararlanmanın avantajları ve zorlukları çerçevesinde sürdürülebilir alternatiflere yönelik yaklaşımların değerlendirildiği bu kaynak, özellikle küçük işletme ölçeğinde bulunan biyolojik atıkların geri dönüşümlerinin sağlanabilmesi için önemli bilgiler içermektedir.

## **KATMA DEĞERLİ ÜRÜN KAYNAĞI OLARAK ISKARTA BALIK VE SU ÜRÜNLERİ İŞLEME ATIKLARI**

Su ürünleri tüketimine yönelik ilginin artması, balıkçılık endüstrisinde hızlı bir gelişmeye yol açmış ve bu durum çevre ve ekolojik denge için tehdit oluşturan ıskarta balık ve balık işleme atıklarının miktarını da arttırmıştır. Sınırlı koruma altyapısı ve bilgisi nedeniyle, balıklar en fazla Afrika ve Latin Amerika'da israf olmaktadır (7). Farklı koşullar su ürünleri israfına neden olabilir, bu israfın azaltılması ve açığa çıkan organik materyalin verimli bir şekilde kullanılabilmesi için FAO (7) raporunda yapılan öneriler şöyledir: I. Su ürünleri atık yönetimi ve geri dönüşümü için altyapı, sağlık ve gıda güvenliği gibi kilit sektörlerde destekleyici bir politika ortamının yaratılması. II. Balıkçılık sektöründe doğru teknolojilerin kullanılması. Örneğin soğuk zincir ve buz kullanımının etkin uygulanması balıkçılıkta israf edilen miktarı önemli ölçüde azaltacaktır. III. Balık ve balık ürünlerinin işlenmesi ile yüksek kaliteli ürünler oluşturmada ticaret ve pazarlama konularında uzmanlık ve müşteri farkındalığına sahip olunması. IV. Gerekli hizmet ve altyapının olduğu durum ve yerlerde, balıkçılar, işleyiciler ve

tüccarların uzmanlıklarını ve yeteneklerini ürünü verimli ve etkili bir şekilde aktarmak ve balıkçılıktaki kayıpları azaltmak için kullanması. V. Etkin kayıp azaltmanın temel bileşenlerinden biri düzenleyici ortamdır. Bu kanunlar, kurallar ve düzenlemelerin, gıda endüstrisi personelinin sağlık ve güvenliğinin yanı sıra balıkların toplanması, yetiştirilmesi, işlenmesi, hazırlanması ve etiketlenmesini de kapsadığının anlaşılması. VI. Daha adil bir sosyal ve cinsiyetçi çevre, daha iyi piyasa koşullarıyla birleştiginde balıkçılık sektöründeki kayıpların azalacağını kavranması.



Şekil 1. Potansiyel su ürünleri kayıp aşamaları

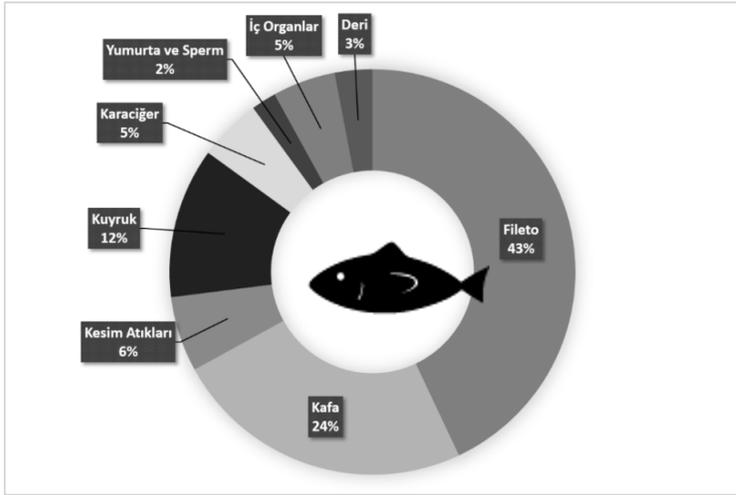
Potansiyel su ürünleri kayıp aşamaları yukarıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 1). “İskarta balık” terimi genel olarak ticari değeri olmayan veya avcılık/hasat sırasında zarar görerek pazarlanamaz özellikte olan balık türlerini ifade etmektedir. Guillen ve ark. (8) avlanan balıkların ıskarta olarak nitelendirilme nedenlerini aşağıdaki şekilde özetlemiştir:

I. Avlanan balık miktarı, bakanlıkça belirlenen yönetmelikteki kotayı aştığında ıskartaya çıkarılır.

II. Yönetmeliklerde belirtilen minimum boyutun altında olan balıklar ıskartaya çıkarılır.

III. Balıklar kalitesizse ve avlanan türler düşük ekonomik değerde veya ticari değeri yok ise ıskartaya çıkarılır. Dünya çapındaki toplam ıskarta miktarı yaklaşık 30 milyon ton olduğu, bunun da küresel avlanmanın %23'ünü oluşturduğu bildirilmiştir (8,9).

Su ürünleri işleme atıkları ise balıkların işlenmesi sırasında ortaya çıkan kullanılmayan tüm kısımları ifade eder. Geleneksel balık işlemede, balığın gövdesinin yalnızca %30-50'si kullanılır, geri kalan deri (%5), kafa (%20-25) ve kemikler (%25-35) kullanılmadan bırakılır; bu yüzdeler balık türüne göre değişiklik gösterebilir (10). Arason (11) morina işleme atık ve fileto verimini Şekil 2'de görüldüğü oranlarda belirlemiştir. İskarta balık ve su ürünleri işleme atıkları genellikle insan tüketimi amaçlı kullanılmadığı, sıklıkla geliş güzel olarak atıldığı için çevre sorunları oluşturmaktadır. Bu atıkların balık silajına dönüşümleri az enerji ve işgücü maliyeti ile basit operasyonlarla gerçekleştirilebilmektedir. Silaj yapımı ile büyük ekipmanlar gerekmeden asit, enzim veya laktik asit bakterileri ve karbon kaynağı kullanılarak son ürüne ulaşılabilir.



Şekil 2. Morina işleme fileto ve yan ürün oranları (11)

## **BALIK SİLAJI ÜRETİM YÖNTEMLERİ**

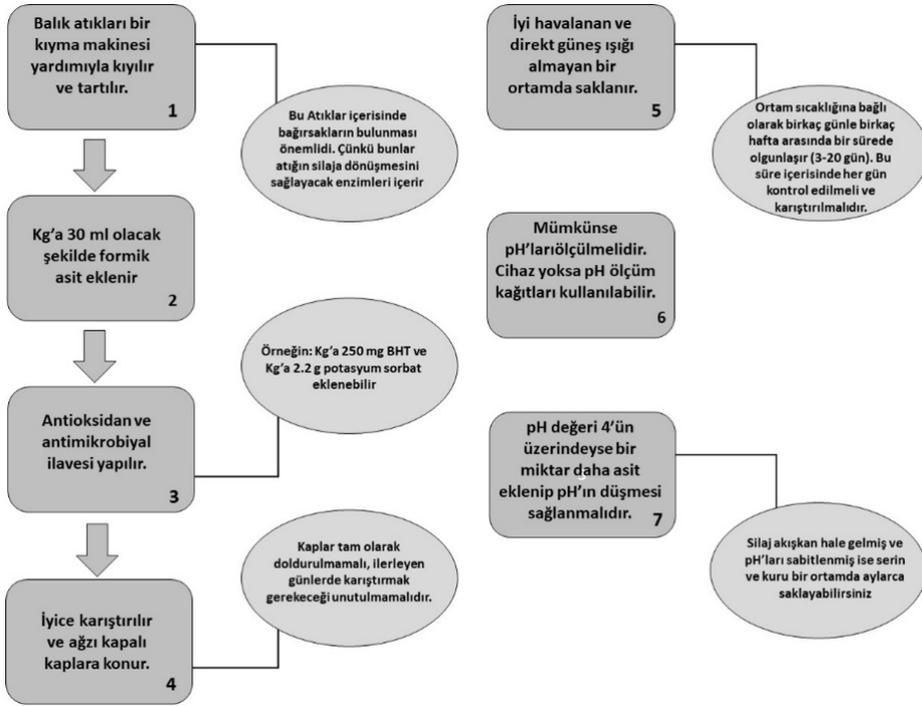
Balık silajı sıvı bir ürün olup tüm balık veya balık parçalarına asitler, enzimler veya laktik asit üreten bakterilerin eklenmesiyle elde edilir. Balık hidrolizatı

olarak da adlandırılan balık silajı farklı yöntemler kullanılarak üretilebilir. Bilim insanları kullandıkları yönteme göre balık hidrolizatı veya balık silajı terimini kullanmaktadırlar. Balık silajı asit ilavesiyle üretiliyorsa asit silajı, fermente edici mikro organizmalar kullanılarak üretiliyorsa fermente silaj olarak adlandırılmaktadır. Enzimlerin ilavesi ile hazırlanan balık hidrolizatları daha spesifik şartlar ve kontrollü ortamlar gerektirir. Asit veya laktik asit bakterisi ilavesi ile silaj hazırlama süreci buna göre daha pratiktir. Aslında kış mevsiminde ıslak yemlerin korunmasından elde edilen tarımda silajın uzun bir geçmişi vardır. Tarımda silaj kavramından balık silajı üretimi geliştirilmiştir. Silaj hazırlamada balık atıklarının, başta balıkta doğal olarak bulunan endojen enzimlerin etkisiyle sıvılaşması sağlanır ve asit (organik veya inorganik) veya bakteri gibi ilavelerle süreç hızlandırılır. Ürünün bileşimi ve besin kalitesi öncelikle ham maddenin bileşimi ve tazeliğinden etkilenmektedir. İşleme parametreleri (asit, laktik asit bakterisi türü, pH, katkı maddeleri, depolama süresi ve sıcaklık gibi) balık silajının besin kalitesini ve nihai bileşimini etkileyebilir. Balık silajı depolama sürecinde üç tabakaya ayrışır; üstte balık yağı, orta katmanda yüksek çözünürlüğe sahip proteinler, mineraller ve altta yarı çözünebilir materyaller ve kemikler bulunur. Oksidasyonunu azaltmak ve ürün homojenliğini korumak için lipit tabakası ayrılabilir ve farklı amaçlarla değerlendirilebilir. Özyurt ve ark (12,13) ıskarta balık ve balık atıklarından üretilen silajdan elde edilen balık yağlarının, yüksek düzeyde çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar), özellikle de eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) içerdiğini ve insan tüketimi için kaliteli bir balık yağı kaynağı olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

### **Asit ilavesi ile hazırlanan silajlar**

Asit silaj yapımı ıskarta balık ve su ürünleri işleme atıklarının korunması ve değerlendirilmesi için basit ve ucuz bir yoldur ve neredeyse her ölçekte gerçekleştirilebilir. Geleneksel olarak asitlendirilmiş balık silajı üretiminde, organik veya inorganik asitler veya bunların her ikisinin karışımı pH'ı 4 veya altına düşürmek için kullanılır. İyice kıyılarak homojen hale getirilen balık kütesine yaklaşık %2-3 oranında asit ilave edilir ve böylece patojenik bakterilerin ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaların çoğalması etkili bir şekilde önlenir. Bu pH'ta serin proteazlar tamamen inaktiftir ancak septik enzimler ve pepsin oldukça aktiftir. Özellikle pepsin balık silajının üretiminden sorumlu enzimlerin başında gelmektedir (14). Hem organik hem de inorganik asitler silaj yapımı için uygundur. İnorganik asitler (hidroklorik asit ve sülfürik asit gibi) nispeten ucuz olmalarına rağmen, hayvanlara yedirilmeden önce nötralize edilmesi gerekir.

Formik asit gibi organik asitler daha yüksek bir pH'da depolanma avantajına sahiptir, bu durumda yemde kullanım için nötralize edilmesi gerekmez. Formik asit gibi kısa zincirli organik asitler, antibiyotik kullanımına karşı alternatif olarak hayvan yemlerinde, özellikle de kümes hayvanları ve domuz diyetlerinde büyüme destekleyicileri olarak önerilmektedir (15). Büyümeyi teşvik edici özelliklerinin ardındaki ana mekanizma, hayvanların gastrointestinal yolunun üst kısmındaki antimikrobiyal etkilerdir. Bununla birlikte, bazı organik asitler antioksidan özelliklere sahiptir ve yem güvenliğine ve korunmasına katkıda bulunurlar (16). Ayrıca, bu organik asitlerin kalsiyum ve fosfor gibi spesifik minerallerin emilimini arttırarak hayvan sağlığı ve büyümesine potansiyel faydalar sağladığı bildirilmiştir (15).



Şekil 3. Asit silaj üretim basamakları

Asit silajların kalitesi diğer tüm su ürünlerinde olduğu gibi ham maddenin başlangıç kalitesine bağlıdır. Elde edilen silajlar hoş bir malt kokusuna sahiptir. Yağlarının acılaşmasına karşı bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) gibi antioksidanların eklenmesiyle önlem alınabilir. Maya ve küf gelişimini önlemek için ise potasyum sorbat gibi antimikrobiyal ajanlar tercih edilmektedir. Silaj

doğrudan nemli beslenme diyetleri ile birleştirilebilir, yoğunlaştırılabilir veya kurutularak hayvan yemi veya gübre olarak kullanılabilir. Tamburda kurutma veya soya fasulyesi, tüy veya kümes hayvanı yan ürünleri küspeleri veya tahıl ürünleri gibi diğer yem içerikleriyle birlikte kurutmadan sonra yerel olarak kullanılabilir. Bununla birlikte, endüstriyel ölçekte püskürtmeli kurutma işlemi uygulandıktan sonra kullanım alanı ve süresi uzatılabilir (17,18). Basitçe bir asit silajı formülasyonu için hazırlanan balık kıymasına %3 oranında organik asit, maya ve küf gelişimini önlemek, oksidasyonu geciktirmek amacıyla da kg'a 250 mg BHT (butil hidroksitoluen) ve kg' a 2.2 g potasyum sorbat ilave edilmelidir (Şekil 3). Burada kullanılacak olan antioksidan ve antimikrobiyal madde seçimi, kullanılacak olan asit oranı ve türü elde olan kaynaklara veya isteğe bağlı olarak değiştirilebilir.

### **Laktik asit bakterisi ilavesiyle hazırlanan silajlar**

Silaj üretiminde laktik asit fermentasyonu biyomoleküllerin geri kazanımını da sağlayan çevre dostu bir yöntemdir. Başlangıç kültürü olarak *Lactobacillus plantarum* gibi laktik asit bakterileri kullanılır ancak balık yan ürünleri karbonhidrat içermediğinden melas veya meyve işleme atığı gibi fermente edilebilir bir şekerin de eklenmesi gerekir. Fermentasyon sürecinde anaerobik koşullar altında laktik asit bakterileri, organik asit, antibakteriyel bileşikler (bakteriosinler) ve enerji üretmek için karbonhidrat kaynaklarını fermente ederler. Böylece pH'nın 3,5-4,0 civarına düşmesi sağlanır ve ortaya çıkan bileşikler patojenik mikroorganizmaların büyümesini engellerler. Asit silajlardan farklı olarak laktik asit bakterileri proteinlerin hidrolizi için proteazlar üretirler (19,20). Bununla birlikte, yağ oksidasyonuna karşı asit silajlara göre daha avantajlı olduğu belirtilmektedir (12,21). Laktik asit bakterileri ürünün korunması, tat, koku ve dokuda değişimlere yol açması bakımından fermentasyonda önemli bir role sahiptir. Ayrıca bu bakterilerin antimikrobiyal aktiviteye sahip laktik asit ve asetat gibi organik asit, hidrojen peroksit, diasetil ve bakteriyosin gibi bazı metabolitleri ürettiği bilinmektedir (22).

Fermentasyon işlemi balık silajının besin değerini önemli ölçüde artırır. Balık silajının hayvan diyetlerine dahil edilmesinin hayvanların hem büyüme performansını hem de bağırsak sağlığını iyileştirdiği, hayvan diyetlerinde balık unu veya soya fasulyesi unu yerine alternatif bir protein kaynağı olabileceği bildirilmiştir (23–25). Balık atıklarında bulunan ve proteinleri kısa peptidlere ve serbest amino asitlere parçalayan enzimler tarafından katalize edilen otolitik etki nedeniyle, fermente balık silajından elde edilen proteinlerin asitlendirilmiş balık

silajından elde edilen proteinlerden daha sindirilebilir olduğu rapor edilmiştir (26). Şekil 4'de fermente silajların avantajları özetlenmiştir.

Balıkların düşük karbonhidrat içerikleri nedeniyle fermantasyon sırasında laktik asit üretimini artırmak için ek bir karbonhidrat kaynağının eklenmesi gerekir. Fermente balığın üretilebilmesi için gerekli karbonhidrat miktarı üzerine birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar bakterilerin gelişimi ve fermentasyonun başarılı bir şekilde gerçekleşmesi için % 5-15 gibi oranlarda karbonhidrat kullanımının uygun olacağını bildirmişlerdir (27-29). Balık fermantasyonu için pekmez, sakkaroz zaro, yüksek fruktozlu mısır şurubu, peynir altı suyu, bal, glikoz ve meyveler dahil olmak üzere çeşitli substrat kaynakları denenmiştir. Melas, yüksek çözünebilir karbonhidrat içeriği, düşük maliyeti ve silajların stabilitesini ve duysal özelliklerini geliştirme yeteneği nedeniyle en yaygın kullanılan substratlardan biridir (30,31). Ancak son yıllarda sebze ve meyve atıklarından kaynaklanan karbon kaynaklarının potansiyeli vurgulanmaktadır (32).

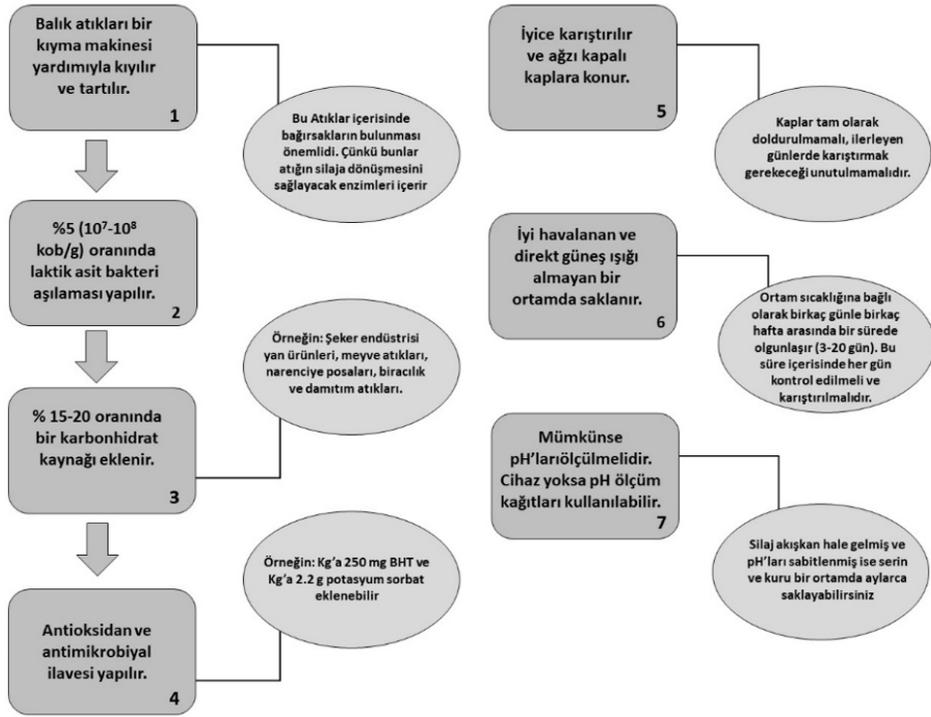
#### **LAB ile üretilen silajlar;**

- proteazlar (proteinleri parçalayan enzimler) üretirler
- yağ oksidasyonuna karşı daha dayanıklı silajlar üretilir
- düzenli kullanımda vücut direnci ve immün sistemi destekler, sindirim sistemini düzenlerler
- daha lezzetli, besleyici ve büyümeyi teşvik edici ürünler sağlarlar
- bozucu ve patojen bakteri gelişimini engeller, antimikrobiyal aktiviteye sahip metabolitler (organik asitler, bakteriosinler vb) üretirler

**Şekil 4.** LAB ile üretilen silajların avantajları

Başarılı bir fermentasyon süreci için yeterli seviyede laktik asit üretimini sağlayacak düzeyde laktik asit bakterisinin inoküle edilmesi oldukça önemlidir. Genel olarak,  $10^3$ - $10^8$  kob/g bakteri yoğunluğu oranları önerilse de başarılı bir fermentasyon için  $10^7$  - $10^8$  kob/g düzeyinin etkili olacağı bildirilmiştir (26,30,33,34). Son ürünün kararlılığını ve fermentasyon başarısını etkileyen bir diğer önemli faktör ise fermentasyon sıcaklığıdır. Başarılı bir fermentasyon için 20-30 °C'ler arasındaki sıcaklıkların uygun olduğu ancak bundan düşük sıcaklıklarda verimin azaldığı bildirilmektedir. Bununla birlikte başarılı bir olgunlaşma süreci için tavsiye edilen optimum sıcaklıklar 26-30 °C 'lerdir (26,30,31,33,35). Silaj üretiminde silaj kalitesini etkileyen önemli faktörlerden

birisi de başlangıçta kullanılan ham materyalin tazeliğidir. Diğer gıda ürünlerinde olduğu gibi, başlangıç mikrobiyal yükü fazla olan ıskarta balık ve balık işleme atıklarından iyi kalitede bir silaj elde edilemez. Balık silajlarında yağların acılaşmasını geciktirmek, maya ve küf gelişimini önlemek için antioksidan ve antimikrobiyal ajanların kullanımı önerilmektedir. Şekil 5’ da fermente balık silajı üretim basamakları gösterilmiştir.



Şekil 5. Fermente silaj üretim basamakları

## BALIK SİLAJLARININ BESİN İÇERİKLERİ

İskarta balıklardan ve su ürünleri işleme atıklarından hazırlanan silajların besin içerikleri elde edildikleri ham materyale çok benzerdir. Gözlenebilecek farklılıklar silaj üretimi aşamasında ham materyale ilave edilen karbonhidrat, asitten veya LAB faaliyetlerinden dolayı kaynaklanan oransal değişimlerdir. Farklı ham materyallerden elde edilen asit ve fermente balık silajlarının besin madde içerikleri genel olarak değerlendirildiğinde nem %59-80, ham kül %1.9-8.5, protein %7.6-16.4 ve yağ %1.9-29.9 civarında belirlenmiştir (36). Tablo 1'de

bazı asit ve fermente balık silajlarındaki besin madde bileşenleri verilmiştir. Bu tablodan da izlenebileceği gibi balık silajları çok değerli bir besin kaynağıdır. Bazı araştırmacılar, balık silajlarında bulunabilen doymamış yağ asitlerinin kolayca okside olacağını, bu nedenle silajların yağlarının uzaklaştırılması gerektiğini önermişlerdir (21,47). Bununla birlikte, silajlardan ayrılan balık yağları insan beslenmesinde de kullanılabilir değerdedir. Özyurt ve ark (38) balık işleme atıklarından hazırlanan asit ve bakteri silajlardan geri kazanılan yağların içeriklerini araştırmışlardır. Levrek fileto atıkları (deri, kafa, bağırsak vb kısımları) bir öğütücüde parçalanmış ve altı eşit gruba bölünerek asit ve fermente silajlar hazırlanmıştır. Fermente silajlarda başlangıç kültürü olarak *Enterococcus gallinarum*, *Streptococcus spp*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum* ve *Pediococcus acidilactici* kullanılmış ve elde edilen tüm silajlardan izole edilen balık yağlarının peroksit, tiyobarbutirik asit, ansidin ve totoks değerlerinin yenilebilir yağlar için belirtilen kabul edilebilirlik limitleri içerisinde olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, asit ve LAB üyeleri ile hazırlanan balık atığı silajlarından elde edilen yağların insan beslenmesine uygun kalitede olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 1. Iskarta balık ve su ürünleri işleme atıklarından hazırlanan asit ve fermente balık silajlarının besin madde bileşenleri							
Silaj türü	Silaj materyali	Besin bileşenleri (%)					
		Nem	Kül	Protein	Yağ	Kyn.	
Asit silaj	Hidroklorik asit ve sitrik asit	Kırmızı pacu ( <i>C. macropomum</i> ) iç organları	44.3	10.3*	13.3*	69.9*	(37)
	Formik asit	Sardalya balığı ( <i>S. pilchardus</i> ) baş, deri, kılçık ve iç organları	66.93	5.64	11.83	12.18	(36)
	Formik asit	Iskarta balık ( <i>E.klunzingeri</i> )	76.9	5.2	16.4	2.1	(38)
	Formik asit ve sülfürik asit	Iskarta balık ( <i>E.klunzingeri</i> )	74.2	6.3	15.8	2.0	(38)
	Formik ve hidroklorik asit	Tatlısu balığı temizleme atıkları (kafa, iç organlar, yüzgeç vs)	74.5	1.13	9.74	9.99	(39)
	Formik asit	Tilapia işleme atıkları ( <i>Oreochromis spp.</i> )	80	3.6	9.7	7.6	(40)
	Sülfürik asit	Balık işleme atıkları ( <i>Otholitus sp.</i> , kafa, iç organlar vs)	68.04	8.26	15.82	5.47	(41)
	Formik ve propiyonik asit	Balık işleme atıkları ( <i>Otholitus sp.</i> , kafa, iç organlar vs)	67.18	8.50	15.54	5.99	(41)
	Formik asit	Tüm sardalya ( <i>S.pichardus</i> )	63.5	2.8	13.3	14.3	(32)
	Formik ve propiyonik asit	Balık işleme atıkları (belirtilmemiş)	80.83	3.3	15.30	5.78	(42)
	Asetik asit	Tuna iç organları ( <i>K. pelamis</i> , bağırsaklar, mide, karaciğer vs)	77.3	2.76	15.18	2.54	(43)
	Laktik asit	Alabalık iç organları ( <i>O. mykiss</i> )	68.48	1.72	12.61	19.18	(44)
	Formik asit ve propiyonik asit	Alabalık iç organları ( <i>O. mykiss</i> )	69.37	1.90	12.79	19.53	(44)
	Yoğurt	Kırmızı pacu ( <i>C. macropomum</i> ) iç organları	37.6-54.4	1.2-9.5*	9.8-13.1*	59.3-61.9*	(37)

**Tablo 1. Iskarta balık ve su ürünleri işleme atıklarından hazırlanan asit ve fermente balık silajlarının besin madde bileşenleri (Devamı)**

Silaj türü	Silaj materyali	Besin bileşenleri (%)					
		Nem	Kül	Protein	Yağ	Kyn.	
Fermente silaj	Fermente silaj ( <i>Streptococcus thermophilus</i> )	Sardalya balığı ( <i>S. pilchardus</i> ) baş, deri, kılçık ve iç organları	63.98	5.75	11.63	13.65	(36)
	Yoğurt	Sardalya balığı ( <i>S. pilchardus</i> ) baş, deri, kılçık ve iç organları	63.81	5.68	11.30	13.21	(36)
	Fermente silaj ( <i>L. pentosus</i> )	Iskarta balık (Kısa gövdeli uskumru, <i>R. brachysoma</i> )	69.12	3.92	14.39	3.97	(45)
	Fermente silaj ( <i>L. plantarum</i> )	Iskarta balık (Kısa gövdeli uskumru, <i>R. brachysoma</i> )	68.92	3.83	13.89	4.06	(45)
	Fermente silaj ( <i>L. plantarum</i> )	Iskarta balık ( <i>E. klunzingeri</i> )	76.2	5.5	14.1	1.9	(38)
	Fermente silaj ( <i>Streptococcus thermophiles</i> )	Iskarta balık ( <i>E. klunzingeri</i> )	75.00	5.5	15.6	2.0	(38)
	Fermente silaj ( <i>Lactobacillus sp. B2</i> )	Balık işleme atıkları ( <i>B. panamensis</i> , <i>P. snyderi</i> , <i>S. ensis</i> , <i>T. ovatus</i> , <i>A. regius</i> , <i>D. vulgaris</i> )	65.5	6.21	13.77	4.97	(46)
	Fermente silaj ( <i>L. plantarum</i> )	Balık işleme atıkları ( <i>Otholitus sp.</i> )	71.73	7.67	12.51	5.24	(41)
	Fermente silaj ( <i>L. plantarum</i> )	Tüm sardalya ( <i>S. pichardus</i> )	58.4	2.1	13.2	12.0	(32)
	Fermente silaj ( <i>L. plantarum</i> )	Alabalık iç organları ( <i>O. mykiss</i> )	59.33	2.10	9.40	29.94	(44)

\*: kuru maddede

### Balık silajlarının kullanım alanları

Balık unu evcil hayvan beslenmesinde kullanılan yem rasyonlarının üretiminde çok kullanılan hayvansal bir protein kaynağıdır. Özellikle akuakültürde dünya pazarı balık ununa alternatif etkili bir kaynak arayışı içerisinde, bu kapsamda balık silajı balık ununa karşı önemli bir alternatiftir. Balık unu ile karşılaştırıldığında silaj üretiminin avantaj ve dezavantajları aşağıdaki şekilde özetlenebilmektedir (Tablo 2). Balık unu ile karşılaştırıldığında balık silajının temel avantajlarından

biri düşük sermaye yatırımı ve basit işleme ekipmanı gerektirmesidir. Teknolojisi kolaydır ve üretim ünitesi hammadde tedarikine bağlı olarak herhangi bir boyutta planlanabilir. Bir diğer yandan, balık silajı çevre kirliliği yaratabilecek atık malzemeleri (örneğin yan av, düşük değerli balık türleri, iç organlar, deri, baş, yüzgeçler vb.) kullanılabilir kaynaklara dönüştürür. Ancak, balık silajının temel dezavantajı, yüksek su içerdiğinden dolayı nakliye maliyetidir. Ayrıca, silajın kar marjı düşüktür ve bu da işlemci için bir dezavantajdır. Akuakültürde direk kullanıldığında su kirliliği yapmaması için yemlere ilavesi önerilmektedir. Bununla birlikte, iklim koşulları uygun bölgelerde basitçe oda koşullarında kurutma ve son yıllarda kurutma teknolojisindeki gözlenen gelişmeler ile bu sorunun üstesinden gelinebilir. Fakat ürünün kurutulması ek enerji maliyeti anlamına geldiği unutulmamalıdır.

**Tablo 2. Balık silajı üretiminin avantaj ve dezavantajları**

<b>Avantajları</b>	<b>Dezavantajı</b>
Teknolojisi basittir	Akıcı, sıvı formu depolama, taşıma ve yemlere ilavesinde zorluklara neden olabilir. Bu sorunun üstesinden kurutma teknolojilerinin uygulanması ile gelinebilir.
Yatırım maliyeti azdır, hatta büyük ölçekte üretim için bile	
Üretim ham maddenin sürekliliğini gerektirmez	
Atık ve koku problemlerini azaltır	
Uygun şartlarda hazırlandığında mikrobiyal açıdan güvenli ürünler elde edilir	
Özellikle sıcak iklimli bölgelerde silaj olgunlaşması hızlıca gerçekleşir ve ürün hazır hale gelir	

Balık silajı balık unu gibi başta su ürünleri yetiştiriciliği olmak üzere birçok hayvan yem rasyonunda kullanılmaktadır. Özellikle yem maliyetini düşürmek için balık unu farklı seviyelerde balık silajıyla desteklenebilir. Bununla birlikte gübre olarak ve bitki biyo-sitümülantı olarak kullanımı gibi avantajlara sahiptir.

### **Su ürünleri yetiştiriciliğinde balık silajının kullanımı**

Doğadan avlanan balıklardan (pelajik balıklar) elde edilen balık unu ve balık yağı, su ürünleri yetiştiriciliğinde birincil yem bileşenleri olarak yer alır, yüksek kaliteli, sindirilebilir proteinler, dengeli bir amino asit bileşimi sağlar ve omega-3 yağ asitlerinin (özellikle eikosapentaenoik asit - EPA) ve dokosaheksaenoik asit - DHA) ana kaynağı olarak görev yapmaktadır. Bununla birlikte, balık unu üretim teknolojisi, ekonomik olarak sürdürülebilir kalmak için önemli miktarda enerji

ve sürekli taze hammadde tedariki gerektiren çok adımlı bir süreci içermektedir. 2020'de üretilen balık ununun yaklaşık %86'sı su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılmış, %9'u domuz yetiştiriciliğinde ve %5'i diğer amaçlar için kullanılmıştır (temel olarak evcil hayvan maması ve kümes hayvanı yetiştiriciliği). Benzer şekilde, aynı yıl balık yağının yaklaşık %73'ü su ürünleri yetiştiriciliğinde, %16'sı insan tüketimi için ve %11'i diğer amaçlar için kullanılmıştır (1). Bununla birlikte, su ürünleri yetiştiriciliğinde rasyonda balık unu ve balık yağının varlığını azaltmaya yönelik açık bir eğilim ortaya çıkmaktadır. Bu eğilim, öncelikle tedarik dalgalanmaları, fiyat değişimleri ve su ürünleri yemi endüstrisinden gelen sürekli artan talep tarafından yönlendirilmektedir. Son yıllarda su ürünleri yetiştiriciliği küresel gıda üretiminde önemli bir rol oynamakta ancak sürdürülebilirliği balık ununun yerini alacak alternatif protein kaynakları bulmaya bağlıdır. Bu nedenle, su ürünleri yetiştiriciliğinin çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği için balık unu ve balık yağına olan bağımlılığı azaltırken alternatif ve uygun maliyetli bileşenler bulmak zorunlu hale gelmiştir (48,49). Bitki bazlı hammaddeler kapsamlı şekilde araştırılmış ve ticari su ürünleri yetiştiriciliği yemlerine başarıyla dahil edilmiştir. Ancak, özellikle karnivor balık türleri için su ürünleri yetiştiriciliğinde geleneksel bitki bazlı proteinin kullanılması, yetersiz protein içeriği, lezzet sorunları, dengesiz amino asit profilleri ve antinutrisyonel faktörler gibi zorluklarla karşı karşıyadır. Bu zorluklar balık büyümesini, yem kullanımını, sindirilebilirliği ve genel sağlığı olumsuz yönde etkileyebilir (50,51). Ayrıca, doğrudan insan gıda kaynağı olan karasal ürünlerin su ürünleri yemlerinde kullanımı önemli sürdürülebilirlik etkileri de ortaya koymaktadır.

Balık silajı, balık gibi monogastrik (tek mideli) hayvanların protein ihtiyacını karşılayabilen yüksek kaliteli bir protein kaynağıdır. Balık yemlerinde balık silajı kullanımını, balık türüne, silaj için kullanılan asit türüne ve işleme yöntemine bağlı olarak farklı araştırmalarda değişen başarılar göstermiştir. Sıvı balık silajı doğrudan nemli diyetlere katılabilir veya hayvan yemi bileşeni olarak kullanılmak üzere yoğunlaştırılabilir veya kurutulabilir (52). Silaj bazlı nemli peletlerin, Norveç'te somon balığının büyümesinde çok iyi bir performans sağladığı ve %60'a kadar balık yemlerinde kullanılabilirdiği bildirilmiştir (53,54). Hint sazanı *Cirrhinus mrigala* (55) tilapya *Oreochromis niloticus* (56), *Oreochromis aureus* (57,58) ve pacu *Piractus mesopotamicus* (59) gibi sıcak su türlerinde beslenme, sindirilebilirlik ve büyüme çalışmaları, balık silajının yüksek sindirilebilirliğe sahip olduğunu ve su ürünleri yemlerindeki balık ununun %75'ine kadar etkili bir ikame olduğunu göstermiştir. Bazı araştırmacılar da silaj kullanımının daha

iyi bir performans vermese bile performansta düşüş yaratmadığını ve maliyeti azalttığını belirtmişlerdir (60,61).

Yarı kurutulmuş sardalya silajının balık unu temelli beslenen juvenil tilapyalara yemlerine kg'a 300g olacak şekilde ilave edilmesi; gelişme, yem değerlendirme ve besin madde bileşenlerini etkilemeksizin önerilmektedir (57). Afrika kedi balığı (*Clarias gariepinus*) üzerinde yapılan bir çalışmada %60 kıyılmış balık, %40 soya unu içeren asit silajların balık unu temelli diyetlerle yapılan karşılaştırmada çok iyi bir gelişme performansı gösterdiği bulunmuştur (62). Cisse ve ark., (63) ise tuna silajı ile beslenen kedi balıklarının (*Chrysichthys nigrodigitatus*) günlük ağırlık kazançlarının, yem çevirim oranları ve protein değerlendirme oranlarının balık unu temelli referans diyete göre daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, çiğ kıyılmış balığa alternatif olarak verilen balık silajı ile beslenen Atlantik salmonlarda ağırlık kazancı ve yem değerlendirmenin daha iyi olduğu yönünde bildirimler bulunmaktadır (64).

Tilapya atıkları (iç organ, baş, pul, kemik ve deri) ve %4 formik asitle hazırlanan balık silajı 80 °C sıcaklıkta kurutulduktan sonra pirinç kepeği ile karıştırılarak yine hibrit tilapya yavrularının (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus* × *O. aureus*) beslenmesinde kullanılmıştır (40). Araştırmacılar hazırlanan balık silajının yemde balık unu yerine %50 oranında kullanılabileceğini saptamışlardır. Fermente tuna (*Katsuwonus pelamis*) bağırsaklarının juvenil dil balığı (*Paralichthys olivaceus*) diyetlerinde balık unu yerine kullanılabilirliğini araştırıldığı bir çalışmada %10 oranında ikamenin en iyi gelişme performansını gösterdiği, bununla birlikte %15 oranında ikamenin ise kontrol grubundan farklı bir etki göstermediği belirlenmiştir (65). Bu araştırma sonucuna göre juvenil dil balığı yemlerinde %15' lik balık silajı ikamesi ekonomik bir avantaj sağlarken, %10 ikame oranında da daha iyi bir gelişme performansı sağladığı söylenebilir. Tablo 3'de su ürünleri yemlerinde balık silajının kullanımı ile ilgili yapılan araştırmalar özetlenmiştir.

**Tablo 3. Akuakültürde su ürünleri atıklarından hazırlanan silajların kullanımı üzerine yapılan araştırmalar**

Silaj türü	Yetiştiriciliği yapılan tür	Besleme süresi	Elde edilen sonuçlar	Kyn.
Karides baş atıklarından <i>Lactobacillus spp.</i> ile fermente silaj	Nil tilapyası ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	56 gün	%10 ile 30 oranında balık unu ile silajların ikamesi yapılmış, 8 hafta sonunda %10-15 oranlarında silaj ikamesinin en iyi yem değerlendirme, büyüme ve canlı ağırlık artışı gösteren gruplar olduğu bulunmuştur	(66)
Balık atığının ve <i>L. plantarum</i> kaynağı olarak yoğurdun kullanımı ile hazırlanan fermente silaj	Nil tilapyası ( <i>Oreochromis niloticus</i> ), Afrika yayın balığı ( <i>Clarias gariepinus</i> )	90 gün	Tilapya diyetlerinde balık ununun %25'inin, yayın balığı diyetlerinde balık ununun %50'sinin kurutulmuş fermente balık silajı ile, değiştirilebileceği bulunmuştur	(67)
% 2.2 formik asit ve %1 asit proteaz ile Alaska mezgiti içorganları ve başı 14 gün fermente edilmiş sonrasında 90 °C'de ısıtılıp soğutulmuştur	Japon levrek ( <i>Lateolabrax japonicus</i> )	60 gün	%15 oranında balık unu ile ikame en yüksek gelişme oranını vermiştir.	(68)
Fermente balık atıkları	Pisi balığı ( <i>Paralichthys olivaceus</i> )	70 gün	%30'a kadar balık unu ile ikame edilebileceği bulunmuştur	(69)
Balık atıklarından <i>Lactobacillus spp.</i> ve yoğurt ile fermente silaj	Afrika kedi balığı ( <i>Clarias gariepinus</i> )	90 gün	Rasyonda balık ununun %50'sinin kurutulmuş fermente balık silajı ile değiştirilmesi, Afrika kedi balığının büyüme veya yem kullanım parametrelerini etkilememiş ve yem maliyetlerini azaltmıştır	(70)

**Tablo 3. Akuakültürde su ürünleri atıklarından hazırlanan silajların kullanımı üzerine yapılan araştırmalar (Devamı)**

Silaj türü	Yetiştiriciliği yapılan tür	Besleme süresi	Elde edilen sonuçlar	Kyn.
Gökkuşluğu alabalığı iç organlarından formik asitle silaj hazırlanmıştır	Mozambik tilapya ( <i>Oreochromis mossambicus</i> )	52 gün	Düşük silaj dahil edilmesi, referansla karşılaştırıldığında lökositlerin fagositik aktivitesini iyileştirirken, yüksek dahil etme hiçbir iyileşme göstermedi. Silajın tilapyanın hücresel spesifik olmayan bağışıklığını uyarabileceği ve protein hidroliz ürünlerinin uyarımdan sorumlu olduğu sonucuna varılmıştır.	(71)
Ton balığı atıklarından sitrik asit ve fosforik asitle üretilen balık silajı kümes hayvanı yan ürünü ununu (3:2) zenginleştirmek için kullanılmıştır	Jüvenil gökkuşluğu alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	154 gün	Hayvansal protein kaynağı olarak balık silajıyla zenginleştirilmiş kümes hayvanı yan ürünü unu kullanıldığında, zenginleştirme yapılmamış veya balık unu ile zenginleştirme yapılmış gruplarla karşılaştırıldığında büyüme performansının daha iyi olduğu bulunmuştur	(72)

<b>Tablo 3. Akuakültürde su ürünleri atıklarından hazırlanan silajların kullanımı üzerine yapılan araştırmalar (Devamı)</b>				
<b>Silaj türü</b>	<b>Yetiştiriciliği yapılan tür</b>	<b>Besleme süresi</b>	<b>Elde edilen sonuçlar</b>	<b>Kyn.</b>
Balık atıkları yoğurt ile fermente edilmiştir	Nil tilapyası ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	84 gün	Balık ununun %50'si oranında fermente balık silajı ile değiştirilmesinin tilapyanın büyümesi ve yemden yararlanması üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı ve yem maliyetinde %15,59 oranında bir azalma sağladığı bulunmuştur	(70)
Ton balığı atıkları ve asetik asitle hazırlanmış asit silaj	Gümüş kedibalığı ( <i>Rhamdia quelen</i> )	55 gün	Ton balığı silajı, gümüş kedibalığı juvenilleri için yüksek besin kalitesi ve besin maddesi sindirilebilirliği sunmuştur.	(43)
Asit balık silajı	Karides ( <i>Litopenaeus vannamei</i> )	56 gün	%25 oranında asit balık silajı, karideslerde üstün büyüme performansı ile sonuçlanmıştır	(73)
Asit ve fermente balık silajı	Kırmızı pacu ( <i>Colossoma macropomum</i> )	21 gün	Balık iç organlarının silaja dönüştürülmesinin kırmızı pacu yavruları tarafından iyi sindirilen bir yem bileşeni haline getirdiği bulunmuştur	(37)

<b>Tablo 3. Akuakültürde su ürünleri atıklarından hazırlanan silajların kullanımı üzerine yapılan araştırmalar (Devamı)</b>				
<b>Silaj türü</b>	<b>Yetiştiriciliği yapılan tür</b>	<b>Besleme süresi</b>	<b>Elde edilen sonuçlar</b>	<b>Kyn.</b>
Asit mavi midye silajı	Atlantik salmon ( <i>Salmo salar</i> )		Mavi midye silajının Atlantik somonu diyetlerinde kullanılabileceğini, ancak silaj üretimi için uygulanan farklı işleme ve muhafaza yöntemlerinin, Atlantik somonu post-smoltlarının besin özelliklerini ve dolayısıyla büyüme performansını ve yemden yararlanma oranını etkileyebileceğini bulmuşlardır	(74)
Fermente balık silajı	Asya levreği ( <i>Lates calcarifer</i> )	90 gün	Asya levreği yavrularının beslenmesinde balık unu yerine %10 oranında balık silajı ikamesinin büyüme performansı, vücut indeksleri ve yemden yararlanma oranları üzerinde herhangi bir olumsuz etki yaratmadığı bulunmuştur.	(75)
Yoğurt ile kırmızı pacu içorganlarından hazırlanan fermente silaj	Kırmızı pacu ( <i>Colossoma macropomum</i> )	90 gün	Yavru kırmızı pacu için ekstrüde yem formülasyonuna %20'ye kadar balık silajı eklenebileceğini, bunun büyüme performansını veya sağlık parametrelerini etkilemediği bulunmuştur.	(76)

Balık silajları yüksek oranda bitki proteini içeren diyetlerde, yem çekici özelliklere sahip serbest amino asitleri ve amino asit olmayan nitrojen bileşikleri sağlayabilir. Sınırlı miktarda serbest amino asit ve kısa peptitlerin varlığının, yemdeki toplam amino asitlerin kademeli olarak emilmesine neden olabileceği öne sürülmektedir (77). Bitkisel içeriklerin yüksek oranda dahil edildiği, hayvansal içeriklerde doğal olarak bulunan besin maddelerinin düşük olduğu diyetlerin verildiği Atlantik somonları yüksek viseral ve plazma trigliseridine (TAG) sahip olmuşlardır (78). Benzer şekilde, metiyonin eksikliği viseral kütleyi ve karaciğer TAG birikimini artırmaktadır (61,79,80). Sonuç olarak, su ürünleri atıkları ile hazırlanan silajların serbest amino asitler ve kısa zincirli peptidler sağlayabilmesi nedeniyle kültür balıklarının sağlığını ve refahını iyileştirme potansiyeline sahip olduğu söylenebilir.

### **Çiftlik hayvanları beslenmesinde balık silajının kullanımı**

Balık ununun kümes hayvanı diyetlerinde kullanımı kümes hayvanı türüne, yaşam evresine ve yetiştirme amacına (yani et veya yumurta) bağlı olarak %2-10 oranları ile sınırlıdır. Bu oranların üzerinde kullanımı son ürünlerde balık aromasıyla ilişkilendirilmektedir (81). Uzun zamandır kümes hayvanları üretim endüstrisi balık ununu rasyonlarının uygun fiyatlı, besleyici ve sağlığı geliştirici bir bileşeni olarak kullanmıştır. 1988'de dünya balık unu üretiminin %80'i domuz ve kümes hayvanları için yemde kullanılırken, sadece %10'u su ürünleri yemlerine dahil edilmekteydi (82). 2010 yılında su ürünleri yemlerinde balık unu kullanımının tahmini miktarı %56 iken, domuz ve kümes hayvanı yemlerinde %32 oranında kullanılmıştır (83). Ancak günümüzde balık unundaki değer artışı yaygın kullanımını zorlaştırmış ve yalnızca yem alımını veya hastalık direncini artırmak için özel diyetlere ilave edilen lüks bir metaya dönüştürmüştür. Bu nedenle, düşük maliyetli bir alternatif olarak balık silajının kümes hayvanı diyetlerinde kullanılabilirliği önemli araştırma konularından birisi olmuştur.

Ologhobo ve ark. (84) silaj üretiminde formik asit ve hidroklorik asit kombinasyonunun kullanılmasının ve %6 oranında dahil edilmesinin düşük lezzet ve besin kalitesine yol açtığını, büyüme performansını ve karkas kalitesini düşürdüğünü ve ölüm oranında artış olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, Krogdahl (85), yumurtacı civciv ve yumurtacı tavukların diyetlerinde formik asitle üretilen konsantre mezzit iç organlarından elde edilen silajın balık unu ve soya unu proteinlerinin bir kısmının yerine kullanılmasını araştırmıştır. Araştırmacı, proteinlerin %20'sinin balık silajı ile beslendiği civcivlerde gelişmiş büyüme performansı gözlemlenirken, yumurta tavuklarında yumurta üretimi, yem

verimliliği ve yumurta duyu kalitesinin etkilenmediğini bulmuştur. Benzer şekilde, etlik piliçlerde de balık unu (%3 diyet içeriği) %5 ve %10'luk diyet içeriği seviyelerinde konsantre formik asitle korunmuş balık silajı ile tamamen ikame edildiğinde performansta iyileşme gözlenmiştir (86). Balios (87) tavuk beslemede alternatif protein kaynağı olarak kullanılan % 2.5 ve 5 düzeyindeki balık silajının, önemli miktarda daha yüksek yumurta verimine, daha iyi yumurta kabuğu oluşumu ve yemden yararlanma oranının artmasında etkili olduğunu belirtmiştir. Santana-Delgado ve ark. (88) sülfürik ve propiyonik asitle hazırladıkları uskumru silajlarının %1-3 oranında diyet içeriğine ilavesinde etlik piliçlerde büyüme performansını artırmada başarısız olduğunu ve %4-6 oranında diyet içeriğiyle performansı düşürdüğünü rapor etmişlerdir. Araştırmacılar, kullanılan kurutma yönteminin kümes hayvanı diyetleri için balık silajı kalitesinin sürdürülmesinde önemli bir rol oynadığını, güneşte kurutulan balık silajlarının düşük gelişme performansına neden olduğunu bildirmişlerdir (88). Hızlı ve uygun şekilde kurutulmuş veya konsantre edilmiş balık silajının, soya unu, balık unu veya bunların bir kombinasyonu ile değiştirildiğinde gelişmiş bir büyüme performansına yol açtığı bildirilmiştir (85,86,89,90). Ramirez ve ark. (46) bıldırcın beslemede laktik asit fermentasyonu ile hazırlanan balık silajı üzerine yapmış oldukları çalışmada, farklı düzeylerde eklenen (%0, 10, 20 ve 30) kurutulmuş balık silajı ve soyanın (1:1 w/w) bıldırcın performansı ve et kalitesini arttırdığını bulmuşlardır. Genel olarak, kanatlı diyetlerine balık silajı eklenmesine yönelik araştırmalar ümit verici sonuçlar göstermektedir. Balık unu kullanımına benzer şekilde, en iyi sonuçlar diyetlerin yaklaşık %2-10'u oranında balık silajı eklendiğinde ve proteinin %15-30'unu sağladığında elde edilmekte ve bu oranların son ürünlerin duyu kalitesi ile ilgili sorunlara yol açmadığı görülmektedir.

Geviş getiren hayvanlar için balık unu ana besin kaynağı olarak kabul edilirse ve endüstriyel olarak nadiren kullanılsa da takviyesinin belirli faydalar sağlayabileceği öne sürülmektedir. Ward ve ark (91) başlangıçtaki bir uyum sağlama periyodundan sonra ruminantların balık silajında bulunan proteinleri kullanabildiğini belirtmiştir. Reis ve Schinckel (92) koyunlarda balık unu kullanımının bağırsaklardan absorbe edilen amino asit miktarının artışıyla bağlantılı olarak yün miktarında önemli derecede artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Süt verimi yüksek olan hayvanlarda rumendeki protein sentezi hayvanın gereksinmelerini karşılamaktan uzak kalması durumunda rumende yıkıma dirençli protein kaynaklarının kullanılması zorunlu olabilmektedir (93). Bu amaçla kullanılacak en önemli kaynakların hayvansal kökenli (et-kemik unu, kan unu, tüy unu ve balık unu) kaynaklar olduğu bilinmektedir.

Bahsedilen bu proteinlerin ince bağırsaklarda sindirilebilir olmaları ve aminoasit kompozisyonlarının da süt verimi için sınırlayıcı olan özellikle metiyonin ve lizin bakımından iyi durumda olması gerekmektedir (94). Su ürünleri ise esansiyel amino asitlerden metiyonin ve lizin açısından zengin besin kaynaklarıdır. Yine yapılan araştırmalarda balık silajlarının dengeli ve esansiyel amino asitlerce zengin yem kaynakları olduğu belirlenmiştir (26,95). Salas ve ark. (96) ıskarta olarak değerlendirilen şeytan balığını (*Pterigoplychthys spp.*) domuz, koyun ve sığır yetiştiriciliğinde protein gereksinimini karşılamak amacıyla silaj yapımında kullanmışlardır. Balık silajı katkısı içeren rasyonlarla kış ayları süresince beslenen süt sığırlarının süt üretimi yaz döneminde balık silajı içermeyen rasyonla beslenen sığırlardan elde edilen değerlerle karşılaştırılabilir düzeyde olmuştur. Benzer olarak, balık silajı koyunların rasyonlarında da olumlu sonuçlar vermiştir. Koyunlarda kuru madde bazında 500 g ticari rasyon ile 200 g melas balık silajı blokları ve 300 g arpa rasyonu yer değiştirildiği zaman koyunların büyüme performansı %24 daha fazla olmuştur. Tejada-Arroyo ve ark. (97) ise kuzu diyetlerinde %18 oranında kullanılan balık silajının herhangi bir negatif etkiye sebep olmaksızın üretim performansını geliştirdiğini saptamışlardır. Özyurt ve ark., (17) asit ve fermente balık silajlarının in vitro sindirilebilirliklerini değerlendirmişler ve rumenler için yüksek sindirilebilirlik oranları nedeniyle potansiyel bir yem bileşeni olduğu sonucuna varmışlardır. Özellikle büyük ölçekli ruminant üretim sistemleri için kaliteli yemlere balık silajının dahil edilmesi ve ruminal fermentasyon ve sindirilebilirlik üzerindeki etkileri konusunda hala çok fazla araştırma eksiktir. Bununla birlikte, ruminant diyetlerinin balık silajı ile değiştirilmesi, besleyici karasal ham madde eksikliği ve balıkçılık yan ürünlerinin fazlalığı olan bölgelerde düşük maliyetli, oldukça besleyici protein ve lipit kaynağı olarak bir potansiyele sahiptir (98).

Ülkemizde tercih edilmese de yurt dışında popüler olarak tüketilen domuzların yetiştiriciliği hızlı büyüme ve verimli yem dönüşüm oranlarına sahiptir. Genellikle, genç domuzların performansını artırmak için diyetlerine %5-10 oranlarında balık unu eklenmektedir (99). Araştırmacılar, domuzların genellikle ıslak yemlerle beslenmesinin büyük bir avantaj olduğunu, pahalı kurutma yöntemlerine gerek kalmadan çiğ balık silajının doğrudan uygulanabileceğini belirtmişlerdir (100) Birçok Avrupa ülkesinde, daha düşük bileşen maliyetleriyle elde edilen benzer büyüme sonuçları nedeniyle, balık silajını domuz diyetlerinde balık unundan daha fazla tercih edilmektedir (98).

### **Gübre olarak balık silajının kullanımı**

Balık ve kabuklu deniz ürünlerinin gübre olarak kullanımı uzun bir geleneğe sahiptir. Mısırlılar, İnkalar ve Mayalar tarafından balık ve balık atıklarının gübre olarak kullanıldığı ve orta çağ Fransa'sında kabuklu deniz ürünleri artıklarının kıyı boyunca bol miktarda ürün yetiştirmek için kullanıldığı bilinmektedir. 19. yüzyılda ticari gübrelere olan ilginin artması, Norveç'te "balık guanosu" üreten birkaç fabrikanın kurulmasına yol açmış, morina ve diğer balıkların başları buharda pişirilmiş veya sülfürik asitle işlendikten sonra kurutulup, öğütülmüş ve Almanya gibi ülkelere ihraç edilmiştir (101).

Balık silajı toprakta bulunan mikroorganizmalar ve bitkilerin gelişimi için önemli besin bileşenleri içermektedir. Özellikle tropik bölgelerde, balıkçılığın önemli bir geçim kaynağı olduğu yerlerde balık atıklarının silaj yapımından sonra sulandırılarak gübre amaçlı kullanıldığı bilinmektedir. Balık atıkları azot ve fosfor açısından zengindir, bu da kompostlamadan elde edilen son ürünün toprak yapısını ve verimliliğini iyileştirmek için bir toprak düzenleyici olarak kullanılmasını uygun hale getirir ve böylece tarımda kullanılan sentetik gübrelerin yerine kullanılabilir. Sansoucy (102) balık silajının sulandırılması ile değerli bir bitki gübresi elde edilebileceğini belirtmektedir. Fermente balık proteininin bitki katalizörü olarak 3 lit/akre dozunda ekim öncesi aşamadan itibaren eklenmesi çeltik verimini %20-30 oranında artırmış, bodur büyümenin ortadan kaldırılmasına ve verimin iyileştirilmesine yardımcı olmuştur (103). Gagnon ve Berrouard (104) domates yetiştiriciliği için balık ve su ürünleri atıklarının ticari gübrelere benzer etkilere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde İtalyan çimi ve kıvıllı sedir için balık silajının etkili bir verim arttırıcı olduğu rapor edilmiştir (105).

Karim ve ark. (106) beş farklı konsantrasyonda balık silajı gübresini (%1, 2.5, 5, 7.5 ve 10) ticari bir gübre (N-P-K, 15:15:15) ile kıyaslamışlar, sıvı balık silajı gübresinin % 5, 7.5 ve 10 oranlarının bitki gelişimi, verim, pigment konsantrasyonu ve hasat sonrası kalitesi üzerine ticari gübre ile aynı etkiye sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Fermente balık atıkları ile gübreleme, *Vigna radiata* yapraklarında biyosentetik kapasiteyi artıracak anatomik değişikliklere neden olduğu, fotosentetik pigment seviyesini artırarak bitkinin yapraklarındaki toplam şeker, nitrat, protein ve mineral içeriğinin artmasına neden olduğu bulunmuştur (107). Hammoutou ve ark. (108) balık atıklarından fermantasyon yoluyla amino asitler ve eser elementler açısından zengin biyo-uyarıcılar üretmişlerdir. Araştırmacılar, inceledikleri biyo-uyarıcılarının bitkiye ve toprağa önemli miktarda azot minerali

ve organik madde sağlama kapasitesine sahip olduğunu, köklendirme gübresi, bitki uzama gübresi ve üretim gübresi olarak kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

## **SONUÇ**

Iskarta balık ve su ürünleri işleme sanayi atıklarının değerlendirilmemesinin kaynak israfı olduğu ve bu nedenle kabul edilemez olduğu konusunda artan bir farkındalık vardır. Bu organik materyallerin asit veya laktik asit bakterileri kullanılarak korunması, hemen hemen her ölçekte uygulanabilen basit ve ucuz bir teknolojidir. Silajlar, çiftlik hayvanları ve balıklar için yararlı besinler olmasının yanında, serbest amino asitler ve kısa zincirli peptitleri içermeleri nedeniyle büyüme performansını destekleyen bir yem katkı maddesi olarak da işlev görebilir. Benzer şekilde, laktik asit, formik asit, propiyonik asit gibi organik asit içerikleri nedeniyle, özellikle olumsuz mikrobiyolojik koşullar altında balıkların ve hayvanların büyümesine ve refahına katkıda bulunabilirler. Balık silajlarında depolama sırasında meydana gelen değişimleri belirlemek için kullanılan yöntemler diğer su ürünlerinin kalite kontrollerinde kullanılan yöntemlerden farklı değildir. Özellikle küçük ölçekli üretici için dikkat edilmesi gereken en önemli parametre pH değerini takip etmektir. Balık silajları, depolamada eğer asitliğine dikkat edilirse aylar veya bir kaç yıl boyunca bozulmadan saklanabilmektedir.

Farklı ham materyaller, koruyucu maddeler ve teknikler kullanılarak üretilen balık silajının fiziko-kimyasal ve besinsel özellikleri üzerine çok sayıda araştırma yapılmış olmasına rağmen, balık silajı üretiminin tüm değer zinciri üzerindeki etkisini inceleyen ekonomik çalışmalar ve analizler henüz yeterli değildir. Balık silajının hayvan yemlerinde protein takviyesi olarak kullanım potansiyeli yüksektir, ancak balık silajı kullanmanın açık bir avantajının olmaması, mevcut protein kaynaklarıyla rekabet etmeyi zorlaştırabilir. Bu nedenle, yerel hayvan yemi üreticilerinin balık silajını kullanma isteğine ve nihai ürünün özel gereksinimlerine odaklanılan kapsamlı ve eleştirel bir pazar analizinin yapılması gerekir. Özellikle iyi kalitede protein bileşenlerinin eksik olduğu bölgelerde, balık silajını başarılı bir şekilde perakende olarak satma şansı yüksek olacaktır. Ayrıca, çeşitli hidrolize balık silajı tiplerinin sucul organizmalar ve larva rasyonlarına dahil edilmesinin bağımsızlık sistemi için potansiyel faydaları üzerine derinleştirilecek araştırmalar, balık silajı için önemli pazar fırsatları sağlayacaktır. Bununla birlikte, balık silajının ısıl işleme ve nem azaltımı sırasında enerji tüketimini azaltmak, pazar fırsatlarını artırmak için üzerinde durulması gereken en acil konular arasındadır.

## KAYNAKÇA

1. FAO. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. FAO; 2022. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>. [Accessed 27th August 2024].
2. TEPGE. *Tarım ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE) Ürün Raporu, Su Ürünleri 2023*. TEPGE yayın no: 373, ISBN: 978-625-8451-93-1, Ankara. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepage/Belgeler/PDF%20C3%9Cr%3%BCn%20Raporlar%20C4%B1/2023%20C3%9Cr%3%BCn%20Raporlar%20C4%B1/Su%20C3%9Cr%3%BCnleri%20C3%9Cr%3%BCn%20Raporu%202023-373%20TEPGE.pdf> [Accessed 21st August 2024].
3. Ganjeh AM, Saraiva JA, Pinto CA, Casal S, Silva AM. Emergent technologies to improve protein extraction from fish and seafood by-products: an overview. *Applied Food Research*. 2023; 100339. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100339>.
4. Sarkar MSI, Hasan MM, Hossain MS, Khan M, Al Islam A, Paul SK, et al. Exploring fish in a new way: A review on non-food industrial applications of fish. *Heliyon*. 2023; <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22673>.
5. Torres JA, Chen YC, Rodrigo-Garcia J, Jaczynski J. Recovery of by-products from seafood processing streams. In: *Maximising the value of marine by-products*. Elsevier; 2007. p. 65–90.
6. Thirukumaran R, Anu Priya VK, Krishnamoorthy S, Ramakrishnan P, Moses JA, Anandharamakrishnan C. Resource recovery from fish waste: Prospects and the usage of intensified extraction technologies. *Chemosphere*. 2022;299: 134361. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.134361>.
7. FAO, [ed.]. *Sustainability in action*. Rome; 2020. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.
8. Guillen J, Holmes SJ, Carvalho N, Casey J, Dörner H, Gibin M, et al. A review of the European Union landing obligation focusing on its implications for fisheries and the environment. *Sustainability*. 2018;10(4): 900. <https://doi.org/10.3390/su10040900>.
9. Nellemann C. *The environmental food crisis: the environment's role in averting future food crises: a UNEP rapid response assessment*. UNEP/Earthprint; 2009.
10. El-Sayed AFM. Tilapia trade and marketing. *Tilapia Culture*. 2020; 261–274.
11. Arason S, Karlsdottir M, Valsdottir T, Slizyte R, Rustad T, Falch E, et al. *Maximum resource utilisation-value added fish by-products*. Nordic Council of Ministers; 2010.
12. Özyurt G, Özkütük AS, Uçar Y, Durmuş M, Özoğul Y. Fatty acid composition and oxidative stability of oils recovered from acid silage and bacterial fermentation of fish (Sea bass–*Dicentrarchus labrax*) by-products. *International Journal of Food Science & Technology*. 2018;53(5): 1255–1261. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13705>.
13. Özyurt G, Özoğul Y, Kuley Boga E, Özkütük AS, Durmuş M, Uçar Y, et al. The Effects of Fermentation Process with Acid and Lactic Acid Bacteria Strains on the Biogenic Amine Formation of Wet and Spray-Dried Fish Silages of Discards. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2019;28(3): 314–328. <https://doi.org/10.1080/10498850.2019.1578314>.
14. Fagbenro OA. Preparation, properties and preservation of lactic acid fermented shrimp heads. *Food Research International*. 1996;29(7): 595–599. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(96\)00077-4](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(96)00077-4).
15. Olsen RL, Toppe J. Fish silage hydrolysates: Not only a feed nutrient, but also a useful feed additive. *Trends in food science & technology*. 2017;66: 93–97. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.003>.

16. Kuley E, Özyurt G, Özogul I, Boga M, Akyol I, Rocha JM, et al. The role of selected lactic acid bacteria on organic acid accumulation during wet and spray-dried fish-based silages. Contributions to the winning combination of microbial food safety and environmental sustainability. *Microorganisms*. 2020;8(2): 172. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020172>.
17. Ozyurt G, Boga M, Uçar Y, Boga EK, Polat A. Chemical, bioactive properties and in vitro digestibility of spray-dried fish silages: Comparison of two discard fish ( *Equulites klunzingeri* and *Carassius gibelio* ) silages. *Aquaculture Nutrition*. 2018;24(3): 998–1005. <https://doi.org/10.1111/anu.12636>.
18. Özyurt G, Durmuş M, Uçar Y, Özoğul Y. The potential use of recovered fish protein as wall material for microencapsulated anchovy oil. *LWT*. 2020;129: 109554. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109554>.
19. Rai AK, Swapna HC, Bhaskar N, Halami PM, Sachindra NM. Effect of fermentation ensilaging on recovery of oil from fresh water fish viscera. *Enzyme and Microbial Technology*. 2010;46(1): 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2009.09.007>.
20. Murthy PS, Rai AK, Bhaskar N. Fermentative recovery of lipids and proteins from freshwater fish head waste with reference to antimicrobial and antioxidant properties of protein hydrolysate. *Journal of Food Science and Technology*. 2014;51(9): 1884–1892. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0730-z>.
21. Raa J, Gildberg A, Olley JN. Fish silage: a review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*. 1982;16(4): 383–419.
22. Rusmana I, Suwanto A, Mubarak DNR. Characterization of lactic acid bacteria isolated from an Indonesian fermented fish (bekasam) and their antimicrobial activity against pathogenic bacteria. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2013;25(6): 489. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v25i6.12478>.
23. Shabani A, Boldaji F, Dastar B, Ghoorchi T, Zerehdaran S. Preparation of fish waste silage and its effect on the growth performance and meat quality of broiler chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018;98(11): 4097–4103. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8926>.
24. Shabani A, Jazi V, Ashayerizadeh A, Barekatin R. Inclusion of fish waste silage in broiler diets affects gut microflora, cecal short-chain fatty acids, digestive enzyme activity, nutrient digestibility, and excreta gas emission. *Poultry science*. 2019;98(10): 4909–4918. <https://doi.org/10.3382/ps/pez244>.
25. Shabani A, Boldaji F, Dastar B, Ghoorchi T, Zerehdaran S, Ashayerizadeh A. Evaluation of increasing concentrations of fish waste silage in diets on growth performance, gastrointestinal microbial population, and intestinal morphology of broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*. 2021;275: 114874. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114874>.
26. Vidotti RM, Viegas EMM, Carneiro DJ. Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal feed science and technology*. 2003;105(1–4): 199–204.
27. Rahmi M, Faid M, Elyachioui M, Berny EH, Fakir M, Ouhssine M. Protein rich ingredients from fish waste for sheep feeding. *African Journal of Microbiology Research*. 2008;2(4): 73–77.
28. Llanes J, Toledo J. Physicochemical composition and digestibility of silages from fishery residues in the Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Cuban Journal of Agricultural Science*. 2011;45(4).

29. Vidotti RM, Pacheco MTB, Gonçaves GS. Characterization of the oils present in acid and fermented silages produced from Tilapia filleting residue Caracterização dos óleos de silagens ácidas e fermentadas produzidas com resíduos da filetagem de tilápias. 2011; <https://agris.fao.org/search/en/providers/122436/records/64747c2f425ec3c088f6c050>
30. Fagbenro OA, Jauncey K. Physical and nutritional properties of moist fermented fish silage pellets as a protein supplement for tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal feed science and technology*. 1998;71(1–2): 11–18.
31. Zahar M, Benkerroum N, Guerouali A, Laraki Y, El Yakoubi K. Effect of temperature, anaerobiosis, stirring and salt addition on natural fermentation silage of sardine and sardine wastes in sugarcane molasses. *Bioresource technology*. 2002;82(2): 171–176.
32. Davies SJ, Guroy D, Hassaan MS, El-Ajnaf SM, El-Haroun E. Evaluation of co-fermented apple-pomace, molasses and formic acid generated sardine based fish silages as fishmeal substitutes in diets for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) production. *Aquaculture*. 2020;521: 735087.
33. Shirai K, Guerrero I, Huerta S, Saucedo G, Castillo A, Gonzalez RO, et al. Effect of initial glucose concentration and inoculation level of lactic acid bacteria in shrimp waste ensilation. *Enzyme and Microbial Technology*. 2001;28(4–5): 446–452.
34. Larsen JH. Fish silage technology. *Info-SAMAK International*. 2015; 20–23.
35. Inoue S, Suzuki-Utsunomiya K, Komori Y, Kamijo A, Yumura I, Tanabe K, et al. Fermentation of non-sterilized fish biomass with a mixed culture of film-forming yeasts and lactobacilli and its effect on innate and adaptive immunity in mice. *Journal of bioscience and bioengineering*. 2013;116(6): 682–687. <https://doi.org/10.1016/j.jbioso.2013.05.022>.
36. Özkütük AS, Özyurt G. Balık silajı üretimi için basit bir yöntem: İnokulum olarak yoğurt kullanımı. *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences (EgeJFAS)/Su Ürünleri Dergisi*. 2022;39(3).
37. Santana TM, Dantas F de M, Monteiro Dos Santos DK, Kojima JT, Pastrana YM, De Jesus RS, et al. Fish viscera silage: production, characterization, and digestibility of nutrients and energy for tambaqui juveniles. *Fishes*. 2023;8(2): 111. <https://doi.org/10.3390/fishes8020111>.
38. Özyurt G, Gökdoğan S, Şimşek A, Yuvka I, Ergüven M, Kuley Boga E. Fatty acid composition and biogenic amines in acidified and fermented fish silage: a comparison study. *Archives of animal nutrition*. 2016;70(1): 72–86. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2015.1117696>.
39. Tanuja S, Mohanty PK, Kumar A, Moharana A, Nayak SK. Shelf life study of acid added silage produced from fresh water fish dressing waste with and without the addition of antioxidants. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*. 2014;5(2): 91–98.
40. Madage SSK, Medis WUD, Sultanbawa Y. Fish Silage as Replacement of Fishmeal in Red Tilapia Feeds. *Journal of Applied Aquaculture*. 2015;27(2): 95–106. <https://doi.org/10.1080/10454438.2015.1005483>.
41. Pagarkar AU, Basu S, Mitra A, Sahu NP. Preparation of bio-fermented and acid silage from fish waste and its biochemical characteristic. *Asian Journal of Microbiology Biotechnology and Environmental Sciences*. 2006;8(2): 381.

42. Raj R, Raju CV, Lakshmisha IP. Nutritional and biochemical properties of fish silage prepared as an ingredient in poultry feed. 2018; <https://doi.org/10.20546/ijc-mas.2018.705.054>.
43. Banze JF, Silva M da, Enke DBS, Fracalossi DM. Acid silage of tuna viscera: production, composition, quality and digestibility. *Boletim do Instituto de Pesca*. 2017;44: 24–34. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017.24.34>.
44. Raeesi R, Shabanpour B, Pourashouri P. Quality Evaluation of Produced Silage and Extracted Oil from Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Wastes Using Acidic and Fermentation Methods. *Waste and Biomass Valorization*. 2021;12(9): 4931–4942. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01331-8>.
45. Hasan B. Fermentation of fish silage using *Lactobacillus pentosus*. *Journal Nature Indonesia*. 2003;6(1): 11–15.
46. Ramírez JCR, Ibarra JI, Romero FA, Ulloa PR, Ulloa JA, Matsumoto KS, et al. Preparation of biological fish silage and its effect on the performance and meat quality characteristics of quails (*Coturnix coturnix japonica*). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2013;56: 1002–1010.
47. Arruda LF de, Borghesi R, Oetterer M. Use of fish waste as silage: a review. *Brazilian archives of Biology and Technology*. 2007;50: 879–886. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132007000500016>.
48. Sampathkumar K, Yu H, Loo SCJ. Valorisation of industrial food waste into sustainable aquaculture feeds. *Future Foods*. 2023;7: 100240. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100240>.
49. Hua K, Cobcroft JM, Cole A, Condon K, Jerry DR, Mangott A, et al. The future of aquatic protein: implications for protein sources in aquaculture diets. *One Earth*. 2019;1(3): 316–329. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018>.
50. Dawood MAO, Koshio S. Application of fermentation strategy in aquafeed for sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture*. 2020;12(2): 987–1002. <https://doi.org/10.1111/raq.12368>.
51. Colombo SM, Roy K, Mraz J, Wan AHL, Davies SJ, Tibbetts SM, et al. Towards achieving circularity and sustainability in feeds for farmed blue foods. *Reviews in Aquaculture*. 2023;15(3): 1115–1141. <https://doi.org/10.1111/raq.12766>.
52. Goddard JS, Perret JSM. Co-drying fish silage for use in aquafeeds. *Animal Feed Science and Technology*. 2005;118(3–4): 337–342.
53. Batista I. Fish silage: preparation and uses. 1987; <https://agris.fao.org/search/en/providers/122621/records/647751c65eb437ddff749feb>
54. Akhtar A, Arason S, Einarsson MI, Ehf M. Fish Silage From Side Streams Of Processing Factories As Raw Material For Aquafeed. 2017;
55. Ali MZ, Gheyasuddin S, Zaher M, Hossain MA, Islam MN. Evaluation of fish silage prepared from underutilized marine fishes as protein sources in the diet of major carp (*Cirrhinus mrigala*). 1994;
56. Fagbenro O, Jauncey K. Chemical and nutritional quality of stored fermented fish (tilapia) silage. *Bioresource technology*. 1993;46(3): 207–211.
57. Goddard JS, Al-Yahyai DSS. Chemical and nutritional characteristics of dried sardine silage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. 2001;10(4): 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22673>.
58. Goddard JS, McLean E, Wille K. Co-dried sardine silage as an ingredient in tilapia, *Oreochromis aureus*, diets. 2003;

59. Vidoiti RM, Carneiro DJ, Viegas EMM. Acid and Fermented Silage Characterization and Determination of Apparent Digestibility Coefficient of Crude Protein for Pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2002;33(1): 57–62. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00478.x>.
60. Heras H, McLeod CA, Ackman RG. Atlantic dogfish silage vs. herring silage in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*): growth and sensory evaluation of fillets. *Aquaculture*. 1994;125(1–2): 93–106.
61. Espe M, Holen E, He J, Provan F, Chen L, Øysæd KB, et al. Hydrolyzed fish proteins reduced activation of caspase-3 in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> induced oxidative stressed liver cells isolated from Atlantic salmon (*Salmo salar*). *SpringerPlus*. 2015;4(1): 658. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1432-6>.
62. Balogun AM, Fasakin EA, Owolanke D. Evaluation of Fish Silage/Soybean Meal Blends as Protein Feedstuff for *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) Fingerlings. *Journal of Applied Animal Research*. 1997;11(2): 129–136. <https://doi.org/10.1080/09712119.1997.9706172>.
63. Cisse A, Luquet P, Etchian A. Use of chemical or biological fish silage as feed for *Chrysichthys nigrodigitatus* (Bagridae). *Aquatic Living Resources (France)*. 1995;
64. Espe M, Haaland H, Njaa LR. Autolysed fish silage as a feed ingredient for Atlantic salmon (*Salmo salar*). 1992;
65. Lee SM, Pham MA, Shin IS. Partial Replacement of Fish Meal by Fermented Skipjack Tuna Viscera in Juvenile Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) Diets. *Fisheries and Aquatic Sciences*. 2009;12(4): 305–310. <https://doi.org/10.5657/fas.2009.12.4.305>.
66. Plascencia-Jatomea M, Olvera-Novoa MA, Arredondo-Figueroa JL, Hall GM, Shirai K. Feasibility of fishmeal replacement by shrimp head silage protein hydrolysate in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L) diets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2002;82(7): 753–759. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1092>.
67. Montero D, Kalinowski T, Obach A, Robaina L, Tort L, Caballero MJ, et al. Vegetable lipid sources for gilthead seabream (*Sparus aurata*): effects on fish health. *Aquaculture*. 2003;225(1–4): 353–370. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00301-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00301-6).
68. Liang M, Wang J, Chang Q, Mai K. Effects of different levels of fish protein hydrolysate in the diet on the nonspecific immunity of Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus* (Cuvieret Valenciennes, 1828). *Aquaculture Research*. 2006;37(1). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01392.x>.
69. Sun M, Kim YC, Okorie OE, Devnath S, Yoo G, Lee S, et al. Use of Fermented Fisheries By-products and Soybean Curd Residues Mixture as a Fish Meal Replacer in Diets of Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 2007;38(4): 543–549. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00128.x>.
70. Soltan MA, Hanafy MA, Wafa MIA. An evaluation of fermented silage made from fish by-products as a feed ingredient for African catfish (*Clarias gariepinus*). 2008;
71. Goosen NJ, De Wet LF, Görgens JF. Rainbow trout silage as immune stimulant and feed ingredient in diets for Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture Research*. 2016;47(1): 329–340. <https://doi.org/10.1111/are.12497>.
72. Barreto-Curiel F, Parés-Sierra G, Correa-Reyes G, Durazo-Beltrán E, Viana MT. Total and partial fishmeal substitution by poultry by-product meal (petfood grade) and enrichment with acid fish silage in aquafeeds for juveniles of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 2016;44(2): 327–335. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue2-fulltext-13>.

73. Shao J, Wang L, Shao X, Liu M. Dietary different replacement levels of fishmeal by fish silage could influence growth of *Litopenaeus vannamei* by regulating mTOR at transcriptional level. *Frontiers in Physiology*. 2020;11: 359. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00359>.
74. Sartipiyarahmadi S, Philip AJP, Forshei AN, Sveier H, Steinsund S, Kleppe M, et al. Blue mussel (*Mytilus edulis*) silage, a possible low trophic marine protein source for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*. 2024;587: 740829. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740829>.
75. Phumee P, Koedprang W. Replacement of Fish Meal with a Combination of Fermented Fish and Soybean Meal in the Diet of Juvenile Asian Seabass, *Lates calcarifer* (Bloch, 1790). *Journal of Fisheries & Environment*. 2024;48(1).
76. Santana TM, Dantas FM, Prestes AG, Jerônimo GT, Da Costa JI, Dos Santos DKM, et al. Evaluation and economic analysis of fermented fish viscera silage in diets for tambaqui (*Colossoma macropomum*) and its effects on the physical quality of pellets, growth performance, health parameters. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2024; jpn.13999. <https://doi.org/10.1111/jpn.13999>.
77. Refstie S, Olli JJ, Standal H. Feed intake, growth, and protein utilisation by post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in response to graded levels of fish protein hydrolysate in the diet. *Aquaculture*. 2004;239(1–4): 331–349. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.06.015>.
78. Torstensen BE, Espe M, Stubhaug I, Lie Ø. Dietary plant proteins and vegetable oil blends increase adiposity and plasma lipids in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *British Journal of Nutrition*. 2011;106(5): 633–647. <https://doi.org/10.1017/S0007114511000729>.
79. Espe M, Hevrøy EM, Liaset B, Lemme A, El-Mowafi A. Methionine intake affect hepatic sulphur metabolism in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*. 2008;274(1): 132–141. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.10.051>.
80. Espe M, Rathore RM, Du ZY, Liaset B, El-Mowafi A. Methionine limitation results in increased hepatic FAS activity, higher liver 18: 1 to 18: 0 fatty acid ratio and hepatic TAG accumulation in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Amino acids*. 2010;39: 449–460. <https://doi.org/10.1007/s00726-009-0461-2>.
81. Leeson S, Summers JD. *Commercial poultry nutrition*. Nottingham university press; 2009.
82. Olsen RL, Hasan MR. A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. *Trends in Food Science & Technology*. 2012;27(2): 120–128. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.06.003>.
83. Huntington TC, Hasan MR. Fish as feed inputs for aquaculture—practices, sustainability and implications: a global synthesis. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. 2009;518: 1–61.
84. Ologhobo AD, Balogun AM, Bolarinwa BB. The replacement value of fish silage for fish meal in practical broiler rations. *Biological wastes*. 1988;25(2): 117–125. [https://doi.org/10.1016/0269-7483\(88\)90101-2](https://doi.org/10.1016/0269-7483(88)90101-2).
85. Krogdahl Å. Fish Viscera Silage as a Protein Source for Poultry: I. Experiments with Layer-type Chicks and Hens. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 1985;35(1): 3–23. <https://doi.org/10.1080/00015128509435754>.
86. Kjos NP, Herstad O, Øverland M, Skrede A. Effects of dietary fish silage and fish fat on growth performance and meat quality of broiler chicks. *Canadian Journal of Animal Science*. 2000;80(4): 625–632. <https://doi.org/10.4141/A00-039>.

87. Balios J. Nutritional value of fish by-products, and their utilization as fish silage in the nutrition of poultry. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Environmental Science and Technology*. 2003. p. 70–76.
88. Santana-Delgado H, Avila E, Sotelo A. Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. *Animal Feed Science and Technology*. 2008;141(1–2): 129–140. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds-ci.2007.05.023>.
89. Al-Marzooqi W, Al-Farsi MA, Kadim IT, Mahgoub O, Goddard JS. The effect of feeding different levels of sardine fish silage on broiler performance, meat quality and sensory characteristics under closed and open-sided housing systems. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2010;23(12): 1614–1625. <https://doi.org/10.5713/ajas.2010.10119>.
90. Johnson RJ, Brown N, Eason P, Sumner J. The nutritional quality of two types of fish silage for broiler chickens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1985;36(11): 1051–1056. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740361105>.
91. Ward WJ, Parrott GA, Iredale DG. Fish waste as silage for use as an animal feed supplement. 1985;
92. Reis PJ, Schinckel PG. Nitrogen utilization and wool production by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1961;12(2): 335–352. <https://doi.org/10.1071/AR9610335>.
93. Stern MD, Varga GA, Clark JH, Firkins JL, Huber JT, Palmquist DL. Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*. 1994;77(9): 2762–2786. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77219-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77219-2).
94. Santos FAP, Santos JEP, Theurer CB, Huber JT. Effects of rumen-undegradable protein on dairy cow performance: A 12-year literature review. *Journal of dairy science*. 1998;81(12): 3182–3213.
95. Mach DT, Nortvedt R. Chemical and nutritional quality of silage made from raw or cooked lizard fish (*Saurida undosquamis*) and blue crab (*Portunus pelagicus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2009;89(15): 2519–2526. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3761>.
96. Salas G, Gutiérrez E, Juárez A, Flores JP, Perea M. Use of the devil fish in animal feed as an alternative to productive diversification and mitigation of environmental damage in the South and West of México. *Journal of Agricultural Science and Technology A*. 2011;1: 1232–1234.
97. Tejeda-Arroyo E, Cipriano-Salazar M, Camacho-Díaz LM, Salem AZM, Kholif AE, Elghandour MMY, et al. Diet inclusion of devil fish (*Plecostomus* spp.) silage and its impacts on ruminal fermentation and growth performance of growing lambs in hot regions of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*. 2015;47(5): 861–866. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0800-0>.
98. van't Land M. *Fish silage as protein ingredient in animal feeds: the pioneering of fishery byproduct utilisation in Belgium*. [PhD Thesis] Ghent University; 2019.
99. Cho JH, Kim IH. Fish meal – nutritive value. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2011;95(6): 685–692. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2010.01109.x>.
100. Chae BJ. Impacts of Wet Feeding of Diets on Growth and Carcass Traits in Pigs. *Journal of Applied Animal Research*. 2000;17(1): 81–96. <https://doi.org/10.1080/09712119.2000.9706293>.

101. Ahuja I, Dauksas E, Remme JF, Richardsen R, Løes AK. Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming–With status in Norway: A review. *Waste Management*. 2020;115: 95–112. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.025>.
102. Sansoucy R. Better feed for animals: more food for people: commentary. *World Animal Review*. 1995;82.
103. Marimuthu C, Srinivasan S, Periyasamy K, Muthusamy K, Ganeshan B, Thangavelu RD, et al. Optimizing dosage of organic fertilizer fermented fish liquid protein hydrolysate for eradication of stunted growth in paddy cultivation and yield improvement. *Int J Appl Agric Res*. 2009;4(3): 223–229.
104. Gagnon B, Berrouard S. Effects of several organic fertilizers on growth of greenhouse tomato transplants. *Canadian Journal of Plant Science*. 1994;74(1): 167–168. <https://doi.org/10.4141/cjps94-035>.
105. McDonald MA, Hawkins BJ, Prescott CE, Kimmins JP. Growth and foliar nutrition of western red cedar fertilized with sewage sludge, pulp sludge, fish silage, and wood ash on northern Vancouver Island. *Canadian Journal of Forest Research*. 1994;24(2): 297–301. <https://doi.org/10.1139/x94-042>.
106. Karim NU, Lee M, Arshad AM. The effectiveness of fish silage as organic fertilizer on post-harvest quality of pak choy (*Brassica rapa* L. subsp. *chinensis*). *European International Journal of Science and Technology*. 2015;4(5): 163–174.
107. Hepsibha BT, Geetha A. Effect of Biofertilizer (Fermented fish waste–Gunapaselam) on structure and biochemical components of *Vigna radiata* leaves. *Res J Chem Environ*. 2021;25(7).
108. Hammoutou S, Aziane A ilah, Chaouch A, El Yachioui M. Characterization, Treatment and Recovery of Fish by Product as a Stable bio-fertilizer. *International Journal of Agricultural and Life Sciences*. 2017;3(2): 164–177. <http://dx.doi.org/10.22573/spg.ijals.017.s12200081>.

## Bölüm 10

# BALIK YAĞI VE YAĞ ASİTLERİ: SAĞLIK FAYDALARI VE UYGULAMALARI

Bariş BAYRAKLI<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Hamsi, somon, uskumru, çaça ve sardalya gibi yağlı balıkların dokularından elde edilen balık yağının beslenme ve sağlık alanında giderek popüleritesi artmaktadır. Omega-3 yağ asitleri bakımından zengin olan balık yağı, özellikle Eikosapentaenoik asit (EPA) ve Dokosaheksaenoik asit (DHA) bakımından çok sayıda sağlık faydası nedeniyle gelişmiş ülkelerde hızla diyetlere eklenmektedir (1-2).

Balık yağları genellikle balığı pişirmeyi, suyu ayırmayı ve yağı sulu fazdan ayırmak için santrifüjleme gibi teknikleri kullanmayı içeren çeşitli yöntemlerle çıkarılır (2). Bu yöntem ek olarak, balık yağı çıkarma işleminin verimliliğini ve kalitesini artırmak için geliştirilen birkaç alternatif çıkarma tekniği vardır. Bunlara, yağı çözmek için organik çözücülerin kullanıldığı çözücü çıkarma ve balık dokularını parçalamak ve yağı serbest bırakmak için kullanan belirli enzimlerle çıkarma dahildir. Özellikle karbondioksit kullanılarak yapılan süperkritik sıvı çıkarma, zararlı çözücülerin kullanımını en aza indirirken, omega-3 yağ asitlerinin yararlı özelliklerini koruyarak yüksek kaliteli yağ üretebilen bir yöntem olarak da ilgi görmüştür. Bu yöntemlerin her birinin kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. Seçilen ekstraksiyon tekniği, nihai balık yağı ürününün kalitesini, verimini ve güvenliğini önemli ölçüde etkileyebilir. Ham balık yağı hayvan tüketimi için uygun olsa da, insan tüketimi için tasarlanan balık yağlarının ağır metalleri, PCB'leri, dioksinleri ve diğer kirleticileri ortadan kaldırmak için kapsamlı rafinasyon süreçlerinden geçmesi esastır. Rafine edilmiş nihai ürünün insan sağlığı için güvenli ve faydalı olmasını sağlar.

Son yıllarda yapılan araştırmalara göre, omega-3 katkılı diyetler kronik hastalıkları önlemede planlanırken, genel refah düzeyini desteklemede de önemi

<sup>1</sup> Doç. Dr., Sinop Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Su Ürünleri Bölümü, bbayrakli@sinop.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-1812-3266

vurgulanmıştır. Diyetlerinde bu hayati besinlerin eksikliğine ilişkin farkındalığın artmasıyla birlikte, birçok kişi bu boşluğu kapatmak için balık yağı takviyelerine ve güçlendirilmiş gıdalara yöneliyor.

Bu bölüm, balık yağı ve omega-3 yağ asitleriyle ilişkili sağlık yararlarına kapsamlı bir değerlendirme sunmayı amaçlamaktadır. Balık yağlarında ki yağ asit formlarının kardiyovasküler sağlık, iltihaplanma, zihinsel refah ve daha fazlası üzerindeki etkilerini inceleyeceğiz. Ayrıca, balık yağlarının diyet takviyeleri ve güçlendirilmiş gıdalardaki çeşitli uygulamalarını incelerken, kullanımlarıyla ilişkili güvenlik hususlarını ve potansiyel riskleri de ele alacağız.

Balık yağının ve bileşenlerinin çok yönlü rollerini anlayan okuyucular, bu besin maddelerinin daha iyi sağlık sonuçları için diyetlerine nasıl etkili bir şekilde entegre edilebileceği konusunda fikir edinecekler.

## **BALIK YAĞININ KİMYASAL BİLEŞİMİ VE KALİTE**

Balık yağı esas olarak toplam bileşiminin %95'i trigliseritlerden (TAG'ler) oluşur. Balık yağında bulunan baskın yağ asitleri uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar), özellikle eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5) ve dokosaheksaenoik asittir (DHA, 22:6) (2,3). Bu omega-3 yağ asitleri insan sağlığı için gereklidir, kardiyovasküler sağlık, bilişsel işlev ve anti-inflamatuar süreçlere katkıda bulunur. Bu yağ asitlerinin kimyasal bileşimi, balık türüne, diyetine ve yakalanma mevsimi ve coğrafi konum gibi çevresel faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir (4, 5). Örneğin, somon ve uskumru gibi yağlı balıklardan elde edilen balık yağları, yağsız balık türlerinden elde edilen yağlara kıyasla genellikle daha yüksek EPA ve DHA konsantrasyonlarına sahiptir (6). Ayrıca, doğal olarak yakalanan balıkların diyetlerindeki çeşitlilik nedeniyle, çiftlik balıklarından farklı omega-3 içeriği gösterebilir.

Balık yağı, trigliseritlere ek olarak, omega-3 yağ asitlerinin bir diğer önemli formu olan fosfolipitler (PL'ler) de içerir. Fosfolipitler özellikle deniz kaynaklarında bol miktarda bulunur ve hücre zarı yapısı ve işlevi üzerinde hayati bir rol oynar. Balık yağındaki fosfolipitlerin varlığı, EPA ve DHA'nın biyoyararlanımını artırabilir. Bunların hücre zarlarına ve diğer biyolojik süreçlere dahil edilmesini daha kolay hale getirebilir. Ayrıca balık yağı, kullanım kolaylığı ve stabilitesi nedeniyle diyet takviyelerinde yaygın olarak kullanılan etil esterler (EE) formunda da bulunabilir.

Omega-3 yağ asitlerine ek olarak, balık yağı ayrıca doymuş yağ asitleri (SFA'lar) ve tekli doymamış yağ asitleri (MUFA'lar) içerir. Bu yağ asitlerinin

bileşimi farklı balık türleri arasında büyük ölçüde değişebilir. Tekli doymamış yağ asitleri, özellikle oleik asit, önemli miktarlarda bulunur ve balık yağının genel lipit profiline katkıda bulunur (7). Bu yağ asitlerinin varlığı, yağın stabilitesini ve oksidasyona duyarlılığını etkileyebilecekleri için önemlidir. Oksidasyon, balık yağı ürünlerinin raf ömrü ve kalitesi için önemli bir endişe kaynağıdır (8).

Balık yağındaki serbest yağ asidi (FFA) içeriği, kimyasal bileşiminin bir diğer önemli yönüdür. FFA'lar trigliseritlerin hidrolizi yoluyla oluşur ve seviyeleri, işleme veya depolama sırasında meydana gelen lipoliz derecesini gösterebilir. Yüksek FFA seviyeleri balık yağının organoleptik özelliklerini olumsuz etkileyebilir, gıda ürünlerinde istenmeyen tat ve kokulara yol açabilir (8). Uluslararası Balık Unu ve Yağı Üreticileri Birliği (IFOMA), ham balık yağında kabul edilebilir FFA seviyeleri için kılavuzlar belirlemiştir; bu seviyeler genellikle %1 ila %7 oleik asit arasında değişir ve daha yüksek kaliteli yağlar için daha düşük seviyeler tercih edilir (8).

Balık yağının oksidatif stabilitesi kimyasal bileşiminden etkilenen kritik bir faktördür. Tokoferoller ve karotenoidler gibi antioksidanların varlığı, oksidatif bozunmayı önleyerek balık yağının stabilitesini artırabilir. Ancak, yüksek PUFA içeriği balık yağını oksidasyona özellikle yatkın hale getirir, bu da bozulmaya ve zararlı bileşiklerin oluşumuna yol açabilir (9). Balık yağı ürünlerinin raf ömrünü uzatmak ve oksidasyonu en aza indirmek için çeşitli ekstraksiyon ve rafinasyon yöntemleri kullanılmakta, böylece omega-3 yağ asitlerinin yararlı özellikleri korunmaya çalışılmaktadır (6,8). Balık yağının kimyasal bileşiminin besinsel etkileri yağ asidi profilinin ötesine uzanır. Örneğin, diyetdeki omega-3 ve omega-6 yağ asitlerinin dengesi, optimum sağlığı korumak için çok önemlidir. Omega-3 yağ asitleri anti-inflamatuar özellikleriyle bilinirken, omega-6 yağ asitleri aşırı tüketildiğinde inflamasyonu teşvik edebilir. Bu nedenle, bu yağ asitlerinin balık yağındaki oranı diyet önerilerini ve sağlık sonuçlarını önemli ölçüde etkileyebilir (10). Ayrıca, balık yağının çeşitli gıda ürünlerine dahil edilmesi, özellikle kalp sağlığını ve bilişsel işlevi iyileştirmeyi amaçlayan formülasyonlarda besin değerlerini artırabilir (11).

Balık yağı kalitesinin değerlendirilmesi, yağın güvenliğini, besin değerini ve genel kalitesini sağlamak için kritik olan bir dizi kimyasal parametre ve hesaplamayı içerir. Balık yağı kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biri, trigliseritlerin hidrolizinden kaynaklanan serbest yağ asitlerinin varlığını gösteren asit değeridir. Daha düşük bir asit değeri genellikle daha iyi yağ stabilitesi ve kalitesini ifade eder, çünkü yağın önemli bir bozulmaya uğramadığını gösterir (13). Peroksit değeri (PV), lipit oksidasyonunun derecesini ölçen bir diğer temel parametredir; daha yüksek değerler, acılaşma nedeniyle

daha düşük kaliteyi gösterir (12) . Peroksit değeri ve anisidin değerini birleştiren toplam oksidasyon (TOTOX) değeri, yağın oksidatif kararlılığının daha kapsamlı bir değerlendirilmesini sağlar (12).

Ayrıca, iodin değeri, yağda bulunan yağ asitlerindeki doymamışlık derecesini belirlemek için kullanılır. Daha yüksek bir iodin değeri, genellikle yararlı omega-3 yağ asitleri ile ilişkilendirilen daha yüksek bir doymamışlık seviyesini gösterir, ancak aynı zamanda yaği oksidasyona daha duyarlı hale getirebilir (13). Yağdaki yağ asidi miktarını yansıtan sabunlaşma değeri de önemli bir parametredir; yağın gıda ve kozmetik dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda kullanım potansiyelini anlamaya yardımcı olur (13) . Örneğin, balık yağlarının sabunlaşma değeri, kullanılan balık türüne ve çıkarma yöntemlerine bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir (14) .

Bu kimyasal parametrelere ek olarak, duyuşal değerlendirme balık yaği kalitesinin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar. Eğitilmiş tat panelistleri, geleneksel kimyasal testlerle belirlenemeyen uçucu bileşikleri tespit ederek yağın tazeliği ve lezzet profili hakkında fikir verebilir (15) . Bu duyuşal değerlendirme, tüketici kabulü için özellikle önemlidir, çünkü istenmeyen tatlar balık yaği ürünlerinin algılanan kalitesini önemli ölçüde etkileyebilir.

Kullanılan çıkarma ve rafinasyon süreçleri balık yağının kalite parametrelerini önemli ölçüde etkileyebilir. Örneğin, çıkarma sıcaklığı ve süresi yağın verimini ve bileşimini etkileyebilir. Çalışmalar, optimum çıkarma koşullarının serbest yağ asitlerinin oluşumunu en aza indirerek ve faydalı omega-3 yağ asitlerinin tutulmasını en üst düzeye çıkararak yağın kalitesini artırabileceğini göstermiştir (16,17). Süperkritik akışkan ekstraksiyonu ve enzimatik ekstraksiyon gibi teknikler, hassas bileşiklerin minimum bozunmasıyla yüksek kaliteli balık yaği üretme kabiliyetleri nedeniyle araştırılmıştır (17, 18) .

Gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) gibi gelişmiş analitik tekniklerin kullanımı, balık yağındaki yağ asidi bileşiminin ayrıntılı profilinin çıkarılmasına olanak tanır; bu da kalite değerlendirmesi ve özgünlük doğrulaması için önemlidir (19). Bu yöntem, düşük kaliteli yağlarla olası sahteciliği belirlemeye yardımcı olarak tüketicilerin omega-3 içeriği ve genel kalite beklentilerini karşılayan ürünler almasını sağlar (19) .

Balık yaği elde etmek için kullanılan çıkarma yöntemleri de kimyasal bileşimini etkileyebilir. Soğuk presleme ve çözücü ekstraksiyonu gibi geleneksel yöntemler, farklı saflık seviyelerine ve faydalı yağ asitlerinin konsantrasyonlarına sahip yağlar üretebilir. Balık yağının verimini ve kalitesini artırmak için süperkritik sıvı

ekstraksiyonu gibi gelişmiş ekstraksiyon teknikleri geliştirilmiştir ve kirleticilerin varlığını en aza indirirken daha yüksek konsantrasyonda omega-3 yağ asidi sağlar (20) .

## **BALIK YAĞININ SAĞLIK FAYDALARI**

Balık yağının sağlık yararları, özellikle kardiyovasküler sağlık, beyin fonksiyonu, anti-inflamatuar özellikler, doğum öncesi ve bebek gelişimi, ruh sağlığı ve cilt ve saç sağlığı ile ilgili olarak kapsamlı bir şekilde belgelenmiştir. Klinik kanıtlar, balık yağının kan basıncını düşürme, trigliseritleri azaltma ve genel kalp sağlığını iyileştirmedeki rolünü desteklemektedir. Örneğin, çok sayıda çalışma, özellikle EPA ve DHA olmak üzere omega-3 yağ asitlerinin, kardiyovasküler hastalıkları önlemede kritik faktörler olan trigliserit seviyelerinde ve kan basıncında önemli düşüölere yol açabileceğini göstermiştir (11, 21) . Balık yağının bu yararları sağladığı mekanizmalar arasında lipid profillerinin modülasyonu ve endotel fonksiyonunun iyileştirilmesi yer alır; bunların hepsi birlikte kalp krizi ve felç riskini düşürmeye katkıda bulunur. Ayrıca, omega-3 yağ asitlerinin anti-inflamatuar özellikleri, kan damarlarındaki iltihabı azaltmaya yardımcı olarak damar sağlığını iyileştirerek kardiyovasküler sağlıkta da rol oynar (21, 22) .

Kardiyovasküler faydalarına ek olarak, balık yağının önemli bir bileşeni olan DHA'nın bilişsel sağlık, hafıza ve nörodejeneratif hastalıkların önlenmesi üzerinde önemli etkileri olduğu gösterilmiştir. Araştırmalar, yeterli DHA düzeylerinin bilişsel işlevi sürdürmek için çok önemli olduğunu ve Alzheimer hastalığı ve diğer bunama türleri gibi durumların riskini azaltmaya yardımcı olabileceğini göstermektedir (23) .

Çalışmalar, daha yüksek DHA düzeylerine sahip bireylerin bilişsel testlerde daha iyi performans gösterme eğiliminde olduğunu ve DHA takviyesinin hafif bilişsel bozukluğu olan yaşlı yetişkinlerde hafıza ve yönetici işlevlerde iyileşmelerle ilişkilendirildiğini göstermiştir (23) . DHA'nın nöroprotektif etkilerinin, yaşam boyunca optimum beyin fonksiyonu için gerekli olan nöronal membran bütünlüğünü koruma ve nörojenezi teşvik etmedeki rolünden kaynaklandığı düşünülmektedir (23) . EPA'nın anti-inflamatuar özellikleri, özellikle artrit, otoimmün hastalıklar ve kronik ağrı bağlamında özellikle dikkat çekicidir. EPA'nın çeşitli inflammatuar durumlarda rol oynayan proinflammatuar sitokinlerin ve eikozanoidlerin üretimini azalttığı gösterilmiştir (24- 25) . Klinik çalışmalar, EPA takviyesinin romatoid artrit ve diğer inflammatuar bozukluklardan muzdarip bireylerde semptomlarda önemli iyileşmelere yol açabileceğini, bunun

sonucunda ağrının azaldığını ve eklem fonksiyonunun iyileştiğini göstermiştir (24- 25). Dahası, EPA'nın anti-inflamatuar etkileri artrit ötesine uzanır, çünkü bağışıklık tepkilerini düzenleyerek ve sistemik inflamasyonu azaltarak kronik ağrı rahatsızlıkları ve otoimmün hastalıkları olan bireylere de fayda sağlayabilir (24) .

DHA ayrıca, özellikle fetal beyin gelişimi, hamilelik ve emzirme döneminde genel bebek sağlığı açısından doğum öncesi bebek gelişimi için kritik öneme sahiptir. Hamilelik sırasında yeterli DHA alımı, fetal beyin ve retinanın gelişiminde hayati bir rol oynadığı için bebeklerde gelişmiş bilişsel sonuçlarla ilişkilidir (24, 26) . Araştırmalar, hamilelik ve emzirme döneminde yeterli miktarda DHA tüketen annelerin çocuklarının bilişsel gelişimini ve görme keskinliğini olumlu yönde etkileyebileceğini göstermiştir (24) . Ayrıca, hamilelik sırasında DHA takviyesinin erken doğum riskini azalttığı, hem anne hem de bebek sağlığı için önemi vurgulanmıştır (24, 26) .

Omega-3 alımı ile ruh sağlığı arasındaki ilişki, özellikle ruh hali düzenlemesi ve depresyon ve anksiyete yönetimi açısından giderek artan ilgi gören bir diğer alandır. Çok sayıda çalışma, daha düşük omega-3 yağ asidi seviyelerine sahip bireylerin depresyon ve anksiyete dahil olmak üzere ruh hali bozuklukları geliştirme riskinin daha yüksek olduğunu göstermiştir (22- 23) . Balık yağı takviyesinin ruh halini iyileştirdiği ve depresyon semptomlarını azalttığı gösterilmiştir; bazı çalışmalar majör depresif bozukluğu olan bireylerin yaşam kalitesinde önemli iyileşmeler bildirmiştir (23) . Bu etkilerin ardındaki mekanizmalar, her ikisi de zihinsel sağlığın korunması için çok önemli olan nörotransmitter fonksiyonunun modülasyonu ve inflamasyonun azaltılmasını içerebilir (23-24) .

Balık yağı, özellikle nemlendirme, güç ile çevresel hasara karşı koruma açısından cilt ve saç sağlığı için faydalarla ilişkilendirilmiştir. Omega-3 yağ asitleri cilt bariyer fonksiyonunu iyileştirerek nemlendirmenin iyileşmesine ve kuruluğun azalmasına yol açabilir (27-28). Balık yağının egzama ve sedef hastalığı gibi rahatsızlıkları hafifletmeye yardımcı olabilecek ve genel olarak daha sağlıklı bir cilde katkıda bulunabilecek iltihap önleyici etkilere sahip olduğu gösterilmiştir (27-28) . Saç sağlığı açısından, balık yağı saç köklerinin genel sağlığını iyileştirerek ve saç dökülmesine yol açabilen inflamasyonu azaltarak saç büyümesini ve gücünü destekleyebilir (28-29). Omega-3 yağ asitlerinin antioksidan özellikleri, çevresel faktörlerin neden olduğu oksidatif strese karşı cildi korumada da rol oynar, cilt ve saç sağlığını daha da destekler (27-28).

## **SAĞLIK RİSKLERİ VE HUSUSLARI**

Balık yağı tüketimi, sayısız sağlık yararıyla ilişkilendirilirken, dikkatli bir değerlendirmeyi gerektiren potansiyel yan etkiler ve sağlık riskleri de bulunmaktadır. Balık yağı takviyesinin en sık bildirilen yan etkilerinden biri, mide bulantısı, ishal veya şişkinlik olarak ortaya çıkabilen sindirim bozukluğudur. Ek olarak, bazı kişiler balık tadı veya nefeste balık tadı hissedebilir ve bu, bu tür tatlara duyarlı olanlar için özellikle rahatsız edici olabilir (30). Yüksek dozlarda balık yağı, kan pıhtılaşma mekanizmalarına müdahale edebilen antikoagülan özellikleri nedeniyle kanama riskini artırabilir. Bu, özellikle zaten kan inceltici ilaçlar kullanan veya kanama bozuklukları olan kişiler için endişe vericidir, çünkü birleşik etkiler kanama riskini artırabilir (31- 32). Bu nedenle, tüketicilerin yüksek doz balık yağı takviyesine başlamadan önce önerilen dozalara uymaları ve sağlık uzmanlarına danışmaları çok önemlidir.

Balık yağı tüketimiyle ilgili bir diğer önemli endişe ise cıva kontaminasyonu potansiyeli ve takviyelerin saflığıdır (33). Balıklar, özellikle daha büyük yırtıcı türler, tüketiciler için ciddi sağlık riskleri oluşturan yüksek seviyelerde cıva ve diğer çevre kirleticileri biriktirebilir. Cıva maruziyeti, çocuklarda nörogelişimsel sorunlar, bilişsel bozukluklar ve yetişkinlerde artmış kardiyovasküler risklerle bağlantılıdır (34-35). Bu nedenle, tüketicilerin saflık ve kirleticiler açısından test edilmiş yüksek kaliteli balık yağı takviyeleri seçmesi esastır. Saygın markalar, ürünlerinin zararlı seviyelerde cıva ve diğer toksinlerden arınmış olduğundan emin olmak için genellikle üçüncü taraf test sonuçları sağlar (36). Ek olarak, yağda kullanılan balığın kaynağının bilinmesi hayati önem taşır, çünkü kirli sulardan gelen balıkların daha yüksek seviyelerde kirletici içerme olasılığı daha yüksektir (37- 38). Bu nedenle tüketiciler sürdürülebilir kaynaklı balıklardan elde edilen takviyeleri ve sıkı güvenlik standartlarına uyanları dikkate almalıdır.

Balık yağı alımı için dozaj ve öneriler söz konusu olduğunda, kılavuzlar yaşa, sağlık koşullarına ve bireysel diyet ihtiyaçlarına göre değişebilir. Amerikan Kalp Derneği, bireylerin haftada en az iki porsiyon yağlı balık tüketmesini önermektedir; bu da genel sağlık için günlük yaklaşık 500 mg kombine EPA ve DHA anlamına gelir (39). Yüksek trigliseritler veya kardiyovasküler hastalık gibi belirli sağlık sorunları olan bireyler için, genellikle tıbbi gözetim altında günde 1.000 ila 4.000 mg arasında değişen daha yüksek dozlar önerilebilir (40). Yaşa bağlı faktörleri göz önünde bulundurmak da önemlidir; örneğin, hamile ve emziren kadınlara, fetal ve bebek beyin gelişimi için yeterli DHA alımını sağlamaları tavsiye edilmektedir; günde yaklaşık 200 mg DHA önerilmektedir

(41) . Çocuklar da yaşlarına ve kilolarına göre uygun dozlara ihtiyaç duyarlar ve ebeveynler, çocuklarının diyetlerinde omega-3 takviyesi için en iyi yaklaşımı belirlemek üzere çocuk doktorlarına danışmalıdır (42).

Genel olarak, uygun dozajları anlamak ve yönergelere uymak, balık yağının sağlık yararlarını en üst düzeye çıkarırken olası riskleri en aza indirmeye yardımcı olabilir. Özetle, balık yağı çok sayıda sağlık yararı sunarken, olası yan etkilerin, cıva kontaminasyonu riskinin ve önerilen dozajlara uymanın öneminin farkında olmak esastır. Tüketiciler, yüksek kaliteli takviyeleri seçerek ve sağlık uzmanlarına danışarak, olası sağlık risklerini azaltırken balık yağının diyetlerine etkili bir şekilde dahil edebilirler.

## **BALIK YAĞININ KULLANIMLARI**

Balık yağının kullanımları, diyet takviyeleri, tıbbi uygulamalar, nutrasötikler, kozmetikler, hayvan beslenmesi ve endüstriyel uygulamalar dahil olmak üzere çeşitli alanlara yayılmıştır. Balık yağının en yaygın kullanımlarından biri, genel sağlığı korumak ve kronik hastalıkları önlemek için yaygın olarak tüketildiği diyet takviyeleridir. Balık yağı takviyelerinin popüleritesi, kardiyovasküler koruma ve anti-inflamatuar etkiler de dahil olmak üzere çok sayıda sağlık yararıyla bilinen özellikle eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) olmak üzere zengin omega-3 yağ asitleri içeriğine atfedilebilir (43-44). Bu takviyeler, kapsüller, sıvılar ve sakızlar gibi çeşitli formlarda mevcuttur, bu da onları geniş bir kitleye erişilebilir hale getirir. Omega-3 yağ asitleriyle ilişkili sağlık yararlarına ilişkin artan farkındalık, bireylerin kalp hastalığı, artrit ve bilişsel gerileme gibi rahatsızlıklarla mücadele etmek için diyet alımlarını artırmaya çalışmasıyla bu takviyeler için önemli bir pazar oluşturmuştur (45-46) .

Balık yağı, diyet takviyesi olarak kullanılmasına ek olarak, özellikle romatoid artrit gibi iltihaplı rahatsızlıkların tedavisinde, kardiyovasküler tedavinin bir parçası olarak klinik ortamlarda uygulamalar bulmuştur. Klinik çalışmalar, balık yağı takviyesinin romatoid artritli hastalarda eklem ağrısı ile sertliğinde azalmaya yol açabileceğini, böylece yaşam kalitelerini iyileştirebileceğini göstermiştir (47-48). Balık yağı genellikle kardiyovasküler hastalıkları olan hastalar için ek bir tedavi olarak önerilmektedir çünkü trigliserit seviyelerini düşürdüğü ve genel kalp sağlığını iyileştirdiği gösterilmiştir (49). EPA ve DHA'nın anti-inflamatuar özellikleri, bağışıklık tepkilerini düzenlemeye ve birçok kronik hastalığa katkıda bulunan bir faktör olan sistemik inflamasyonu azaltmaya yardımcı olabildikleri için bu bağlamlarda özellikle faydalıdır (50-51) .

Balık yağı pazarı, giderek artan sayıda ürünün omega-3 yağ asitleriyle zenginleştirilmesiyle nutrasötikler ve fonksiyonel gıdalar alanına da genişlemiştir. Bu tür zenginleştirilmiş gıdalara örnek olarak, diyetlerini faydalı besinlerle zenginleştirmek isteyen sağlık bilincine sahip tüketicilere hitap eden omega-3 ile zenginleştirilmiş yumurtalar, süt ürünleri ve hatta atıştırılabilirler verilebilir (45-46). Bu eğilim, omega-3 yağ asitlerinin sağlığı geliştirme ve hastalıkları önlemedeki önemini giderek daha fazla farkına varılmasını ve temel beslenmenin ötesinde ek sağlık yararları sağlayan fonksiyonel gıdalara doğru bir kaymayı yansıtmaktadır (52). Balık yağının günlük gıda ürünlerine dahil edilmesi, tüketicilerin takviyeye ihtiyaç duymadan omega-3 alımlarını kolayca artırmalarına olanak tanır ve bu da onu birçok kişi için kullanışlı bir seçenek haline getirir.

Kozmetik ve kişisel bakım endüstrisinde balık yağı, onu cilt ve saç bakım ürünleri için çekici bir bileşen haline getiren anti-inflamatuar ve nemlendirici özellikleri nedeniyle ilgi görmektedir. Balık yağında bulunan yağ asitlerinin, özellikle DHA ve EPA'nın, cildin nemini ve elastikyetini artırırken, aynı zamanda çevresel hasara karşı koruma sağladığı gösterilmiştir (47-48). Balık yağının anti-inflamatuar etkileri egzama ve sedef hastalığı gibi cilt rahatsızlıklarını hafifletmeye yardımcı olabilir ve bu da onu topikal formülasyonlara değerli bir katkı haline getirir (7, 53). Tüketiciler kişisel bakım ürünlerindeki doğal içeriklerin faydalarının daha fazla farkına vardıkça, kozmetiklerde balık yağına olan talebin artmaya devam etmesi muhtemeldir.

Balık yağı ayrıca hayvan sağlığını ve büyümesini desteklemek için özellikle evcil hayvan mamalarında ile su ürünleri yetiştiriciliğinde hayvan beslenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde balık yağı, çiftlik balıklarının büyümesi ve sağlığı için çok önemli olan gerekli omega-3 yağ asitlerini sağladığı için balık yeminin temel bir bileşenidir (2, 47, 54). Balık yağının evcil hayvan mamalarına dahil edilmesi de sağlıklı bir tüy oluşumunu teşvik ederek, eklem sağlığını destekleyerek ve bilişsel işlevi iyileştirerek evcil hayvanların genel sağlığını iyileştirebildiği için benzer şekilde faydalıdır (48-55). Balık yağının kullanıldığı yemlerde balıkların besinsel olarak dengeli bir ortamda yetiştirilmesini sağlayarak su ürünleri yetiştiriciliği uygulamalarının sürdürülebilirliğinde de rol oynar.

Balık yağının yağ sanayisinde, boyalara ve diğer endüstriyel ürünlere dahil edilmesi de dahil olmak üzere daha az bilinen endüstriyel kullanımları vardır. Balık yağının viskozitesi ve yağlama yetenekleri gibi benzersiz özellikleri, onu çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılmaya uygun hale getirir (56-57). Balık yağı biyodizel ile işlenebilir ve fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmaya yardımcı

olabilecek alternatif bir yenilenebilir enerji kaynağı sağlar (58-59). Balık yağının hem tüketici hem de endüstriyel uygulamadaki çok yönlülüğü, birçok sektörde değerli bir kaynak olarak potansiyelini vurgular.

Balık yağının kullanımları çeşitlidir ve diyet takviyeleri, tıbbi uygulamalar, nutrasötikler, kozmetikler, hayvan beslenmesi ve endüstriyel ürünleri kapsar. Omega-3 yağ asitlerinin sağlık yararlarını destekleyen artan kanıtlar, çeşitli pazarlarda balık yağına olan talebi artırmaya devam ederken, hayvan beslenmesi ve endüstriyel sektörlerdeki uygulamaları çok yönlülüğünü daha da vurgular. Araştırmalar ilerledikçe ve tüketici farkındalığı arttıkça, balık yağının sağlık ve refahı teşvik etmedeki rolünün daha da genişlemesi muhtemeldir.

## **SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE ETİK SORUNLAR**

Balık yağı üretimini çevreleyen sürdürülebilirlik ve etik konular, omega-3 yağ asitlerine olan talep artmaya devam ettikçe giderek daha da önemli hale geliyor. En acil endişelerden biri, aşırı avlanmanın deniz ekosistemleri ve balık popülasyonlarının uzun vadeli sürdürülebilirliği üzerindeki etkisidir. Su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisi, doğada yakalanmış türlerden elde edilen balık yağına büyük ölçüde bağımlıdır ve bu talep, daha büyük deniz hayvanları için hayati besin kaynakları olan hamsi ve ringa balığı gibi yem balıklarının aşırı sömürülmesine neden olmuştur. Aşırı avlanma, birçok balık stokunda önemli düşüşlere yol açmış olup bu durum yalnızca türlerin kendisini tehdit etmekle kalmayıp aynı zamanda tüm deniz besin ağını da bozmaktadır (26). Bu zorluklara yanıt olarak, geleneksel balık yağına, alg bazlı omega-3'ler ve geleneksel olmayan kaynaklardan elde edilen yağlar gibi sürdürülebilir alternatiflere olan ilgi artmıştır. Omega-3 yağ asitlerinin birincil üreticisi olan algler, vahşi balık stoklarına dayanmayan yenilenebilir ve çevre dostu bir seçenek sunar, böylece deniz ekosistemleri üzerindeki baskıyı azaltır (60-61). Ayrıca, *Camelina sativa* gibi genetiği değiştirilmiş ürünlerin geliştirilmesi, su ürünleri yemleri için sürdürülebilir EPA ve DHA kaynakları sağlamada umut verici sonuçlar göstermiştir; bu da balık türevi yağlara olan bağımlılığı hafifletmeye yardımcı olabilir (62). Bu sürdürülebilir alternatiflere yönelerek, su ürünleri endüstrisi, omega-3 yağ asitlerine olan artan talebi karşılamak için deniz koruma çabalarına katkıda bulunabilir.

Etik tüketim, tüketicilerin satın aldıkları ürünlerin sürdürülebilir kaynaklardan geldiğine dair giderek daha fazla güvence aramasıyla balık yağı pazarının bir diğer kritik yönüdür. Tüketicilerin belirli çevresel ve etik standartları karşılayan balık yağlarını belirlemesine yardımcı olmak için çeşitli sertifikalar ortaya çıkmıştır.

Örneğin, Deniz Yönetim Konseyi (MSC) sertifikası yaygın olarak tanınmaktadır ve üründe kullanılan balıkların, katı çevresel yönergelere uyan sürdürülebilir balıkçılıktan geldiğini göstermektedir (63) . Benzer şekilde, Deniz Dostları sertifikası, sürdürülebilir balıkçılık uygulamalarını ve deniz yaşam alanlarının korunmasını teşvik etmeye odaklanmaktadır. Bu sertifikalar, tüketicilere satın aldıkları ürünlerin sorumlu balıkçılık uygulamalarını desteklediğine dair güven sağlamakla kalmayıp aynı zamanda üreticileri daha sürdürülebilir yöntemler benimsemeye teşvik eder (64). Tüketicilerin sürdürülebilirlik sorunlarına ilişkin farkındalığı arttıkça, sertifikalı ürünlere olan talebin artması muhtemeldir ve bu da daha fazla şirketi sertifika almaya ve uygulamalarını iyileştirmeye teşvik eder. Etik tüketime doğru bu kayma, sektörde olumlu değişikliklere yol açabilir, sürdürülebilirliği ve koruma çabalarını teşvik ederken balık yağının gelecek nesiller için temel besin maddelerinin uygulanabilir bir kaynağı olmasını sağlayabilir (65).

Balık yağı üretimiyle ilgili sürdürülebilirlik ve etik hususlar, deniz ekosistemlerinin sağlığı ve omega-3 yağ asitlerinin uzun vadeli bulunabilirliği için hayati öneme sahiptir. Yosun bazlı yağlar ve genetiği değiştirilmiş ürünler gibi sürdürülebilir alternatiflerin araştırılması, aşırı avlanmanın getirdiği zorluklara umut verici çözümler sunmaktadır. Ayrıca, sürdürülebilirlik sertifikalarının yükselişi, tüketicilerin bilinçli seçimler yapmasını sağlar ve üreticileri sorumlu uygulamaları benimsemeye teşvik eder. Sektör geliştikçe, balık yağının hem insan sağlığı hem de deniz koruma için yararlı bir kaynak olmaya devam etmesini sağlamak için sürdürülebilirlik ve etik hususlara öncelik vermek esastır.

## **SONUÇ**

Balık yağının sağlık yararları ve çeşitli kullanımları, özellikle omega-3 yağ asitleri sağlanması yoluyla genel refahı desteklemedeki önemini vurgular. Araştırmalar, esas olarak balık yağında bulunan bu temel yağ asitlerinin (yani Eikosapentaenoik asit (EPA) ve Dokosaheksaenoik asit (DHA)), trigliserit seviyelerini düşürerek, kan basıncını düşürerek ve kalp fonksiyonunu iyileştirerek kardiyovasküler sağlıkta önemli bir rol oynadığını tutarlı bir şekilde göstermiştir. Ek olarak, DHA özellikle bilişsel sağlık, hafızayı destekleme ve potansiyel olarak nörodejeneratif hastalıkları önleme açısından önemlidir. EPA'nın anti-inflamatuar özellikleri, özellikle romatoid artrit ve kronik ağrı gibi rahatsızlıklardan muzdarip kişiler için terapötik potansiyelini daha da vurgular.

Balık yağının sağlık yararlarının ötesinde, uygulamaları diyet takviyeleri, tıbbi tedaviler, nutrasötikler ve hatta kozmetikler dahil olmak üzere çeşitli alanlara uzanır. Omega-3 ile zenginleştirilmiş gıdalar için büyüyen pazar, tüketicilerin bu hayati besinleri günlük rutinlerine dahil etmelerine olanak tanıyan diyet yoluyla sağlık optimizasyonuna yönelik daha geniş bir eğilimi yansıtır. Ancak, omega-3'lerin diyet kaynakları çok önemli olsa da, herkesin ihtiyaçlarını yalnızca yiyeceklerle karşılayamayacağını kabul etmek önemlidir. Bu gibi durumlarda, yüksek kaliteli balık yağı takviyeleri yeterli alımı sağlamak için değerli bir alternatif görevi görebilir.

Omega-3 yağ asitlerini besin kaynaklarından almanın önemini vurgulamak abartılamaz. Hamsi, palamut, somon, uskumru ve sardalya gibi yağlı balıkları tüketmek yalnızca EPA ve DHA değil, aynı zamanda genel sağlığa katkıda bulunan diğer faydalı besinleri de sağlar. Yine de, vejetaryenler veya diyet kısıtlamaları olan kişiler gibi bu yiyeceklerden yeterli miktarda tüketemeyenler için takviyeler besin boşluklarını doldurmada kritik bir rol oynayabilir.

Omega-3 yağ asitlerinin dengeli bir diyetle entegre edilmesi, optimum sağlığı korumak için olmazsa olmazdır. Takviyeler gerektiğinde faydalı olabilirken, diyet kaynaklarına öncelik vermek ilk yaklaşım çizgisi olmalıdır. Omega-3 alımı hakkında bilinçli seçimler yaparak ve hem gıdayı hem de takviyeleri kapsamlı bir sağlık stratejisinin parçası olarak değerlendirerek, bireyler balık yağı ve omega-3 yağ asitlerinin sunduğu tüm fayda yelpazesinden yararlanabilirler.

## **KAYNAKÇA**

1. Duyar HA, Bayraklı B. Fatty Acid Profiles of Fish Oil Derived by Different Techniques from By-products of Cultured Black Sea Salmon (*Oncorhynchus mykiss*) . *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi)* . 2023 ;29(3):833-841 .. DOI :10 .15832/ankutbd ..1187017 .
2. Bayraklı B. A Study on Fatty Acid Composition and Quality Indicators of Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) Oils From Different Factories . *Mar Sci Tech Bull.* 2023 ;12(4):522-9 .
3. Erkan N, Özden Ö. The changes of fatty acid and amino acid compositions in sea bream (*Sparus aurata*) during irradiation process . *Radiat Phys Chem.* 2007 ;76(10):1636-41 .. doi :10 .1016/j.radphyschem.
4. Bayraklı B. Monthly variations in proximate composition , fatty acid quality and amino acid score of warty crab , *Eriphia verrucosa* (Forsskal , 1775) from the Southern Coast of Black Sea , Turkey. *Pakistan J Zool* . 2021 ;53(5):1729-41 . doi :10 .17582/journal.pjz /20210318090304 .
5. Bayraklı B, Duyar HA. The Effect of Raw Material Freshness on Fish Oil Quality Produced in Fish Meal and Oil Plant. *Anatolian Env and Anim Sciences.* 2019 ;4(3):473-9.

6. Gamsız K , Korkut A , Kop A. Comparison of fatty acid compositions of commercial fish and fish by-products oils used in fish feed industry in Turkey. *Turk J Agric Food Sci Technol* . 2019 ;7(11):1941-6 . doi :10 .24925/turjaf.v7i11 .1941-1946 .2901 .
7. Mgbechidinma CL, Gang Z, Baguya EB, Zhou H, Okon SU, Zhang C. Fatty acid composition and nutritional analysis of waste crude fish oil obtained by optimized milder extraction methods. *Environ Eng Res*. 2022;28(2):220034-0. doi:10.4491/eer.2022.034.
8. Soldo B, Šimat V, Vlahović J, Skroza D, Ljubenković I, Mekinić IG. High quality oil extracted from sardine by-products as an alternative to whole sardines: production and refining. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2019;121(7). doi:10.1002/ejlt.201800513.
9. Al-Khusaibi M, Gordon M, Lovegrove J, Niranjana K. Frying of potato chips in a blend of canola oil and palm olein: changes in levels of individual fatty acids and tocopherols. *Int J Food Sci Technol*. 2012;47(8):1701-9. doi:10.1111/j.1365-2621.2012.03024.x.
10. Guan H . Effect of fish oil on heart health: a meta-analysis . *Biomed J Sci Tech Res* . 2021 ;34(3) . doi :10 .26717/bjstr .2021 .34 .005543 .
11. Hilleman D , Teply R , Packard K . Knowledge, perceptions, and patterns of fish oil use in cardiac patients . *J Pharm Pract* . 2019 ;33(5):580-5.doi :10 .1177/0897190018824485 .
12. Suseno S, Tambunan J, Ibrahim B. Inventory and characterization of sardine (*Sardinella* sp.) oil from Java Island-Indonesia. *Adv J Food Sci Technol*. 2014;6(5):588-92. doi:10.19026/ajfst.6.79.
13. Pradhan S , Panchali T , Paul B, et al .. Anti-obesity potentiality of tapra fish (*Opisthopterus tardoore*) oil. *J Food Biochem*. 2020 ;44(11) .. doi :10 :1111/jfbc..13448 .
14. Li X, Cao J, Bai X, Zhang F. Chemical composition and thermal properties of tilapia oil extracted by different methods. *Int J Food Prop*. 2018;21(1):1575-85. doi:10.1080/10942912.2018.1503302.
15. Murage MW, Muge EK, Mbatia B, Mwaniki MW. Development and sensory evaluation of omega-3-rich Nile perch fish oil-fortified yogurt. *Int J Food Sci*. 2021;2021:1-7. doi:10 .1155/2021/8838043.
16. Honold PJ , Nouard M , Jacobsen C . Fish oil extracted from fish-fillet by-products is weakly linked to the extraction temperatures but strongly linked to the omega-3 content of the raw material . *Eur J Lipid Sci Technol* . 2015 ;118(6):874-84.doi :10 :1002/ejlt ..201500343 .
17. Hajeb P , Selamat J , Afsah-Hejri L , et al . Effect of supercritical fluid extraction on the reduction of toxic elements in fish oil compared with other extraction methods . *J Food Prot* . 2015 ;78(1):172-9.doi:10 .4315/0362-028x.jfp-14-248 .
18. Fang Y, Liu S, Hu W, et al. Extraction of oil from high-moisture tuna livers by subcritical dimethyl ether: a comparison with different extraction methods. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2018;121(2). doi:10.1002/ejlt.201800087.
19. Yi T , Li S , Fan J , et al . Comparative analysis of EPA and DHA in fish oil nutritional capsules by GC-MS . *Lipids Health Dis* . 2014 ;13(1) . doi :10 .1186/1476 -511x -13 -190 .
20. Franklin EC, Haq M, Roy VC, et al. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction and quality comparison of lipids from yellowtail fish (*Seriola quinqueradiata*) waste in different conditions. *J Food Process Preserv*. 2020;44(11). doi:10.1111/jfpp.14892.
21. Assadourian J. Health claims and doses of fish oil supplements in the US. *JAMA Cardiol*. 2023;8(10):984. doi:10.1001/jamacardio.2023.2424.

22. Parletta N , Zarnowiecki D , Cho J , et al . People with schizophrenia and depression have a low omega-3 index . *Prostaglandins Leukotrienes Essent Fatty Acids* . 2016 ;110:42-7 . doi :10 .1016/j .plefa .2016 .05 .007 .
23. Sinn N , Milte C , Street S , J et al. Effects of n -3 fatty acids EPA v DHA on depressive symptoms quality of life memory and executive function in older adults with mild cognitive impairment: a 6-month randomised controlled trial . *Br J Nutr* .. 2011 ;107(11):1682 -93.doi :10 :1017/s0007114511004788 .
24. Harauma A . Effects of varied omega-3 fatty acid supplementation on postpartum mental health and the association between prenatal erythrocyte omega-3 fatty acid levels and postpartum mental health . *Nutrients* . 2023 ;15(20):4388.doi :10 .3390/nu15204388 .
25. Ramprasath V , Eyal I , Zchut S , et al. Response to commentary on a trial comparing krill oil versus fish oil . *Lipids Health Dis* . 2014 ;13(1) . doi :10 :1186/1476 -511x -13 -17 .
26. Nichols P , Glencross B , Petrie J , et al. Readily available sources of long-chain omega-3 oils: is farmed Australian seafood a better source of the good oil than wild-caught seafood? . *Nutrients* . 2014 ;6(3):1063-79 . doi :10 .3390/nu6031063 .
27. Hwang S. Collagen hydrolysate from the scales of Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) improve hair and skin health by alleviating oxidative stress and inflammation and promoting hair growth and extracellular matrix factors .. *Mar Drugs* .. 2023 ;21(9):475 .. doi :10 :3390/md21090475 .
28. Ablon G. A 6-month, randomized, double-blind, placebo-controlled study evaluating the ability of a marine complex supplement to promote hair growth in men with thinning hair. *J Cosmet Dermatol*. 2016;15(4):358-66. doi:10.1111/jocd.12265.
29. Li W, Yang J, Cai J, et al. Oil body-bound oleosin-RHGF-10: a novel drug delivery system that improves skin penetration to accelerate wound healing and hair growth in mice. *Int J Mol Sci*. 2017;18(10):2177. doi:10.3390/ijms18102177.
30. Dk S, Cope W, Ja R, et al. The influence of fish length on tissue mercury dynamics: implications for natural resource management and human health risk. *Int J Environ Res Public Health*. 2013;10(2):638-59. doi:10.3390/ijerph10020638.
31. Meneses H, Oliveira-da-Costa M, Basta P, et al. Mercury contamination: a growing threat to riverine and urban communities in the Brazilian Amazon. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(5):2816. doi:10.3390/ijerph19052816.
32. Hacon S , Oliveira-da-Costa M , Gama C , et al. Mercury exposure through fish consumption in traditional communities in the Brazilian northern Amazon . *Int J Environ Res Public Health* . 2020 ;17(15):5269 . doi :10 .3390/ijerph17155269 .
33. Özden Ö , Erkan N , Kaplan M , et al . Toxic metals and omega-3 fatty acids of bluefin tuna from aquaculture: health risk and benefits . *Expo Health* . 2020 ;12:9-18 . doi :10 .1007/s12403-018-0279-9 .
34. Freitas J , Lacerda E , Júnior D , et al . Mercury exposure of children living in Amazonian villages: influence of geographical location where they lived during prenatal and postnatal development . *Anais Acad Bras Ciências* . 2019 ;91(suppl 1) . doi :10 .1590/0001-3765201920180097 .
35. Elliott C. Assessing vitamins, minerals and supplements marketed to children in Canada. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(22):4326. doi:10.3390/ijerph16224326.

36. Steckling N, Blüml S, Pinheiro P, et al. The burden of chronic mercury intoxication in artisanal small-scale gold mining in Zimbabwe: data availability and preliminary estimates. *Environ Health*. 2014;13(1). doi:10.1186/1476-069x-13-111.
37. Fitzgerald A, Baralt L. Media constructions of responsibility for the production and mitigation of environmental harms: the case of mercury-contaminated fish. *Can J Criminol Crim Justice/La Rev Can Criminol Justice Pénale*. 2010;52(4):341-68.doi:10.3138/cjccj.52.4.341.
38. Bénéfice É, Luna-Monrroy S, Lopez-Rodriguez R. Fishing activity, health characteristics and mercury exposure of Amerindian women living alongside the Beni River (Amazonian Bolivia). *Int J Hyg Environ Health*. 2010;213(6):458-64. doi:10.1016/j.ijheh.2010.08.010.
39. Fitzgerald T , Gohlke J . Contaminant levels in Gulf of Mexico reef fish after the Deepwater Horizon oil spill as measured by a fishermen-led testing program . *Environ Sci Technol* . 2014 ;48(3):1993-2000 . doi :10 .1021/es4051555 .
40. Perdikaris C , Nathanailides C , Gouva E , et al . Size-relative effectiveness of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) and goldfish (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758). *Acta Veterinaria Brno*. 2010 ;79(3):481-90. doi :10 :2754/avb201079030481 .
41. Costa J, Lima A, Rodrigues D, et al. Manifestações emocionais e motoras de ribeirinhos expostos ao mercúrio na Amazônia. *Rev Bras Epidemiol*. 2017;20(2):212-24. doi:10.1590/1980-5497201700020003.
42. Díez S, Esbrí J, Tobías A, et al. Determinants of exposure to mercury in hair from inhabitants of the largest mercury mine in the world. *Chemosphere*. 2011;84(5):571-7. doi:10.1016/j.chemosphere.2011.03.065.
43. Karunathilaka S, Mossoba M, Chung J, et al. Rapid prediction of fatty acid content in marine oil omega-3 dietary supplements using a portable Fourier transform infrared (FTIR) device and partial least-squares regression (PLSR) analysis. *J Agric Food Chem*. 2016;65(1):224-33. doi:10.1021/acs.jafc.6b04463.
44. Merwe S, Manley M, Wicht M. Enhancing near infrared spectroscopy models to identify omega-3 fish oils used in the nutraceutical industry by means of calibration range extension. *J Near Infrared Spectrosc*. 2018;26(4):245-61. doi:10.1177/0967033518795811.
45. Pirestani S , Sahari M , Barzegar M , et al. Lipid, cholesterol and fatty acid profile of some commercially important fish species from South Caspian Sea . *J Food Biochem* .. 2010 ;no-no .. doi :10 :1111/j..1745-4514..2010..00343.x .
46. Batičić L, Varljen N, Varljen J. *Fish lipids as a source of healthy components: fatty acids from Mediterranean fish*. Biomedical Engineering: Trends, Research and Technologies. 16 doi:10.5772/13382.
47. Huang T , Wang P , Yang S , et al. Cosmetic and therapeutic applications of fish oil's fatty acids on the skin . *Mar Drugs*. 2018 ;16(8):256 .. doi :10 :3390/md16080256 .
48. Bruun N, Shoulaifar T, Hemming J, et al. Characterization of waste bio-oil as an alternate source of renewable fuel for marine engines. *Biofuels*. 2019;13(1):21-30.doi:10.1080/17597269.2019.1628481 .
49. Tahergorabi R, Beamer S, Matak K, et al. Isoelectric solubilization/precipitation as a means to recover protein isolate from striped bass (*Morone saxatilis*) and its physicochemical properties in a nutraceutical seafood product. *J Agric Food Chem*. 2012;60(23):5979-87. doi:10.1021/jf3001197.

50. Pazhouhanmehr S, Farhoosh R, Kenari R, et al. Oxidative stability of purified common kilka (*Clupeonella cultiventris caspia*) oil as a function of the bene kernel and hull oils. *Int J Food Sci Technol*. 2014 ;50(2):396-403. doi :10 .1111/ijfs .12609 .
51. Ilievska B, Loftsson Þ, Hjalmsdóttir M, et al. Topical formulation comprising fatty acid extract from cod liver oil: development, evaluation and stability studies. *Mar Drugs*. 2016 ;14(6):105 .. doi :10 :3390/md14060105 .
52. Haiyee Z, Yahya N, Rashid N, et al. Characterisation of catfish (*Clarias batrachus*) oil:  $\beta$ -cyclodextrin inclusion complex. *Malays J Anal Sci*. 2016 ;20(4):838-43 . doi :10 .17576/mjas-2016-2004-17 .
53. Plans M, Wenstrup M, Rodríguez-Saona L. Application of infrared spectroscopy for characterization of dietary omega-3 oil supplements. *J Am Oil Chem Soc*. 2015 ;92(7):957-66 .. doi :10 :1007/s11746-015 -2666 -8 .
54. Colombo-Hixson S, Olsen R, Tibbetts S, et al. Evaluation of *Calanus finmarchicus* copepod meal in practical diets for juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquac Nutr*. 2012;19(5):687-700. doi:10.1111/anu.12016.
55. Quresi M, Khan Z, Ahmad F, et al. Design and performance evaluation of an indigenously developed small-scale fish-oil extraction unit; a solution for improving fish farm environments. *Polish J Environ Stud*. 2018 ;27(6):2711-8 .. doi :10 :15244/pjoes /81111 .
56. Domian E, Brynda-Kopytowska A, Marzec A. Functional properties and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using legume proteins in combination with soluble fiber or trehalose. *Food Bioprod Process*. 2017;10(7):1374-86. doi:10.1007/s11947-017-1908-1.
57. Schots P, Pedersen A, Eilertsen K, et al. Possible health effects of a wax ester rich marine oil. *Front Pharmacol*. 2020 ;11 .. doi :10 :3389/fphar..2020..00961 .
58. Bhaskar K, Sendilvelan S, Muthu V, et al. Performance and emission characteristics of compression ignition engine using methyl ester blends of jatropha and fish oil. *J Mech Eng Sci*. 2016;10(2):1994-2007. doi:10.15282/jmes.10.2.2016.4.0188.
59. Yun Y, Jang S, Kim H, et al Properties and oxidation stability of fish oil capsules manufactured with calcium alginate gels. *Korean J Fish Aquat Sci*. 2015 ;48(5):589-95 . doi :10 .5657/kfas .2015 .0589 .
60. Kalnbalkite A. The role of environmental communication in advancing sustainability in fisheries and aquaculture: a case study of Latvia. *Sustainability*. 2023;15(23):16418. doi:10.3390/su152316418.
61. Antonelli G, Chiarello E, Picone G, et al. Toward sustainable and healthy fish products—the role of feeding and preservation techniques. *Foods*. 2023;12(16):2991. doi:10.3390/foods12162991.
62. Betancor M, Li K, Sprague M, Bardal T, et al. An oil containing EPA and DHA from transgenic *Camelina sativa* to replace marine fish oil in feeds for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): effects on intestinal transcriptome, histology, tissue fatty acid profiles and plasma biochemistry. *PLoS One*. 2017;12(4):e0175415. doi:10.1371/journal.pone.0175415.
63. Bimbo F, Viscecchia R, Devitiis B, et al. How do Italian consumers value sustainable certifications on fish?—an explorative analysis. *Sustainability*. 2022;14(6):3654. doi:10.3390/su14063654.

64. Ciriminna R , Lino C , Pagliaro M . Omeg@silica: entrapment and stabilization of sustainably sourced fish oil . *ChemistryOpen* . 2021 ;10(5):581-6 . doi :10 .1002/open .202100038 .
65. Suroso A, Tandra H, Wahyudi I. The impact of sustainable certification on financial and market performance: evidence from Indonesian palm oil companies. *Int J Sustain Dev Plan.* 2021;16(8):1495-500. doi:10.18280/ijstdp.160810.



## Bölüm 11

# DENİZ KAPLUMBAĞALARININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ VE TÜRKİYE DENİZLERİNDEKİ TÜRLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Akile ESENLİOĞULLARI<sup>1</sup>  
Zafer TOSUNOĞLU<sup>2</sup>

### GİRİŞ

Kaplumbağa denilince özellikle sahillere yakın kesimlerde yaşayanlar için ilk akla gelen genelde deniz ortamında süzülüşleri ile hafızalara kazınan deniz kaplumbağalarıdır denebilir. Deniz kaplumbağaları milyonlarca yıl öncesinde kutuplar hariç dünya denizlerine yayılmış sürüngenler sınıfında yer alan omurgalı canlılardır. Paleotologların yapmış oldukları çalışmalar neticesinde ilk fosil kaydı ortalama 260 milyon yıl öncesini işaret etmektedir (1). Dünya denizlerinde günümüzde dağılım gösteren sekiz deniz kaplumbağası türü bulunmaktadır (2,3). Bunlar Cheloniidae familyasında *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758), *Chelonia agassizi* (Bocourt, 1868), *Natador depressus* (Garman 1880), *Caretta caretta* (Linnaeus 1758), *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus 1766), *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz 1829), *Lepidochelys kempii* (Garman 1880) ve Dermochelyidae familyasında ise *Dermochelys coriacea* (Vandelli 1761). Ancak her ne kadar bu görüş reddedilmese de bazı bilim insanlarınca *C. agassizii*, *C. mydas*'ın bir altı türü olarak nitelendirildiğinden genel olarak yedi türün varlığından söz edilmektedir.

Eski çağlardan itibaren maruz kaldıkları ekolojik koşullara uyum sağlayarak morfolojilerinde neredeyse az bir değişimle (4) günümüze kadar gelen ender canlılardan olan ve karadan sucül ortama geçtiği düşünülen deniz kaplumbağaları buna iyi bir örnek olacaktır. Bu canlılar yüzyıllardır gerek antropojenik etkiler nedeniyle olsun gerek balıkçılık faaliyetleri olsun gerekse de predatörler nedeniyle olsun popülasyonları sürekli baskılanmıştır. Cinsel olgunluğa geç ulaşan bu canlılar için öncelikli tehlike; yuvalar üzerindeki antropojenik etkiler ve balıkçılık

<sup>1</sup> Dr. Karayolları 2. Bölge Müdürlüğü, akileesenliogullari@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-3688-193

<sup>2</sup> Prof. Dr., Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Avlama Teknolojisi AD, zafer.tosunoglu@ege.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-1168-9611

etkileşimleridir (5). Özellikle de Amerika'nın keşfiyle birlikte buradaki yerli halkın kaplumbağa çorbası tüketiminin dünya genelinde yayılması ve tadının da beğenilmesi sonucu bu canlılara olan ilgi artmıştır ve bu da tür üzerinde hissedilebilir bir baskı oluşturmuştur. Buradaki baskıdan en çok çorba yapımında yaygın olarak kullanılan yeşil kaplumbağa (*C. mydas*) popülasyonu etkilenmiştir. Ashe (6) kaplumbağaların üç türünden, *C. mydas* için etinin lezzetli olduğundan bahsetmiştir. Aynı zamanda bu doğa bilimci, bu canlılardan öyle etkilenmiştir ki ifadelerine felsefi anlatım katarak balık gibi yüzdüğünü, kümes hayvanı gibi yumurta bıraktığını ve öküz gibi otladığını betimlemiştir. Ayrıca kanının kanser gibi hastalıklara iyi geldiği yönündeki inanışlar, kabuklarından beşik, takı gibi eşyaların ve derisinden ise ayakkabı gibi giyim eşyalarının üretilmesi; karaciğerinden ve genital organlarında bulunan yağın oligo-maddeler, iyot, fosfor, kalsiyum, hormonlar ve vitaminlerce (A, D ve F) zengin oluşu nedeniyle yağının parfüm yapımında kullanılmasından (2) dolayı avlanması yıllar önce yaygınlaşmıştır. Baran ve Kasperek (7), Kazanlı halkının, balıkçı şirketi tarafından toplanmak üzere kaplumbağaları yuvalama kumsalında çevirdiklerini rapor etmişlerdir. Aynı zamanda da trol, paragat, gırgır, uzatma ağları, tuzaklar ve ağ dalyanlarda ise tesadüfi olarak avlanması, nesillerinin tehlike altına girmesine neden olmaktadır (8). Deniz kaplumbağalarının balıkçılık ile etkileşimleri, balıkçılık faaliyetleri ile kaplumbağaların buldukları ortamların çakıştığı yerde gerçekleşir (9).

Deniz kaplumbağaları hem yavaş gelişirler hem de uzun yaşamlıdırlar ve çoğu deniz kaplumbağası için yavru evrelerinin yeri ve süresi bile bilinmemektedir (10). Deniz kaplumbağaları uzun ve karmaşık hayat döngüleri boyunca neritik bölgeler ve okyanus alanları arasında beslenme ve üremek için uzun mesafeler kat ederler (11). Deniz kaplumbağaları ergin birey olduklarında yumurtadan çıktıkları kumsallara tekrar yuvalamak için geri gelirler (12). Kuzey yarımkürede bu canlılar Nisan ve Mayıs aylarında kumsallara yakın bölgelerdeki durgun sulara, çiftleşmek için gelirler (13,14). Erkek bireyler yaşamları boyunca deniz dışına hiç çıkmazlar, dişiler ise sadece yumurtlamak için kumsallara çıkarlar (15). Erkek ve dişi bireyler üreme dönemlerinde, beslenme alanlarını terk ederek yuvalama alanlarına yakın çiftleşme bölgelerine gelir ve çiftleşme suda gerçekleşir. (15). Bu canlılar için yuvalama ayları Mayıs'tan Eylül'e kadar sürer (13). Kaska *vd.* (16)'e göre cinsiyet kromozomları olmayan deniz kaplumbağalarının cinsiyetleri kuluçka sıcaklığına göre belirlenir. Burada *C. caretta*'lar için 30 °C, her iki cinsiyet dağılımı için kritik sıcaklıktır (17). Sıcaklık arttıkça (ortalama 32°C ve üzeri) yumurtadan çıkacak bireyler dişi ağırlıklı olacaktır. Düşük sıcaklıklarda (ortalama 26°C) ise bireyler

erkek birey ağırlıklı olacaktır. 1:1 cinsiyet oranının üretildiği sıcaklık, pivotal sıcaklık olarak adlandırılır (18). Mrosovsky (19) ve Wibbels (20) genel olarak deniz kaplumbağaları için kritik sıcaklığı 29°C olarak ifade etmişlerdir.

Dünya doğal afetlerden dolayı beş kitlesel yok oluş yaşamıştır. Uzmanlar artık altıncı bir kitlesel yok oluşun ortasında olduğuna inanıyor ve gıda sistemi, iklim değişikliği ve biyoçeşitlilik kaybı arasındaki iç içe geçmiş ilişkiler, dünya üzerinde muazzam bir baskı oluşturuyor (21). 2010 yılında Londra'da bilim topluluğu Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesinde (BÇS) tarihi bir karara imza attılar. Sözleşmede, 2011-2020 yılları için Aichi Biyoçeşitlilik Hedefleri aracılığıyla hayata geçirilecek yeni bir stratejik bir plan belirlendi. Bu plan, bütün Birleşmiş Milletler sistemi için geçerli olan kapsayıcı bir biyoçeşitlilik çerçevesinin parçasıydı. 1. Biyolojik Çeşitlilik için Stratejik Plan 2011-2020 Aichi Hedefleriyle birlikte benimsendi (22). Birleşmiş Milletler Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi kapsamında Aichi Biyoçeşitlilik Hedefi – 6'ya göre 2020 yılına kadar; tüm balıklar ve omurgasız stokları ve su bitkileri sürdürülebilir bir şekilde yasal olarak ve ayrıca ekosistem temelli yaklaşımlar uygulanarak yönetilir ve üretilir. Bu sayede aşırı avlanma önlenir, nesli tükenen tüm türler için iyileştirme planları ve önlemler alınır, balıkçılığın tehdit altındaki türler üzerinde önemli bir olumsuz etkisi olmaz ve savunmasız ekosistemler ve balıkçılığın stoklar, türler ve ekosistemler üzerindeki etkileri güvenli ekolojik sınırlar içine alınır.

Tüm dünyanın da gündeminde yer alan, en çok insan etkisi ile meydana gelmiş ve sanayi devrimi sonucu hızlı bir ivme kazanan küresel ısınmanın, bu canlıların sürdürülebilirliği üzerinde ilerleyen zaman diliminde yuvalama kumsallarının yükselen deniz seviyesi sonucu sular altında kalma olasılığını, besin popülasyonunda oluşabilecek olası değişimlerinin de giderek baskılayıcı bir durum yaratacağını göstermektedir. Küresel ısınma etkilerini her ne kadar ortadan kaldırmak güç olsa da etkiler yavaşlatılamazsa, birçok tehlikeyi de beraberinde getirebilir. Sadece karasal ortam için değil sucul ortam için de büyük zararlar oluşabilir. Bu zarara uğrayacak canlıların başında da deniz kaplumbağaları gelebilir. Suların ısınması ile dağılım alanları etkilenebilir. Tabi ki etkinin bununla da sınırlı kalmayacağı söylenebilir. Dünya üzerinin su kütleleri ile kaplı olduğu göz önüne alındığında, bu su kütleleri doğal ya da insan yapımı kanallar ve doğal boğazlar ile birbirlerine bağlantılıdır. Bilimsel çalışmalar ve uydu fotoğrafları, ısınma ile kuzey yarım kürede bulunan devasa buz kütlelerinin erimeye başladığını da gözler önüne sermektedir. NASA 2017 yılında Larsen C buzulunda 5800 km<sup>2</sup>'lik buzul parçasının ayrıldığını duyurmuştur (23). Bu buz dağı İstanbul'dan daha büyüktür. Bu kadar devasa bir buzul parçası büyük

denizde birçok tehlikeyi de beraberinde getirebilir. Yüzlerce yıldır varlıklarını sürekli korumuş olan buzulların bu denli kopmaları, iklim değişikliğinden diğer bir değişle küresel ısınmaktan kaynaklıdır. Eriyen, kopan buzullar ile zaman içinde deniz seviyelerinde de artışlar gözlemlenebilir. Bu artışlar zaman içinde bazı sahil yerleşim yerlerinin sular altında bırakabilir. Grönland (yılda 200 milyar ton) ve Antarktika'daki (yılda 118 milyar ton) buzul kayıpları deniz seviyesine 14 milimetre yükselmesine katkıda bulunmuştur (24). Antarktika yılda ortalama 150 milyar ton buz kütlesi kaybediyor (eriyor) ve Grönland yılda yaklaşık 270 milyar ton kaybederek deniz seviyesinin yükselmesine katkıda bulunuyor (25). Özellikle Hollanda gibi deniz seviyesi altında bulunan ülkeler ya da şehirlerin bu etkiyi daha derinden yaşamları içten bile değildir. Aynı zamanda kaplumbağaların üreme kumsallarının da yer yer sular altında kalmaları neticesinde üreme durumlarında ve üreme yerlerinde bir değişikliğe sebep olabilir. Her canlı gibi üreme alanları yok olmaya başlayan bu canlılar kendileri için yaşamlarını idame ettirebilecekleri yerlerin arayışına girebilirler. Tabi ki durum bu kadarla da kalmayacaktır. Deniz kaplumbağalarının cinsiyetleri ilk etapta belli değildir. Cinsiyetleri, embriyonik gelişim sırasında inkübasyon sıcaklığına göre belirlenir (26,27). Kumsalın sıcaklığına göre kuluçka süresinin ikinci üçte bir döneminde cinsiyetler belli olur (60 günlük kuluçka süresinin 20-40 günleri) (28,29,30,31,32). Aynı zamanda 1850'li yıllardan bu yana küresel yüzey sıcaklığı 2011–2020'de 1850–1900'e göre 1,09 [0,95 - 1,20] °C daha yüksek gerçekleşmiş; karadaki artışların (1,59 [1,34 - 1,83] °C) okyanus üzerindeki (0,88 [0,68 ila 1,01] °C) göre daha büyük olması (33) zaman içinde türlerde erkek/dişi birey oranlarının sürdürülemez derecelerde bozulmasına sebep olacağı şeklinde de değerlendirilebilir.

## **TÜRKİYE DENİZLERİNDE DAĞILIM GÖSTEREN DENİZ KAPLUMBAĞALARI**

Dünya denizlerinde dağılım gösteren deniz kaplumbağalarının korunması hakkında ilk çalışmaların, ulaşılmasının kolaylığı göz önüne alındığında yuvaların izlenmesi üzerine çeşitli Sivil Toplum Kuruluşları, akademisyenler ve gönüllü ekipler ile başladığını ifade etmek doğru bir yaklaşım olabilir.

8 türden 5'i Akdeniz sularında görülmektedir (34). *C. caretta* ve *C. mydas* özellikle Türkiye Akdeniz sahillerinde yuvalayan türlerdir (7). *D. coriacea* zaman zaman Akdeniz'de görülse de yuva yaptığı tespit edilememiştir. Ayrıca *E. imbricata* ve *L. kempii* de nadir olarak Akdeniz'de görülen türler arasındadır.

*C. caretta* ve *C. mydas* Akdeniz sahillerini yuvalamak amaçlı kullanmakta olup, Uluslararası Doğal Hayatı Koruma Birliği (IUCN)'nin yayınlamış olduğu kırmızı

listede *C. caretta* en son 2015 yılında değerlendirilmiş ve A2b kriteri kapsamında “Hassas” olarak (35) ve *C. mydas* ise 2004 yılında değerlendirilmiş ve A2bd kriteri kapsamında “Tehlike Altında” olarak listelenmiştir (36). Bir tek *N. depressus* hariç geri kalan diğer türler “Hassas” ya da “Kritik Tehlikede” olarak listelenmiştir.

Akdeniz’de yer alan hem *C. mydas* hem de *C. caretta* Atlas Okyanusu popülasyonunda zamanla farklılaşarak ayrı bir Akdeniz popülasyonunu oluşturmuşlardır. Clusa vd. (37) yapmış olduğu bir çalışmada daha uzun mtDNA şeridinde yaygın olan CC-A2.1 haplotipinden farklı olarak Akdeniz havzasında bulunan Lübnan popülasyonlarında farklılaşan CC-A2.9 haplotipini gözlemlemiştir. Tüm farklılaşmaya rağmen Atlantik’tekilerin büyük çoğunluğunun Akdeniz’e girdikleri bilinmektedir.

Türkiye sahillerinde deniz kaplumbağaları ile gerçekleştirilen ilk çalışma Hathaway (38)’e aittir. Yerli ve Demirayak (39) ise 1994 yılında tüm Türkiye sahillerini de içine alan ilk kapsamlı araştırmayı gerçekleştirmişlerdir. Hathaway (38)’e göre dünyanın birçok yerinde kaplumbağa ürünlerinin ticaretinin yapılmasının ve özellikle ilkbahar ile yaz aylarında İskenderun Körfezi civarında birçok kaplumbağanın görülmesi, çoğu insanlara bu türlerin henüz tükenme tehlikesi ile karşı karşıya olmadığını düşündürmekteydi. Özellikle yeşil kaplumbağanın severek tüketilmesi bu türe olan talebi arttırmıştır denebilir. İlk yuva kayıtları için çalışmalar 1989 yılında Baran ve Kasperek ile başlamıştır. Baran ve Kasperek (7) yılında Türkiye sahillerinde 17 yuvalama kumsalı tespit etmişlerdir. *C. caretta*’lar Akdeniz’de en yaygın deniz kaplumbağası türüdür. Akdeniz’de yuvalayan *C. caretta* dikkate değer bir genetik yapılanma sergilemekle beraber Atlantik alt popülasyonlarından gelen yavru bireyler Akdeniz sularında on yıl kadar yaşayabilmektedirler (40). Ancak Akdeniz kökenli bireyler batı veya güney Atlantik havzalarında tespit edilmemiştir (41). Bu canlılar için Akdeniz’de yuvalama faaliyetlerinin %99’u Türkiye ve Kıbrıs sahillerinde meydana gelmektedir (42). Yaygın üreme alanları Akdeniz sahilleri olan bu canlılar Ege sahillerinde de yuva arayışında olabilirler (43,44). Aynı zamanda daha serin olan bu sulara ısınmayla birlikte kuzeye doğru ilerlemiş durumdadır.

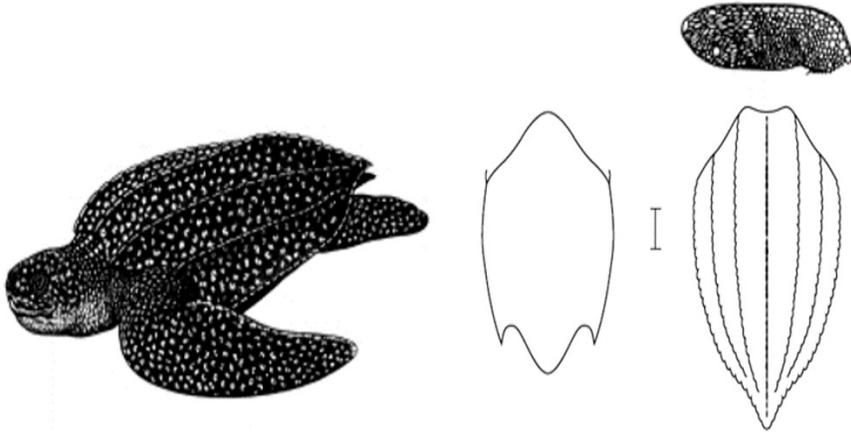
## **TÜRKİYE DENİZLERİNDEKİ DENİZ KAPLUMBAĞASI TÜRLERİ VE GENEL MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ**

### **Dermodochelyidae Familyası**

#### ***Dermodochelys coriacea (Vandelli, 1761)***

Dorsalinde karapaksta beş farklı çıkıntı bulunur. Karapaks derimsi yapıda ve siyahımsı olup beyaz renkli benekler ile kaplıdır. Çene yapısı çentiklidir.

Yüzgeçleri kürek benzeri olup, tırnak bulunmamaktadır (45) (Şekil 1). İki metre boya ve altıyüz kilogram ağırlığa kadar ulaşabilmekte olup, yaşayan en büyük deniz kaplumbağası türüdür. Dermochelyidae familyasında günümüzde yaşayan tek tür *D. coriacea*'dir. Belirgin morfolojik özellikleri ile diğer türlerden kolaylıkla ayrılabilir. Kabuk yapısı bağ dokudan oluşması nedeniyle aynı zamanda deri sırtlı olarak adlandırılmaktadır ve kendi boyutlarındaki sürüngenlerden üç katı kadar fazla metabolizma hızlarına sahiptir.



Şekil 1. Dermochelyidae familyası karapaks ve baş görüntüsü (46).

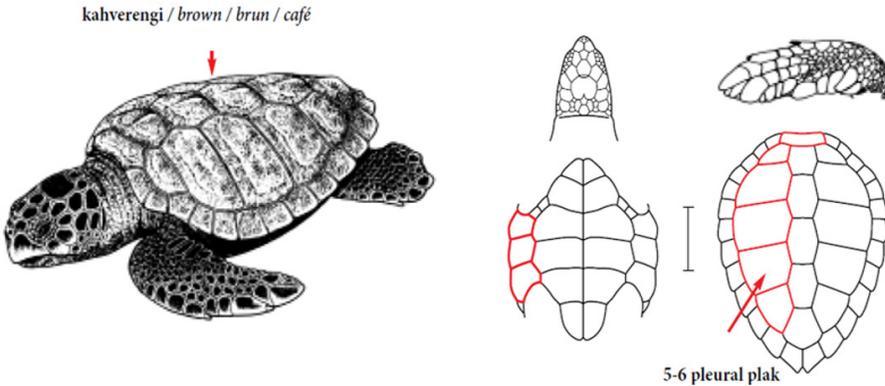
İnkübasyon süresi yaklaşık 29,5°C'de ortalama 60 gün sürer, ancak her şeyden önce kuluçka sıcaklığına bağlı olarak 50 ila 78 gün arasında değişebilir (47). Aynı zamanda her üreme sezonunda 10 defaya kadar yuvalama yaptıkları gözlemlenmiştir (48). Her bir yuvadaki yumurta sayısı 80 ile 90 arasındadır (49). Her yuvaya ortalama 80 döllenmiş ve 30 adet küçük döllenmemiş yumurta bırakılır ve bu canlıların besin kaynağını deniz anası ve kalamar gibi yumuşak vücutlu canlılar oluşturur (50,51). 2013 yılında yapılan değerlendirme ile kırmızı listede "Savunmasız" (52), Güneybatı Hint Okyanusu alt popülasyonu (53) ve Doğu Pasif Okyanusu alt popülasyonları "Kritik Tehlikede" kategorisindedir (54). Türkiye denizlerinde ürediğine dair herhangi bir bilgi bulunmamaktadır ancak yer yer beslenme amaçlı göçü sırasında Türkiye sularına girdiği görülmektedir.

### **Cheloniidae familyası**

#### ***Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) (İribaş Kaplumbağa)**

Karapaks serttir ve Chenoliidae familyasında en büyük üyedir. Karapaks uzun, yan kısımlarda beşer vertebral plaklı ve uzunluğu genişliğinden daha büyüktür.

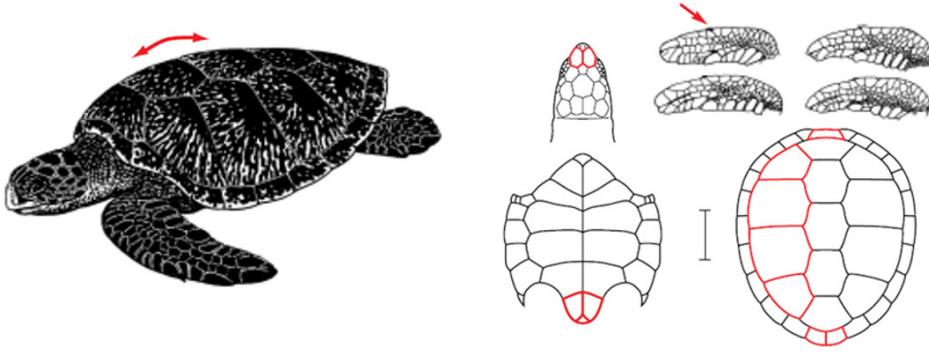
Karapaks rengi zeytin tonlarının da bulunduğu kırmızı-kahverengi tonlarındadır ve çoğu zaman kommensal canlılar ile kaplı olabilir (8). Kafa yapısı büyük olmakla birlikte güçlü bir çene yapısı bulunmaktadır. Halk arasında iri başı nedeniyle iribaş kaplumbağa da denilmektedir. Alt kısım ise yanlarda gözeneksiz üçer pleural plaklıdır. Erkek bireylerin rengi daha kahverengimsidir ve kafa kısımları da daha sarı renkli olup, hem kabuk yapıları dişilere oranla daha geniş hem de ön uzuvlarında kavrama hareketi için kıvrımlı birer tırnak bulunur. Besin kaynakları deniz kabukluları, omurgasız deniz canlıları (yumuşakçalar), yengeçler, deniz anaları, deniz hıyarları, deniz kestaneleri ve diğer deniz canlılarıdır (21). Her ne kadar ortalama eşey olgunluğa 50’li yaşlara doğru eriştiği söylene de ortalama olarak 20 ila 30’lu yaşlarda eşeysel olgunluğa ulaştığı daha fazla kabul görmektedir. Eşeysel olgunluğa ulaşan dişi bireyler üreme sezonlarında 2 ile 3 yılda bir yumurtadan çıktıkları kumsallara gelerek bir sezonda ortalama 3-5 kez kumsallara çıkararak yaklaşık 50-150 arasında yumurta bırakabilirler. Yumurtadan çıkış süresi 45-60 gün arasındadır (12). Tıpkı Akdeniz alt popülasyonu gibi Pasifik ve Hint Okyanusunda yaşayanlar *Caretta caretta gigas* ve Atlantik’te yaşayanlar ise *Caretta caretta caretta* olarak isimlendirilerek iki alttür olduğu söylenmiş ancak akademik camiada henüz kabul görmemiştir (Şekil 2). Ayrıca 1996 yılında IUCN Kırmızı Listede “Tehlikede” olarak listelenmesine rağmen yürütülen koruma çalışmaları sayesinde 2015 yılında A2b kriterine göre tekrar değerlendirilerek “Hassas” kategorisinde listelenmiştir (35). Ancak korumacı çalışmalar yeterli seviyede olmadığı sürece, bir farkındalık sürdürülebilirliği tam anlamıyla yerleşmediği sürece bu canlılarının bölgesel ya da ulusal ölçekte farklı statüde yer almasının sürdürülebilir olmayacağı açıktır.



Şekil 2. *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) görüntüsü (46).

### ***Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) (Yeşil Kaplumbağa)**

Bu tür derisinin almış olduğu yeşilvari renkten dolayı “Yeşil deniz kaplumbağası” da adlandırılmaktadır. Yavruların kabuklarının ise siyahımsı renkte olduğu bilinmektedir. Kafa yapısının üst kısmında bir çift prefrontal plak ve gözlerin arka kısmında dörder vertebral plak, ön palette bir tane tırnak bulunmaktadır. Kabuk yapısı *C. caretta*'ya göre daha yuvarlağimsı yapıda olmakla birlikte yanlarda 4 adet plak bulunur ve plastronda (alt kabuk) da gözeneksiz 4 adet inframarjinal plak bulunur. Çene dişsiz olup, tırtıklı bir yapıdadır aynı zamanda da yanlarda dörder tane üst üste binmiş lateral plaklar bulunur (Şekil 3). Yetişkin bireyler otçuldur ve besinleri de deniz ortamında bulunan deniz çayırları gibi bitkilerdir. Yavru hepçil olmakla birlikte besinlerini küçük omurgasızlar, algler, küçük yumurtalar, deniz yılanları gibi nöston grubuna ait canlılardır. Dişiler bireyler aynı iri baş kaplumbağada olduğu gibi bir üreme sezonunda ortalama 3-4 kez kumsallara yumurta bırakabilmek için çıkarlar ve her yuvalı her kumsala çıkışta ortalama 75-150 adet arasında yumurta bırakabilirler. Yumurta bırakımından sonra inkübasyon süresi yaklaşık 48-70 günlük bir zaman dilimidir (12).



Şekil 3. *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758) görüntüsü (46)

*C. mydas* türü için en önemli tehditler arasında neoplastik hastalığa sebep olan ve retrovirüs, herpesvirüs ve papillomavirüs gibi bulaş risk faktörü yüksek olan Fibropapillomatoz'dur. Smith ve Coates (1938) 1934'te Key West, Florida'da yakalanan yeşil kaplumbağada ilk kez Fibropapillomatoz'ü rapor ettiler (55). Bu canlıların da üzerinde diğer popülasyon üyeleri gibi etkin baskı antropojenik baskılardır. Yeşil kaplumbağa tarih boyunca özellikle çorbası yapılarak tüketilmesi fazlasıyla baskılanmıştır. Eşeyssel olgunluğa ulaşma evrelerinin uzun olması nedeniyle çoğu zaman üreme şansını bile elde edemeden elde edemeden gerek

doğal ortamlarındaki predatörleri/avcılarını gerekse tüketimde kullanılması ya da balıkçılık faaliyetleri sonucu en son 2004 yılında yapılan değerlendirme ile kırmızı listede (Red List) “Tehlike Altında” canlılar kategorisindedir (36).

### **Trionychidae familyası**

#### ***Trionyx triunguis (Forskal, 1775) (Nil Kaplumbağası)***

Göl, nehir, delta ve denizlerde dağılım gösteren bir kaplumbağa türüdür. Her ne kadar 8 deniz kaplumbağası türü arasında yer almasa da genellikle Akdeniz tarafında denizel alanda da rastlanıldığı için türün tanıtılmasına ihtiyaç doğmaktadır. *T. triunguis* çoğunlukla nehirlerin, göletlerin ve acı sulak alanların alt kısımlarında yaşar, ancak türün açık denizde de çok sayıda kaydı vardır ve Türkiye'nin bazı yerlerinde yuva yapan deniz kaplumbağalarıyla yaşam alanlarını paylaşır (56). Taşkavak ve Akçınar (57) gerçekleştirmiş oldukları çalışmada dip trolü ile yaklaşık 55m derinlikte yakalandığını, 15 m derinliklerde SCUBA dalgıçlar ile gözlemlendiklerini dolayısıyla da deniz ortamına iyi adapte olduklarını ifade etmişlerdir. Boyları 1 m'yi aşabilmekle beraber kabuğu üzeri deri ile kaplıdır, üzerinde küçük, yuvarlak ve sık sarı lekeler bulunur (15). Burun yapısı belirgin bir şekilde borumsu yapıda ve sivridir (Şekil 4). Mayıs ve Temmuz aylarında kumul şeride çıkarak yumurta bırakır ve yavrular 10-11 hafta sonra yumurtadan çıkarak suya ulaşır. Gautier (58) bu canlının eski çağlarda ara sıra balıkçıların ağlarına takılan ya da zıpkınla avlanan bir besin hayvanı olarak rastlandığını bildirmiştir. Houlihan (59) ise bu canlıyı eski zamanlarda sergilediği esrarengiz hareketleri ve kötü ısırması nedeniyle Güneş Tanrısı'nın (Ra) düşmanı ve aynı zamanda da kötülüğün sembolü olarak tanımlamıştır.



Şekil 4. Nil Kaplumbağası (*Trionyx triunguis* Forskal, 1775) (Fotoğraf O. Türkozan).

Akdeniz alt popülasyonu en son 1996 yılında IUCN Tehdit Altındaki Türlerin Kırmızı Liste için değerlendirilmiştir. *T. triunguis* Akdeniz alt popülasyonu C2a kriteri altında “Kritik Tehlike Altında” olarak değerlendirilmiştir (60). Özellikle yaşam alanlarındaki insan faaliyetlerinin ve yapılaşmanın artması nedeniyle doğal ortamlarını kaybetmeleri sonucu sayıları gün geçtikçe azalmaktadır ve hedef dışı avlanma, kirlilik ve küresel iklim değişikliği de bu türü tehdit eden nedenler arasındadır (61).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Deniz kaplumbağaları denizler ve okyanuslar arası gidip gelen göçmen türlerdir. Bu canlılar tüm dünya denizlerinde olduğu gibi Akdeniz’de de balıkçılıkta hedef dışı avlanma, iklim değişikliği, kıyı gelişimi ve deniz kirliliği gibi önemli tehditlerle karşı karşıyadır (62,9,41). Deniz kaplumbağaları hem denizel ekosisteminin sürdürülebilirliği hem de diğer canlıların sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır.

*C. mydas* için Akdeniz’de en büyük ve önemli üreme bölgesi Türkiye’dir. Hem *C. caretta* hem de *C. mydas* 1970’li yıllardan bu yana Türkiye sahillerine yumurta bırakmaktadır (63). Her ne kadar bu türlerin yuvalama alanları Akdeniz gibi görünse de son zamanlarda yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı üzere kuzeye doğru (43,44) bir yönelimin olduğu da söylemek doğru olacaktır.

Esenlioğulları (8,64) Ege sahillerinde gerçekleştirmiş olduğu çalışmada balıkçıların genel olarak yaşayan türlerin hepsini *C. caretta* olarak nitelendirdiklerini ifade etmiştir. Türkiye sularında yaygın olarak bulunan bu iki tür çoğunlukla olarak ayırt edilememektedir. Bunun nedeni insanların türleri ayırmada yeterli bilgi sahip olmaması ya da diğer türlerin de Akdeniz sahillerinde yaşadığının farkında olmamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca balıkçıların ise bu türleri tanımamasının sebebi ticari açıdan dikkatlerinin daha çok hedef türlere odaklanmış olmasıdır. Deniz kaplumbağalarının hayat siklusları hakkında yani ne zaman yuvaladıkları, erginlik dönemleri, yaşama şansları hakkında bilgi birikimlerinin olmadığı görülmüştür. Kısacası balıkçıların ne denizlerimizde dağılım gösteren deniz kaplumbağalarını tanıdıkları ne de bu canlıların sucul ekosistem için gerekliliği hakkında bilgi sahibi olmadıkları söylenebilir (64). Bu durum aslında Barbato *vd.* (65)'nin Akdeniz'de elasmobranşların korunmasıyla ilgili balıkçıların yerel ekolojik bilgileri üzerine yapmış oldukları çalışmada, balıkçıların bazı elasmobranş türlerinin hedef değil tesadüf av olması ve balıkçıların dikkatinin hedef tür üzerinde olması nedeni ile bu canlıların biyolojik özelliklerine dikkat etmediğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Balıkçıların deniz kaplumbağaları ile ilgili lokal ekolojik bilgileri, deniz kaplumbağalarının sadece balıkla beslendiği ve ağlarını göremedikleri için sadece balığı görüp av araçlarına geldiği şeklindedir. Bu canlılar için ağlarının sağlamlığının sınırlı kaldığı ve bu nedenle ağlarında yakalanamadıkları ifade edilmiştir (8,64).

Balıkçıların bilimsel çalışmaların farkında olmamaları ya da anlamlandıramamaları ve atalarından miras olarak aldıkları davranışlar, onların deniz kaplumbağalarına yaklaşımlarında ve bakış açılarında etkili olabilir. Akdeniz'deki ölümlerin başlıca sebebi balıkçılık faaliyetleri olup, paragnet ve trollerle 150000 deniz kaplumbağası yakalanırken, bunların 39000'i farklı avlanma yöntemleri nedeniyle ölmektedir (66). Dolayısıyla insanoğlu bilmediği ya da tanımadığı bir canlıya dost olarak davranmayabilir. Yine bu durum için de deniz kaplumbağaları hakkında balıkçılar açısından farkındalık sunumlarına ihtiyaç olduğu söylenebilir. Mallat (66) Kerkennian'lı balıkçıların Sfax Üniversitesi Deniz Kaplumbağalarını Kurtarma Merkezi'nin düzenlemiş olduğu bilinçlendirme toplantılarına katıldığını ifade etmiştir. Bu balıkçılardan biri ise kaplumbağalara nasıl yaklaşması gerektiğini, nasıl korunmasına yardımcı olabileceğini burada öğrendiğini ve sonunda da deniz kaplumbağalarının korunmasına yardımcı olan sorumlu bir balıkçı olduğunu söylemiştir. Deniz kaplumbağaları göçmen canlılardır. Gerek beslenme gerekse kışlama ve üreme göç rotaları boyunca,

balıkçıların avlandıkları sahalarda bulunmalarından dolayı etkileşim halinde olmaları kaçınılmazdır. Balıkçıların deniz kaplumbağaları hakkında bilgi sahibi olmaları için okyanus okuryazarlığı ile buldukları sulardeki deniz kaplumbağalarının varlığına ilişkin bilgi düzeyleri ve farkındalıkları arttırılabilir.

Taraf olunan Bern ve Barselona sözleşmeleri gereğince Türkiye Cumhuriyeti bu türleri korumakla yükümlüdür. Bu türlerin korunumu ve sürdürülebilirliği açısından bu canlıların yaşam alanlarını kullanan insanların ve bununla birlikte de balıkçılık faaliyetleri ile uğraşan kesimin bu canlılara karşı bilgi ve tutumlarının da bilinmesi önemlilik arz eder. Taraf olunan Avrupa Doğal Hayatı ve Doğal Ortamların Korunmasına ilişkin Bern sözleşmesi aynı zamanda Barselona sözleşmesi ve protokolleri gereğince Türkiye Cumhuriyeti bu canlıları korumak için çaba sarf etmekle yükümlüdür. Bu türlerin sürdürülebilirliği açısından yaşam alanlarını kullanan insanların ve bununla birlikte de balıkçılık faaliyetleri ile uğraşan kesimin bu canlılara karşı bilgi ve tutumları da koruma ve sürdürülebilirlik çalışmalarında ne kadar önemli olduğunu gözler önüne sermektedir (64).

Genç veya alt yetişkinlerin dağılım alanları genellikle kıyıya yakın alanlardır. Türkiye denizlerinde de genelinde yaygın olarak küçük-ölçekli kıyı balıkçılığın geçim kaynağı olması nedeniyle özellikle genç bireyler ve yuvalamak üzere üreme habitatlarında dolaşan bireyler üzerinde bir tehditten bahsetmek doğru olacaktır. Ayrıca bu canlılarının beslenme alanları ile balıkçılığın çakışma derecesinin bilinmesi spesifik yuvalama popülasyonlarını korumak için anahtar bir faktör olacaktır (40).

11 Ağustos 2024 tarih ve 32629 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren ve 01/09/2024 tarihi itibari ile geçerli olan, 2024/20 tebliğ no’lu 6/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ’in “Avlanması Yasak Türler” başlıklı 16. Maddesine göre çizelgede yer alan *C. caretta*, *C. mydas*, *T. triunguis* ve *D. coricea* türlerinin bütün Türkiye denizlerinde avlanması, toplanması, gemilerde bulundurulması, karaya çıkartılması, nakledilmesi ve satılması yasak olması nedeniyle balıkçılar yakalanma ile ilgili duruma temkinli yaklaşmaktadırlar (67). Sadece cezalar açısından değil aynı zamanda bürokrasidedeki zorluklardan da şikâyet etmektedirler. Yaralı bir kaplumbağaya denk geldiklerinde muhatap olunacak kişi ya da kişilere zorlukla ulaştıklarını dile getirmişlerdir. Bu konudaki aksaklıklar balıkçılar açısından zaman kaybı ve aynı zamanda gereksiz yere suçlu muamelelerine maruz kalma ihtimalleri nedeni ile hiçbir müdahalede bulunmadan bu canlıları buldukları ortamda bırakmayı tercih etmektedirler.

Tüm bu bilgiler, denizel ekosistemin tamamlayıcı ve vazgeçilmez bir üyesi olan deniz kaplumbağalarının, korunması için gerekli yönetim stratejilerinin tüm paydaşlar ile birlikte belirlenmesi ve uygulanması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

## **TEŞEKKÜR**

Deniz kaplumbağalarının sürdürülebilirliği ve Türkiye denizlerindeki türlerin genel özellikleri isimli çalışma, Ege Üniversitesi tarafından Tarım ve Orman Bakanlığı ve Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Yayın Etiği Kurullarından alınan izinler kapsamında ve başta Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK 122O687 Nolu Proje) ve Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP FDK-2021-23064 Nolu Proje) tarafından sağlanan finansal desteklerle gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın saha çalışmalarında bölge birliklerine bağlı olan ve olmayan kooperatif başkanları ve balıkçılarımızla ilk önemli bağlantılarının kurulmasını, tekne, lojistik ve operasyon desteğini sağlayan başta S.S Muğla Su Ürünleri Kooperatifleri Bölge Birliği Başkanı sayın Serhat KOZİNOĞLU ve S.S. Aydın Bölgesi Su Ürünleri Kooperatifleri Bölge Birliği Başkanı sayın Özgür ATACAN'a katkılarından dolayı tüm Aydın ve Muğla kooperatif başkanlarına ve balıkçılarına teşekkür ederiz. Makalede yer alan tespit ve öneriler tamamen yazarların görüşünü yansıtmaktadır.

## **KAYNAKLAR**

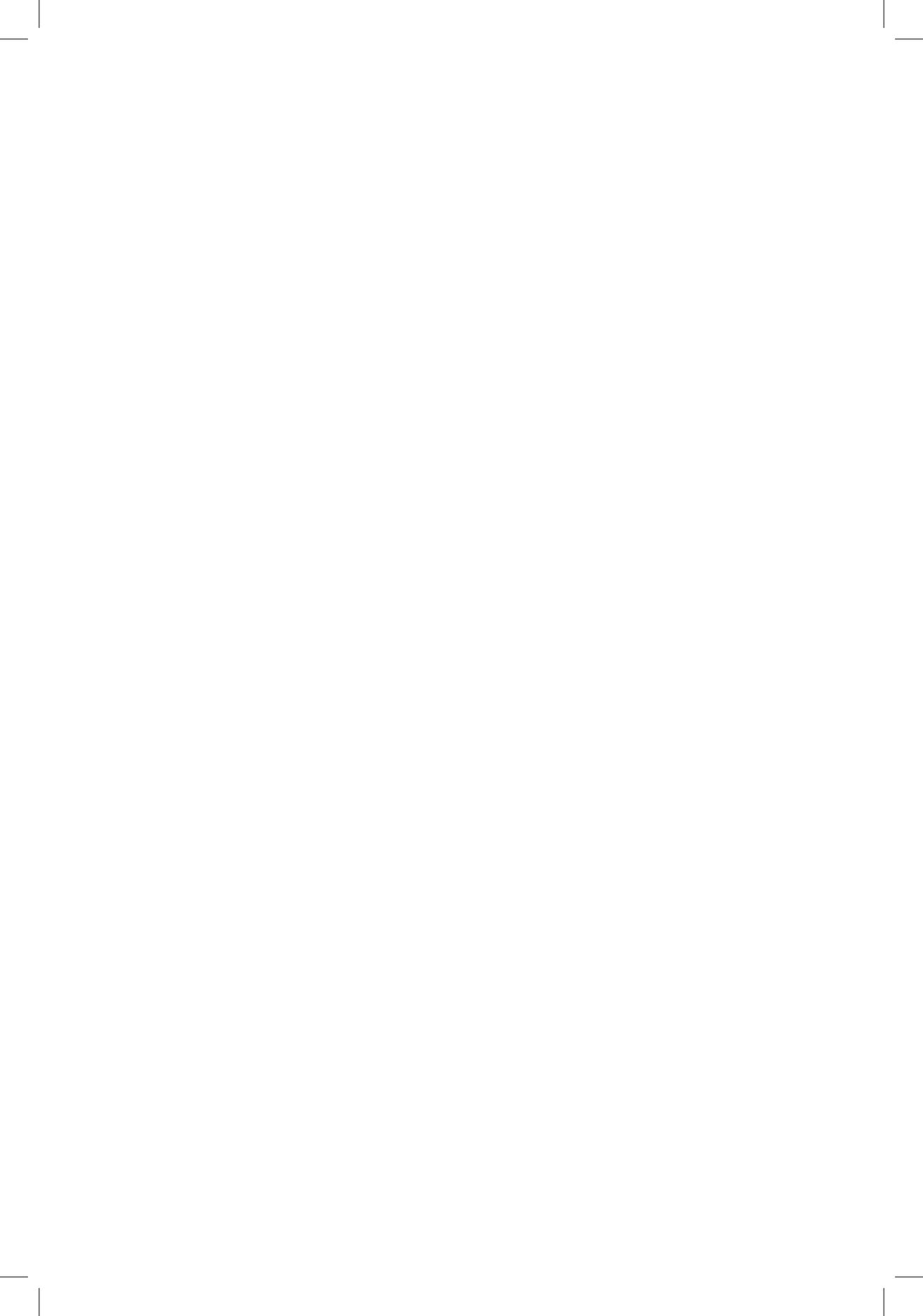
1. Rubidge BS, Erwin DH, Ramezani J, et al. High-precision temporal calibration of Late Permian vertebrate biostigraphy: U-Pb zircon constraints from the Karoo Supergroup, South Africa. *Geology*. 2013;41: 363-366.
2. Lutz P.L., Musick J.A. *The Biology of Sea Turtles*. Boca Raton, Florida: CRC Press. 1997.
3. Pritchard, PCH. Evolution, Phylogeny and Current Status. In: Lutz, PL. and Musick, JA. (eds.) *The Biology of Sea Turtles*. Boca Raton London New York Washington, D.C.: CRC Press; 1997. p. 1 – 24
4. Wibbels T. Gonadal steroid endocrinology of sea turtle reproduction. *Ph.D. thesis*, 1988. Texas A&M University, College Station. Texas.
5. Casale P. *Incidental Catch of Marine Turtles in the Mediterranean Sea: Captures, Mortality, Priorities*. WWF Italy, Rome. 2008.
6. Ashe T. Carolina: Or, a Description of the Present State of That Country, and the Natural Excellencies Thereof. Birleşik Krallık: W.C., London; 1682.
7. Baran I. and Kasperek M. Marine Turtles Turkey. Status Survey 1988 and Recommendation for Conservation and Management. Hedielberg, Germany: Prepared by WWF; 1989.
8. Esenlioğulları A. Ege Denizi'nde Deniz Kaplumbağalarının Av Araçları ile Olan Etkileşimlerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama-İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, İzmir; 2018.

9. Lucchetti A., Vasapollo C., Virgili M. An interview-based approach to assess sea turtle bycatch in Italian waters. *PeerJ*, 2017;5:e3151.
10. Bolten, AB. Variation in sea turtle life history patterns: neritic vs. oceanic developmental stages. in Lutz, PL., Musick, J, and Wyneken J (eds.) *The Biology of Sea Turtles* içinde. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, FL. 2003. p. 243-257
11. Briscoe DK, Parker DM, Balazs GH, Kurita M, Saito T, Okamoto H, Rice M, Polovina JJ, Crowder LB. Active dispersal in loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) during the 'lost years'. *Proc. R. Soc.*, 2016. B 283: 20160690.
12. DEKAMER. *Faaliyet Raporu 2020*. (14.07.2023 tarihinde <https://www.dekamer.org.tr/documents/2019rapor.pdf> adresinden ulaşılmıştır).
13. Geldiay R, Koray T and Balık S. Status of sea turtle populations (*Caretta caretta* and *Chelonia mydas*) in the northern Mediterranean Sea, Turkey. In: Bjorndal KA (ed.) *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Washington D.C.: Smithsonian Institute Press; 1982. p. 425-434.
14. Kaska Y, Başkale E, Katılmış Y, vd. *Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi Tür ve Habitat İzleme Projesi Kapsamında Köyceğiz-Dalyan Kumsal Alanında Deniz Kaplumbağası (Caretta caretta, Chelonia mydas) ve Nil Kaplumbağası (Trionyx triunguis) Popülasyonlarının Araştırılması, İzlenmesi ve Korunması*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü; 2014
15. Budak A ve Göçmen B, *Herpetoloji*, İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları, Fen Fakültesi Yayın No. 194; 2008.
16. Kaska Y, Sözbilen D, Sarı, F, *Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi, Dalyan (İztuzu) Kumsal Alanında 2008 Yılı İçin Deniz Kaplumbağaları (Caretta caretta, Chelonia mydas) ve Nil Kaplumbağası (Trionyx triunguis) Popülasyonlarının Korunması ve İzlenmesi Projesi*. Ankara: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı; 2008.
17. Yntema CL and Mrosovsky N, Critical periods and pivotal temperatures for sexual differentiation in loggerhead sea turtles. *Canadian Journal of Zoology*. 1982;60(5): 1012-1016.
18. Mrosovsky N and Yntema CL, Temperature dependence of sexual differentiation in sea turtles: implications for conservation practices. *Biological Conservation*. 1980;18(4): 271-280.
19. Mrosovsky N. Sex ratios of sea turtles, *The Journal of Experimental Zoology*, 1994;270:16-27.
20. Wibbels T. Critical approaches to sex determination in sea turtles. In: Lutz PL, Musick JA, Wyneken J (eds.) *The biology of sea turtles*. Boca Raton, F: CRC Press LLC; 2003. P. 103-134
21. WWF. Sürdürülebilir Küçük Ölçekli Balıkçılık İçin "Ortak Yönetim". Ankara: WWF-Türkiye; 2022.
22. UNEP/CBD/COP/DEC/X/2. Decision Adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity. *Tenth Meeting, 18-29 October 2010*, 2010, Nagoya, Japan.
23. Viñas MJ. *Massive Iceberg Breaks Off from Antarctica*. 2017 05.01.2018 tarihinde <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/massive-iceberg-breaks-off-from-antarctica> adresinden ulaşılmıştır).
24. Smith B, Fricker HA, Gardner AS, et al. Pervasive ice sheet mass loss reflects competing ocean and atmosphere processes. *Science*. 2020;68: 1239-1242.

25. NASA. *Ice Sheets*. 2023 (25.01.2024 tarihinde <https://climate.nasa.gov/vital-signs/ice-sheets/#:~:text=Antarctica%20is%20losing%20ice%20mass%20%28melting%29%20at%20an,tons%20per%20year%2C%20adding%20to%20sea%20level%20rise>. adresinden ulaşılmıştır).
26. Bull JJ. *Evolution of sex determining mechanisms*. Menlo Park, California: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc; 1983.
27. Mrosovsky N. Thermal Biology of Sea Turtles. *American Zoologist*, 1980;20(3): 531-547.
28. Pieau C. and Mrosovsky N. Transitional range of temperature, pivotal temperatures and thermosensitive stages for sex determination in reptiles. *Amphib. Reptil.* 1991;12: 169-179.
29. Howard R, Bell I and Pike DA. Thermal tolerances of sea turtle embryos: Current understanding and future directions. *Endanger. Species Res.* 2014;26: 75-86.
30. Laloë JO, Cozens J, Renom B. Et al. Climate change and temperature-linked hatchling mortality at a globally important sea turtle nesting site. *Glob. Chang. Biol.* 2017;23: 4922-4931.
31. Blechschmidt J, Wittmann MJ and Blüml C. Climate change and green sea turtle sex ratio—preventing possible extinction. *Genes.* 2020;11(5): 588. <https://doi.org/10.3390/genes11050588>
32. DEKAMER. *Hayat Döngüsü 2023*. (10.12.2023 tarihinde <https://www.dekamer.org.tr/hayat-dongusu.html> adresinden ulaşılmıştır).
33. IPCC. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2023: Synthesis Report*. In: *Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. 2023, IPCC, Geneva, Switzerland, (pp. 1-34). doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
34. Groombridge B. Marine turtles in the Mediterranean: distribution, population status, conservation, *Nature and Environment Series*, No. 48. Strasbourg; 1990.
35. Casale P. and Tucker AD. *Caretta caretta* (amended version of 2015 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T3897A119333622*. (22.08.2023 tarihinde <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-2.RTLS.T3897A119333622.en>. adresinden ulaşılmıştır).
36. Seminoff JA. (Southwest Fisheries Science Center, U.S.), 2004. *Chelonia mydas*, *The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T4615A11037468*. (13.07.2023 tarihinde <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T4615A11037468.en>. adresinden ulaşılmıştır).
37. Clusa M, Carrerasa C, Pascual M, et al. Mitochondrial DNA reveals Pleistocenic colonisation of the Mediterranean by loggerhead turtles (*Caretta caretta*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2013;439: 15-24.
38. Hathaway RR. Sea turtles: unanswered questions about sea turtles in Turkey. *Balık ve Balıkçılık*, 1972;20: 1-8.
39. Yerli SV ve Demirayak F. Türkiye’de deniz kaplumbağaları ve üreme kumsalları üzerine bir değerlendirme-95, DHKD, Kıyı Yönetimi Bölümü, Rapor No: 96/4. 1996. İstanbul (ISBN 975-96081-0-3).
40. Clusa M, Carreras C, Pascual M, et al. Fine-scale distribution of juvenile Atlantic and Mediterranean loggerhead turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea. *Marine Biology*. 2014;161: 509-519.

41. DiMatteo A, Cañadas A, Roberts J, et al. Basin-wide estimates of loggerhead turtle abundance in the Mediterranean Sea derived from line transect surveys. *Front. Mar. Sci.* 2022;9:930412.
42. Kasperek M, Godley BJ, Broderick AC. Nesting of the green turtle, *Chelonia mydas*, in the Mediterranean: a review of status and conservation needs. *Zoology in the Middle East.* 2001;24: 45-74.
43. Sürücü B, Çetinkaplan B, İnanç S, et al. Deniz kaplumbağa yuvalama bölgeleri dışında yuva; Kuşadası (Aydın)'da, İribaş deniz kaplumbağa yuvaları. *5'inci Ulusal Deniz Kaplumbağaları Sempozyumu*, 6 - 08 Aralık 2017, Aydın, Türkiye, (ss. 47)
44. Yalçın Özdilek Ş, Kirbeci S, Yalçın S, et al. The first record of loggerhead turtle (*Caretta caretta*) nesting on the Northernmost Aegean Coast, Turkey. *Natural and Engineering Sciences.* 2020;5(3): 198-203.
45. National Marine Fisheries Service and U.S. Fish and Wildlife Service. Endangered Species. Act status review of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*). Report to the National. 2020.
46. CITES. Identification guide – turtles and tortoises: guide to the identification of turtles and tortoises species controlled under the convention on international trade in endangered species of wild fauna and Flora. Canada. 2009.
47. Marco A, Patino-Martínez J, Ikarán M, et al. Tortuga laúd – *Dermochelys coriacea*. En: Salvador A, and Marco A (eds.) *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales: 2016. 28p.
48. Rostal DC, Grumbles JS, Palmer KS, et al. Changes in Gonadal and Adrenal Steroid Levels in the Leatherback Sea Turtle (*Dermochelys coriacea*) during the Nesting Cycle. *General and Comparativ. Endocrinology.* 2001;122(2): 139-147
49. Hilterman ML, Goverse E. Nesting and nest success of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*) in Suriname, 1999-2005. *Chelon. Conserv. Biol.* 2007;6: 87-100.
50. TUDAV. *Türkiye Deniz ve İçsularında Koruma Altındaki Türler 2023*. (12/12/2023 tarihinde <https://tudav.org/calismalar/balikcilik/surdurulebilir-balikcilik/turkiye-deniz-ve-icsularinda-koruma-altindaki-turler/> adresinden ulaşılmıştır).
51. Wallace BP, Sotherland PR, Tomillo PS, et al. Egg components, egg size, and hatchling size in leatherback turtles. *Comp. Biochem. Physiol. A-Mol. Integr. Physiol.* 2006;145: 524-532.
52. Wallace BP, Tiwari M, Girondot M. *Dermochelys coriacea* 2013a. The Red List of Threatened Species 2013:e.T6494A43526147. (22/08/2022 tarihinde <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T6494A43526147.en> adresinden ulaşılmıştır).
53. Wallace BP, Tiwari M, Girondot M. *Dermochelys coriacea* (Southwest Indian Ocean subpopulation) 2013b. The Red List of Threatened Species 2013:e.T46967863A46967866. (22.08.2022 tarihinde <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T46967863A46967866.en> adresinden ulaşılmıştır).
54. Wallace BP, Tiwari M, Girondot M. *Dermochelys coriacea* (East Pacific Ocean subpopulation) 2013c. The Red List of Threatened Species 2013:e.T46967807A46967809. (22/08/2022 tarihinde <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-2.RLTS.T46967807A46967809.en> adresinden ulaşılmıştır).
55. Aguirre AA, Spraker TT, Chave A, et al. Pathology of fibropapillomatosis in olive ridley turtles *Lepidochelys olivacea* nesting in Costa Rica. *Journal of Aquatic Animal Health.* 1999;11: 283-289.

56. Anonim. *Trionyx Triunguis*'in Türkiye'de Değerlendirilmesi 2024. (29.01.2024 tarihinde <https://medasset.org/portfolio-item/assessment-of-trionyx-triunguis-in-turkey/> adresinden ulaşılmıştır).
57. Taşkavak E, Akçınar SC. Marine records of the Nile soft-shelled turtle, *Trionyx triunguis* from Turkey. *Marine Biodiversity Records*. 2009; 2: e9.
58. Gautier A. Animal Mummies and Remains from the Necropolis of El Kab (Upper Egypt). *Archaeofauna*. 2005;14: 139-170.
59. Houlihan PF. *The Animal World of the Pharaohs*. 1st ed. American University: Cairo Press; 1995.
60. European Reptile and Amphibian Specialist Group, *Trionyx triunguis* (Mediterranean subpopulation) 1996. The IUCN Red List of Threatened Species 1996: e. T22200A9364253. (29/01/2024 tarihinde <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T22200A9364253.en> adresinden ulaşılmıştır).
61. Polat F. Nest, Population and Conservation Parameters for Nile Softshell Turtle in Antalya, Turkey. 2023. (29/01/2024 tarihinde <https://www.rufford.org/projects/fatih-polat/nest-population-and-conservation-parameters-nile-softshell-turtle-antalya-turkey/> adresinden ulaşılmıştır).
62. Casale P, Broderick AC, Camiñas JA, et al. Mediterranean sea turtles: current knowledge and priorities for conservation and research. *Endangered Species Research*. 2018;36: 229-267.
63. Durmuş H ve Oruç A. Çıralı, Maden Koyu, Beycik Bükü, Küçük Boncuk Koyu ve Mehmetli Bükü Kumsalları Deniz Kaplumbağası (*Caretta caretta*) ve Yumuşak Kabuklu Deniz Kaplumbağası (*Trionyx triunguis*) Popülasyonlarının Araştırılması ve Korunması. WWF-Türkiye. 2010.
64. Esenlioğulları A. Güney Ege'de Deniz Kaplumbağalarının Korunmasında Balıkçıların Ekolojik Bilgi ve Değerleri ile Tutum ve Davranışlarının Analizi. Doktora Tezi. İzmir: Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama-İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı; 2023.
65. Barbato M, Barría C, Bellodi A. Et al. The use of fishers' Local Ecological Knowledge to reconstruct fish behavioural traits and fishers' perception of conservation relevance of elasmobranchs in the Mediterranean Sea. *Mediterranean Marine Science*. 2021;22(3): 603-622.
66. Mallat PH. Marine Turtles: The Guardians of the Mediterranean Sea. 2022. (30.01.2024 tarihinde <https://earthjournalism.net/stories/marine-turtles-the-guardians-of-the-mediterranean-sea> adresinden ulaşılmıştır).
67. 6/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2024/20). (11.08.2024 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2024/08/20240811-3.htm> adresinden ulaşılmıştır).



## Bölüm 12

# MERSİN BALIĞININ DOĞAL HABİTATINA YENİDEN KAZANDIRILMASINDA EKOLOJİK VE BİYOLOJİK STRATEJİLER

Bariş BAYRAKLI<sup>1</sup>  
Hünkar Avni DUYAR<sup>2</sup>

### GİRİŞ

Mersin balıkları (Acipenseridae), tüm dünyada bilinen büyük bir ekolojik ve ekonomik öneme sahip dünya üzerinde bilinen en eski balık türlerinden biridir (1). Ancak bu ikonik tür, habitat kaybı, aşırı avcılık, kirlilik ve barajlar nedeniyle ciddi bir yok olma tehdidine maruz bırakılmıştır (2, 3). Türün korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla son yıllarda anaç yetiştiriciliği ve yavru üretim projeleri önem kazanmıştır. Bu bölümün temel hedefi, doğal ortamlarında popülasyonları hızla azalan mersin balıklarını desteklemek, ekosistem dengesini sağlamaya çalışmak ve türün uzun vadede korunmasına katkıda bulunmaktır.

Bu bölümde, mersin balıklarını koruma faaliyetlerini yürüten kişilere metin içerisinde “korumacı” olarak nitelendirilecektir. Yine bu bölümde, yetiştirilen mersin balığı yavrularının doğaya salınmasında yapılması gereken dikkatli planlamada ve stratejik yaklaşımda karşılaşılan karmaşık süreç anlatılmaya çalışılacaktır. Bu sürecin başarısı, hem çevresel faktörlerin hem de biyolojik gerekliliklerin doğru bir şekilde değerlendirilmesine bağlıdır (4, 5). Dikkatli planlama ve stratejik öngörü ile yürütülmezse, bu çabalar mersin balığı türlerinin iyileşmesine yardımcı olmak yerine istemeden azalmasına yol açabilir. Yavru balıkların doğal yaşama adaptasyon süreçleri, habitat seçimi, genetik çeşitliliğin korunması ve stoklama stratejileri gibi unsurlar bu sürecin en kritik adımları arasında yer alır. Ayrıca, doğaya bırakılan yavru balıkların karşı karşıya kalacağı riskler ve tehditlerin de göz önünde bulundurulması gerekir (6). Özellikle su kirliliği, yasadışı balıkçılık ve doğal yırtıcılar gibi faktörler, bu balıkların hayatta kalma oranlarını ciddi şekilde etkileyebilir (7).

<sup>1</sup> Doç. Dr., Sinop Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Su Ürünleri Bölümü, bbayrakli@sinop.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-1812-3266

<sup>2</sup> Prof. Dr., Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, İşleme Teknolojisi AD, had052@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-2560-5407

Doğaya salınan mersin balığı yavrularının ekosisteme entegre olabilmesi, yalnızca kısa vadeli bir başarı değil, uzun vadeli bir sürdürülebilirlik gerektirir. Bu yüzden, salım sonrası izleme ve değerlendirme çalışmaları, salınan balıkların hayatta kalma oranlarını ölçmek ve gelecekteki projelerde kullanılacak stratejileri geliştirmek açısından büyük önem taşır (8). Başarıyı artırmak için, doğaya salım öncesi fizyolojik hazırlık, adaptasyon süreçlerinin desteklenmesi ve balıkların genetik çeşitliliğinin korunması gibi faktörler titizlikle ele alınmalıdır. Mersin balığının korunması bu değerli türün sadece gelecek nesillere aktarılmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sulak alan ekosistemlerin sağlığını da olumlu yönde etkiler.

## **EKOLOJİK BAĞLAM VE HABİTAT SEÇİMİ**

Sıcaklık, su kalitesi ve habitat yapısı gibi fiziksel özellikler ve rekabet, avlanma ve simbiyoz gibi diğer türlerle biyolojik etkileşimler de dahil olmak üzere bir türün yaşadığı habitatı şekillendiren çeşitli unsurlar ekolojik bağlam kapsamındadır. Milyonlarca yıldır varlığını sürdüren mersin balığı türlerinin gelişmek için belirli habitat koşullarına ihtiyacı vardır ve bu gereksinimleri anlamak, etkili koruma çabaları için esastır. Örneğin, mersin balıkları genellikle metabolik ihtiyaçlarını destekleyen sıcaklıklara sahip iyi oksijenlenmiş suları tercih eder, çünkü her iki uç nokta da sağlıklarını ve büyümelerini olumsuz etkileyebilir (9). Ayrıca, bir habitatteki akıntı hızı, yiyecek kaynaklarının mevcudiyetini ve mersin balıklarının çevrelerinde gezinme yeteneğini etkileyebilir. Mersin balıkları genellikle yiyecek ararken ve göç ederken enerji tasarrufu yapmalarını sağlayan belirli akıntı hızlarına sahip habitatları seçerler (10).

Mersin balıklarının doğal yaşam alanları arasında nehirler, haliçler ve kıyı alanları bulunur ve her biri benzersiz ekolojik nişler sunar. Nehirler, mersin balıklarının yumurtalarını uygun alt tabaka ve akış koşullarına sahip alanlara bırakabilecekleri temel yumurtlama alanları sağlar. Haliçler, genç mersin balıkları için kritik kreş yaşam alanları olarak hizmet eder ve zengin bir av çeşitliliği ve daha büyük yırtıcılardan koruma sağlar (8). Kıyı alanları ayrıca bazı mersin balığı türlerinin yaşam döngüsünde önemli bir rol oynar ve büyümeleri ve gelişmeleri için hayati önem taşıyan beslenme alanları sağlar. Bu yaşam alanları ile mersin balığının yaşam evreleri arasındaki etkileşim, farklı ortamlarda sağlıklı ekosistemleri sürdürmenin önemini vurgular.

Bölgesel ekosistemlere uyum, mersin balığı ekosisteme yeniden tanıtımının bir diğer önemli yönüdür. Yetiştirilen mersin balıkları vahşi doğaya bırakıldığında,

yerel ekosistem üzerindeki etkileri derin olabilir. Bu balıklar hem rakipler hem de yırtıcılar dahil olmak üzere çeşitli türlerle etkileşime girer ve bu da yerel biyoçeşitliliği etkileyebilir. Örneğin, serbest bırakılan mersin balığı, yiyecek ve yaşam alanı için yerel balıklarla rekabet edebilir ve potansiyel olarak mevcut ekolojik dengeleri bozabilir (11). Dahası, kuluçkahanede yetiştirilen mersin balıklarının doğal ortamlara sokulması, genetik çeşitlilik ve yerel popülasyonlarla melezleşme potansiyeli konusunda endişelere yol açar ve bu da yerel türlerin genetik bütünlüğünü zayıflatabilir (12).

Yerel biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkiler çok yönlüdür, çünkü yerel türlerle rekabet ve doğal avcılarla etkileşimler serbest bırakılan mersin balıklarının hayatta kalmasını önemli ölçüde etkileyebilir. Bazı durumlarda, yerel olmayan türlerin veya istilacı avcılarının varlığı, doğaya salınan mersin balıklarının karşılaştığı zorlukları daha da kötüleştirebilir ve hayatta kalma oranlarının azalmasına yol açabilir (13). Tersine, mersin balıklarının yeni yaşam alanlarına başarılı bir şekilde entegre edilmesi, bu eski balıkların tarihsel olarak sağladığı besin döngüsü ve yaşam alanı değişikliği gibi ekolojik işlevleri geri kazandırarak yerel biyolojik çeşitliliği artırabilir (14).

Mersin balıklarının ekolojik bağlamı ve yaşam alanı seçimi, koruma ve doğaya salıverme tanıtma stratejilerinin hayati bileşenleridir. Su kalitesi, sıcaklık ve akıntı dinamiklerinin önemi de dahil olmak üzere mersin balığının belirli habitat gereksinimlerini anlayarak, korumacılar başarılı bir şekilde doğaya salma başarısını artıran bilinçli kararlar alabilirler. Ek olarak, yerel ekosistemler ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki potansiyel etkilerin farkına varmak, bu çabaların su ortamlarının genel sağlığına olumlu katkıda bulunmasını sağlamaya yardımcı olacaktır. Mersin balığı ve habitatları arasındaki etkileşim hem türlere hem de yaşadıkları ekosistemlere öncelik veren kapsamlı ekolojik değerlendirmelere ve uyarlanabilir yönetim stratejilerine olan ihtiyacı vurgular.

### **Genetik Çeşitliliği Koruma**

Genetik çeşitlilik, türlerin dayanıklılığı için çok önemlidir, çünkü çevresel değişikliklere uyum sağlama yeteneklerini artırır ve vahşi doğada hayatta kalma şanslarını yükseltir. Mersin balığı için çeşitli gen havuzunu korumak özellikle önemlidir, çünkü yavruların hastalık, iklim dalgalanmaları ve habitat değişiklikleri gibi ekosistemlerinin oluşturduğu zorluklarla başa çıkmalarına yardımcı olabilecek çeşitli özellikleri miras almalarını sağlar (15). Yeterli genetik çeşitlilik olmadan, popülasyonlar değişen koşullarda gelişmeye gerekli uyum kapasitesinden yoksun olduklarından yok olmaya daha yatkın hale gelebilir (16).

Genetik çeşitliliği etkili bir şekilde korumak için genetik gözetim, mersin balığı popülasyonlarının sağlığını ve değişkenliğini izlemede hayati bir rol oynar. DNA parmak izi ve mikrosatelit analizi gibi teknikleri kullanarak araştırmacılar popülasyonların genetik yapısını değerlendirebilir ve bunlar içinde mevcut olan iç genetik çeşitlilik düzeylerini belirleyebilirler (17). Bu izleme yalnızca genetik çeşitliliğin mevcut durumunu anlamak için değil aynı zamanda üreme ve doğaya salıverme stratejilerini bilgilendirmek için de önemlidir. Örneğin, serbest bırakılan mersin balığı yavrularının genetik olarak çeşitli bir geçmişe sahip olduğundan emin olmak, akraba çiftleşmesiyle ilişkili riskleri azaltmaya ve popülasyonun genel zindeliğini artırmaya yardımcı olabilir (18). Dahası, genetik değerlendirmeler korumacılara yapay üreme programları için uygun anaç stoklarını seçmede rehberlik edebilir ve üretilen yavruların vahşi popülasyonların genetik çeşitliliğini yansıtmalarını sağlayabilir (19).

Üretim ve üreme protokolleri, yapay tohumlama süreçleri sırasında genetik çeşitliliğin korunmasında kritik öneme sahiptir. Tek bir çifte güvenmek yerine birden fazla bireyden gamet kullanmak gibi genetik karışımı destekleyen stratejilerin uygulanması, ortaya çıkan yavruların genetik çeşitliliğini önemli ölçüde artırabilir (20). Ayrıca, çok yıllık stoklama stratejilerinin kullanılması, tek yıllık sınıflar kaynak popülasyonun genetik yapısını yeterince temsil etmeyeceğinden daha geniş bir genetik çeşitlilik yelpazesinin yakalanmasına yardımcı olabilir (21). Bu yaklaşım, uzun vadeli popülasyon yaşayabilirliğini sağlamak için tarihsel genetik değişkenlik düzeylerinin korunması gereken göl mersini gibi türler için özellikle önemlidir (22). Mersin balıkları, vahşi popülasyonlarla yeterli etkileşim olmadan uzun süreler esaret altında yetiştirildiğinde, doğal ortamlarında hayatta kalmaya daha az uygun hale gelmelerine neden olan genetik değişikliklere uğrayabilirler. Bu olguya «esarete uyum» denir. Kontrollü bir ortamda üreme için faydalı olan ancak vahşi doğada avantajlı olmayabilecek, örneğin yırtıcı hayvanlardan daha az korkma veya değişen üreme davranışları gibi özellikleri istemeden seçebilir (23).

Koruma çabalarında genetik çeşitliliğe öncelik vererek, mersin balığı popülasyonlarının dayanıklılığını artırabilir ve vahşi doğada hayatta kalma şanslarını iyileştirebiliriz. Bu yaklaşım yalnızca mersin balığının kendisine fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda yaşadıkları ekosistemlerin genel sağlığına ve istikrarına da katkıda bulunarak, bu kadim balıkların gelecek nesiller boyunca gelişmeye devam etmesini sağlar.

## **Stoklama Stratejileri ve Zamanlama**

Mersin balığı yavruları için stoklama stratejilerinin başarısı, hayatta kalma oranlarını artırmak için optimum su sıcaklıkları ve ekolojik koşullarla uyumlu olması gereken mevsimsel salıverme zamanlamasıyla karmaşık bir şekilde bağlantılıdır. Araştırmalar, su sıcaklıklarının metabolik süreçlerine elverişli olduğu dönemlerde mersin balığı yavrularını salıvermenin, vahşi ortama uyum sağlama şanslarını önemli ölçüde artırabileceğini göstermektedir (24). Örneğin, mersin balığı yavrularının ilkbahar veya yaz başında salıverildiklerinde gelişme olasılıkları daha yüksektir, çünkü bu mevsimler genellikle büyümeleri ve gelişmeleri için çok önemli olan daha yüksek sıcaklıklar ve bol miktarda besin kaynağı sağlar (25). Ayrıca, su kalitesi ve akış dinamikleri gibi ekolojik koşullar elverişli olmalıdır, çünkü kötü koşullar salıverilen balıklar arasında artan strese ve ölüm oranına yol açabilir.

Genç balık stoklama stratejileri de doğaya salıverme çabalarının genel başarısında kritik bir rol oynar. Stoklama yoğunluğu, genç balık boyutu ve salıverme sıklığı gibi faktörler, hayatta kalma ve doğal ekosisteme entegrasyon şanslarını optimize etmek için dikkatlice düşünülmelidir. Yüksek stok yoğunlukları kaynaklar için rekabete yol açabilir ve bu da büyüme oranlarını ve hayatta kalmayı olumsuz etkileyebilir (26). Bu nedenle, popülasyon artırma ihtiyacı ile serbest bırakılan bireyleri destekleme habitatının kapasitesini dengeleyen uygun bir stok yoğunluğunu belirlemek esastır. Dahası, serbest bırakılma anındaki gençlerin boyutu önemlidir; daha büyük gençler, yırtıcı hayvanlara ve çevresel stres faktörlerine karşı artan dayanıklılıkları nedeniyle daha yüksek hayatta kalma oranlarına sahip olma eğilimindedir (27). Sonuç olarak, uygun büyüklükteki gençleri optimum yoğunluklarda serbest bırakmaya odaklanan bir stratejinin uygulanması, stoklama programlarının etkinliğini artırabilir.

İzleme ve kontrol mekanizmaları, vahşi doğada serbest bırakılan mersin balığı yavrularının başarısını izlemek için hayati önem taşır. İşaretleme ve GPS takibi dahil olmak üzere çeşitli yöntemler, bu balıkların serbest bırakıldıktan sonraki hareketleri ve hayatta kalma oranları hakkında veri toplamak için kullanılır. Görünür implant elastomer etiketleri veya PIT etiketlerinin kullanımı gibi işaretleme teknikleri, araştırmacıların bireysel balıkları tanımlamasına ve zaman içinde büyümelerini ve davranışlarını izlemesine olanak tanır (28). Ek olarak, GPS izleme, serbest bırakılan mersin balıklarının habitat kullanımı ve göç desenleri hakkında değerli bilgiler sağlayarak, korumacıların stoklama stratejilerinin etkinliğini değerlendirmelerini ve gerekli ayarlamaları yapmalarını sağlar (29). Bu izleme tekniklerini entegre ederek araştırmacılar, gelecekteki stoklama çabalarını

bilgilendiren ve mersin balığı koruma girişimlerinin uzun vadeli başarısına katkıda bulunan kritik bilgileri toplayabilirler.

Özetle, mevsimsel zamanlamanın, genç stoklama stratejilerinin ve etkili izleme yöntemlerinin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi, mersin balığı yavrularının doğal yaşam alanlarına başarılı bir şekilde yeniden tanıtılması için elzemdir. Serbest bırakma stratejilerini optimum ekolojik koşullarla uyumlu hale getirerek ve sağlam izleme mekanizmaları kullanarak, korumacılar bu eski balıkların ekosistemlerine hayatta kalmalarını ve entegre olmalarını artırabilir ve nihayetinde mersin balığı popülasyonlarının restorasyonuna katkıda bulunabilirler.

### **Fizyolojik Hazırlık ve Adaptasyon Süreci**

Mersin balığı yavrularının doğal ortamlarına salınmadan önceki fizyolojik hazırlık ve adaptasyon süreci, onların hayatta kalmalarını ve ekosisteme başarılı bir şekilde entegre olmalarını sağlamanın kritik bir yönüdür. Bu balıklar kontrollü ortamlardan vahşi doğaya geçiş yaparken, değişen tuzluluk seviyeleri, sıcaklık dalgalanmaları ve diğer çevresel faktörlerle başa çıkmak için önemli fizyolojik adaptasyonlardan geçmelidirler. Örneğin, mersin balığı yavruları tatlı su, acı su ve deniz suyu arasında hareket ederken osmoregülasyon ve metabolik süreçlerde ayarlamalar içeren fizyolojik değişiklikler yaşarlar (30). Bu adaptasyonlar, homeostaziyi korumak ve yavruların yeni ortamlarında gelişebilmelerini sağlamak için gereklidir, çünkü dış değişikliklere yanıt olarak iç koşulları düzenleme yeteneği, onların hayatta kalması için hayati önem taşır.

Fizyolojik adaptasyonlara ek olarak, genç balıkların sağlık durumu da başarılı bir şekilde doğaya salıverilmeleri için çok önemlidir. Yavruların salınmadan önce sağlık kontrollerini yapmak, genel durumlarını ve hastalıklara karşı dirençlerini değerlendirmek için çok önemlidir. Sağlıklı genç balıkların, çeşitli patojenler ve çevresel zorluklarla karşılaşacakları vahşi doğaya geçişin streslerine dayanma olasılıkları daha yüksektir (31). Sağlık izleme protokollerinin uygulanması, balıkların doğal ortamlarında hayatta kalma yeteneklerini tehlikeye atabilecek herhangi bir altta yatan sorunun belirlenmesine yardımcı olabilir ve böylece gerekirse zamanında müdahaleler yapılabilir. Dahası, uygun beslenme ve stres yönetimi yoluyla genç mersin balıklarının bağışıklık tepkisinin güçlendirilmesi, özellikle yaşam döngülerinin kritik erken aşamalarında önemli olan hastalıklara karşı dayanıklılıklarını önemli ölçüde artırabilir (32).

Besleme protokolleri de genç mersin balıklarını vahşi yaşamdaki hayata hazırlamada hayati bir rol oynar. Doğal diyetleri taklit eden beslenme programları düzenlemek, balıkların serbest bırakılmadan önce uygun beslenme

alışkanlıkları ve davranışları geliştirmesine yardımcı olduğu için adaptasyon sürecini kolaylaştırabilir (33). Korumacılar, doğal av öğelerini içeren çeşitli diyetler sağlayarak yavruların yalnızca fiziksel olarak hazırlanmalarını değil, aynı zamanda yeni ortamlarında etkili bir şekilde yiyecek aramak için davranışsal olarak da donatılmalarını sağlayabilirler. Bu yaklaşım, serbest bırakılan mersin balıklarının büyümesini ve hayatta kalmasını teşvik etmek için önemlidir, çünkü yiyecek ve kaynaklar için rekabet etmeleri gereken doğal ortamlarına sorunsuz bir şekilde geçiş yapmalarını sağlar (34)

Mersin balığı yavrularının fizyolojik hazırlanması ve adaptasyon süreci, çevresel değişikliklere fizyolojik adaptasyonları, zindeliği garanti altına almak için sağlık değerlendirmelerini ve doğal davranışları destekleyen beslenme protokollerinin uygulanmasını kapsayan çok yönlü bir yaklaşımı içerir. Bu kritik bileşenleri ele alarak, korumacılar başarılı bir şekilde doğaya salıverme olasılığını artırabilir ve mersin balığı popülasyonlarının doğal ekosistemlerinde uzun vadeli sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilir.

### **Riskler ve Tehditler**

Doğaya bırakılan yavruların karşılaştığı riskler ve tehditler çok yönlüdür ve onların hayatta kalmalarını ve doğal ekosistemlere entegrasyonlarını önemli ölçüde etkileyebilir. Bu genç mersin balıklarının karşılaştığı temel zorluklardan biri hem yerel yırtıcıları hem de insan kaynaklı tehditleri içeren doğal düşmanların avlanmasıdır. Daha büyük balık türleri ve kuşlar gibi doğal yırtıcılar, özellikle en savunmasız oldukları yaşamlarının erken evrelerinde yavrular için anında risk oluştururlar (35). Ayrıca, habitat tahribi ve kirlilik gibi insan faaliyetleri, güvenli sığınakların mevcudiyetini azaltarak ve kaynaklar için rekabeti artırarak bu tehditleri daha da kötüleştirebilir. Yavrular bu tehlikelerle baş etmek zorunda oldukları ortamlara bırakıldıklarında, hayatta kalma oranları ciddi şekilde etkilenebilir ve bu riskleri azaltmak için bırakma stratejilerinin dikkatli bir şekilde planlanması ve yönetilmesi gerekir (36).

Kirlilik ve çevresel değişkenler, serbest bırakılan mersin balığı yavrularının karşılaştığı zorlukları daha da karmaşık hale getirir. Tarımsal akış, endüstriyel deşarjlar ve kentsel gelişimden kaynaklanan su kirliliği, pestisitler ve ağır metaller gibi zararlı maddelerin su ekosistemlerine girmesine neden olabilir ve bu da genç balıkların sağlığını ve gelişimini olumsuz etkileyebilir (37). Dahası, insan faaliyetlerinden kaynaklanan habitat bozulması, kritik yumurtlama ve gençlerin erken yaşam evreleri için gerekli desteği sağlayan ve yetişkin habitatlarına geçmeden önce büyümelerini ve gelişmelerini sağlayan belirli ekosistemlerin

kaybına yol açarak mersin balıklarının büyüme ve hayatta kalma için uygun ortamlar bulmasını giderek zorlaştırır. İklim değişikliği de su sıcaklıklarını, akış düzenlerini ve besin kaynaklarının mevcudiyetini değiştirebileceğinden önemli bir tehdit oluşturmaktadır ve böylece su ekosistemlerinin ve bu sulara yaşayan türlerin genel sağlığını etkileyebilir (38) . Bu çevresel faktörler evrimleşmeye devam ettikçe, mersin balığı popülasyonlarının dayanıklılığı test edilecek ve hayatta kalmalarını sağlamak için devam eden izleme ve uyarlanabilir yönetim stratejileri gerekli olacaktır.

Yasadışı balıkçılık ve kaçak avcılık, özellikle havyar gibi mersin balığı ürünlerinin yüksek değeri göz önüne alındığında, mersin balığı popülasyonları için bir diğer kritik tehdit oluşturmaktadır. Bu ürünlere olan talep, artan avlanma baskılarına yol açmış ve bu da genellikle hem vahşi hem de doğaya salınan popülasyonların yaşayabilirliğini tehdit eden sürdürülemez hasat seviyeleriyle sonuçlanmıştır (39). Bu risklerle mücadele etmek için balıkçılık düzenlemelerinin etkili bir şekilde uygulanması ve korunan alanların oluşturulması esastır. Ek olarak, mersin balığı korumacılığının önemi konusunda kamuoyunun farkındalığını artırmak, yasadışı balıkçılık faaliyetlerini azaltmaya ve yerel topluluklar içinde sürdürülebilir uygulamaları teşvik etmeye yardımcı olabilir (40). Etiketleme ve izleme programları gibi ihtiyati tedbirlerin uygulanması, mersin balığı popülasyonlarının izlenmesine ve yasadışı balıkçılığın yaygın olduğu alanların belirlenmesine yardımcı olabilir ve böylece bu savunmasız türleri korumak için hedefli müdahalelere olanak tanır.

Doğaya bırakılan yavruların karşılaştığı riskler ve tehditler önemlidir. Ek olarak doğal avlanma, çevre kirliliği, habitat bozulması ve yasadışı balıkçılığı gibi konuları kapsar. Bu zorlukların ele alınması, mersin balığı popülasyonlarının uzun vadeli hayatta kalmasını sağlamak için habitat koruma, kirlilik kontrolü ve etkili kolluk kuvvetleri içeren kapsamlı bir yaklaşım gerektirir. Korumacılar, bu riskleri anlayarak ve azaltarak başarılı bir şekilde doğaya salınan balıkların hayatta kalma şansını artırabilir ve sağlıklı su ekosistemlerinin restorasyonuna katkıda bulunabilir.

### **Doğaya Entegrasyonun İzlenmesi ve Değerlendirilmesi**

Serbest bırakılan mersin balığı yavrularının doğal ortamlarına entegrasyonunun izlenmesi ve değerlendirilmesi, bu girişimlerin uzun vadeli başarısını sağlamayı amaçlayan koruma çabalarının önemli bir bileşenidir. Serbest bırakıldıktan sonra izleme, davranışları, sağlıkları ve hayatta kalmaları hakkında değerli veriler toplamak için serbest bırakılan balıkları yaşam süreleri boyunca izlemeyi içerir.

Bu devam eden değerlendirme, araştırmacıların balıkların yeni ortamlarına ne kadar iyi uyum sağladıklarına dair geri bildirim toplamalarını sağlar; bu da doğaya salma programının etkinliğini anlamak için önemlidir (41). Korumacılar, akustik telemetri ve görsel araştırmalar gibi çeşitli izleme tekniklerini kullanarak serbest bırakılan mersin balıklarının hareketleri ve habitat kullanımını hakkında fikir edinebilir ve böylece gelecekteki stoklama stratejileri ve yönetim uygulamaları hakkında bilgi sağlayabilirler (42).

Serbest bırakılan mersin balıklarının vahşi doğaya entegrasyonunu değerlendirmek için başarı kriterleri arasında doğada üreme, hayatta kalma oranları ve genel popülasyon büyüklüğünün değerlendirilmesi yer alır. Üreme başarısının izlenmesi özellikle önemlidir, çünkü serbest bırakılan balıkların yalnızca hayatta kalıp kalmadığını değil, aynı zamanda popülasyonun genetik çeşitliliğine ve sürdürülebilirliğine de katkıda bulunup bulunmadığını gösterir (43). Yüksek hayatta kalma oranları ve başarılı üreme, gelişen bir popülasyonun kritik göstergeleridir ve bu ölçümlerin izlenmesi, serbest bırakma stratejisinin etkinliğini belirlemeye yardımcı olabilir. Ek olarak, mersin balığı popülasyonunun zaman içindeki büyüklüğü ve yapısı da dahil olmak üzere popülasyon dinamiklerini anlamak, türün doğal yaşam alanında uzun vadeli yaşayabilirliğini değerlendirmek için temel bilgiler sağlar (44).

Uzun vadeli koruma stratejileri, serbest bırakılan balıkların ekosisteme entegrasyonunun ve nesiller boyunca sürdürülebilirliğinin izlenmesine odaklanmalıdır. Bu, yalnızca bireysel balıkları izlemeyi değil, aynı zamanda diğer türlerle etkileşimlerini ve ekosistem üzerindeki genel etkilerini değerlendirmeyi de içerir (45). Örneğin, serbest bırakılan mersin balıklarının kaynaklar için nasıl rekabet ettiğini ve yerel türlerle nasıl etkileşime girdiğini anlamak, habitatın ekolojik dengesine ilişkin tahminler sağlayabilir ve uyarlanabilir yönetim stratejilerine bilgi sağlayabilir (46). Dahası, popülasyonun uzun vadeli sağlık ve genetik çeşitliliğini değerlendirmek, serbest bırakılan balıkların iklim değişikliği ve habitat bozulması gibi çevresel değişikliklere ve baskılara dayanabilmesini sağlamak için önemlidir (47). Korumacılar, kapsamlı izleme programları ve uyarlanabilir yönetim uygulamaları uygulayarak mersin balıklarının doğal ekosistemlerine başarılı bir şekilde entegre olma şansını artırabilir ve nihayetinde bu eski balık popülasyonlarının restorasyonuna ve sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilir.

## **SONUÇ**

Mersin balıklarının doğal yaşam alanlarına salınması, bu popülasyonların korunması için hayati önem taşımaktadır, çünkü bu onlara doğal ekosistemlerinde gelişme ve su ortamlarının genel biyolojik çeşitliliğine katkıda bulunma fırsatı sağlar. Ancak bu tür doğaya bırakımların başarısı, salım zamanlaması, gençlerin sağlığı ve büyüklüğü ve salım alanının ekolojik koşulları dahil olmak üzere birkaç kritik faktöre bağlıdır. Özellikle su sıcaklıklarının uygun olduğu ve besin kaynaklarının bol olduğu gibi optimum mevsimsel koşullarda mersin balığı yavrularını salmak, hayatta kalma ve vahşi doğaya başarılı bir şekilde entegre olma şanslarını önemli ölçüde artırabilir (48). Salınan balıkların sağlıklı ve uygun büyüklükte olmasını sağlamak, yırtıcı hayvanlara ve çevresel stres faktörlerine karşı dayanıklılıklarını daha da artırabilir ve nihayetinde popülasyon için daha iyi sonuçlara yol açabilir (49).

Mersin balığı koruma çabalarına yönelik gelecekteki projeksiyonlar, salınan popülasyonların uzun vadeli başarısını değerlendirmek için kapsamlı izleme ve değerlendirme stratejilerini içermelidir. Bu, doğaya salıverme programlarının etkinliğini belirlemek için hayatta kalma oranlarını, üreme başarısını ve genel popülasyon dinamiklerini izlemeyi içerir (50). Ek olarak, uzun vadeli koruma stratejileri, serbest bırakılan mersin balıkları ile ekosistemleri arasındaki etkileşimlerin yanı sıra kirlilik ve habitat bozulması gibi çevresel değişikliklerin hayatta kalmaları üzerindeki etkilerini anlamaya odaklanmalıdır (51). Hem mersin balıklarının biyolojik ihtiyaçlarını hem de serbest bırakıldıkları ekolojik bağlamı dikkate alan bütünsel bir yaklaşım benimseyerek, korumacılar bu eski balık popülasyonlarının nesiller boyunca sürdürülebilirliğini sağlamak için daha etkili stratejiler geliştirebilirler. Sonuç olarak, mersin balıklarının doğal yaşam alanlarına başarılı bir şekilde entegre edilmesi, yalnızca bu türlerin iyileşmesine katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda yaşadıkları ekosistemlerin sağlığını ve dayanıklılığını da artırır.

## **KAYNAKÇA**

1. Antognazza CM, Vanetti I, Santis VD, et al. Genetic investigation of four beluga sturgeon (*Huso huso* L.) broodstocks for its reintroduction in the Po River basin. *Environments*. 2021;8(4):25. doi:10.3390/environments8040025.
2. Hu Y, Liu X, Yang J, et al. Development of Twenty-Two Novel Cross-Species Microsatellite Markers for Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*) from Chinese Sturgeon (*Acipenser sinensis*) via next-Generation Sequencing. *Turk J Fish Aquat Sci* . 2019 ;19(2). doi :10 .4194/1303-2712-v19\_2\_10 .

3. Braaten PJ, Fuller DB, Lott RD, et al. Natural growth and diet of known-age pallid sturgeon (*Scaphirhynchus albus*) early life stages in the upper Missouri River basin, Montana and North Dakota. *J Appl Ichthyol*. 2012;28(4):496-504. doi:10.1111/j.1439-0426.2012.01964.x.
4. Akers M, Quinlan HR, Johnson A, et al. Parentage analysis reveals unequal family sizes during hatchery production. *Fishes*. 2023;8(3):140. doi:10.3390/fishes8030140.
5. Khoroshailo TA , Alekseeva YA , Garmaev BD , et al. Influence of environmental factors on the development and conservation of sturgeon young . *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* . 2021 ;839(4):042025 . doi :10 .1088/1755-1315/839/4/042025 .
6. Honç Ş, Paraschiv M, Iani M, et al. Detailed analysis of beluga sturgeon (*Huso huso*) and stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) migration in the lower Danube River. *Turk J Zoologie* . 2019;43(5):457-64 . doi:10 .3906/zoo-1902-32.
7. Pendleton RM , Standley CR , Higgs A , et al . Acoustic telemetry and benthic habitat mapping inform the spatial ecology of shortnose sturgeon in the Hudson River , New York , USA . *Trans Am Fish Soc* . 2018 ;148(1):35-47 . doi :10 .1002/tafs .10114 .
8. Dittman D. Spawning habitat selection and egg deposition by reintroduced lake sturgeon in a tributary to Cayuga Lake, NY. *EEB*. 2024;2024:1-12. doi:10.11648/j.eeb.20240901.12.
9. Moore M, Paukert C, Owens S, et al. Habitat selection in a southern lake sturgeon population: implications of temporal, spatial, and ontogenetic variation for restoration. *Restor Ecol*. 2021;30(7). doi:10.1111/rec.13602.
10. Elliott C, DeLonay A, Chojnacki K, et al. Characterization of pallid sturgeon (*Scaphirhynchus albus*) spawning habitat in the lower Missouri River. *J Appl Ichthyol*. 2020;36(1):25-38. doi:10.1111/jai.13994.
11. Eder B, Neely B, Haas J, et al. Resource selection by juvenile pallid sturgeon (*Scaphirhynchus albus*) in the channelized Missouri River, Nebraska, USA. *J Appl Ichthyol*. 2016;32(4):629-35. doi:10.1111/jai.13096.
12. Kroboth P, Hann D, Colvin M, et al. Pallid sturgeon seasonal habitat selection in a large free-flowing river, the lower Mississippi River. *J Appl Ichthyol*. 2020;36(2):131-41. doi:10.1111/jai.14000.
13. Phelps Q , Tripp S , Garvey J , et al . Habitat use during early life history infers recovery needs for shovelnose sturgeon and pallid sturgeon in the middle Mississippi River . *Trans Am Fish Soc* . 2010 ;139(4):1060-8 . doi :10 .1577/t09-199 .1 .
14. Damstra R, Galarowicz T. Summer habitat use by lake sturgeon in Manistee Lake, Michigan. *Trans Am Fish Soc*. 2013;142(4):931-41. doi:10.1080/00028487.2013.788562.
15. McDermid J, Wozney K, Kjartanson S, et al. Quantifying historical, contemporary, and anthropogenic influences on the genetic structure and diversity of lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) populations in northern Ontario. *J Appl Ichthyol*. 2011;27:12-23. doi:10.1111/j.1439-0426.2011.01825.x.
16. Wan Q, Fang S, Li Y. The loss of genetic diversity in Dabry's sturgeon (*Acipenser dabryanus*) as revealed by DNA fingerprinting. *Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst*. 2003;13(3):225-31. doi:10.1002/aqc.575.
17. Fopp-Bayat D, Furgala-Selezniow G. Zastosowanie mikrosatelitarnego DNA w genetycznym monitoringu hodowli jesiotra rosyjskiego (*Acipenser gueldenstaedti*) i sterleta (*Acipenser ruthenus*). *Pol J Nat Sci*. 2010;25(2):173-81. doi:10.2478/v10020-010-0014-x.

18. Fopp-Bayat D, Kuciński M, Liszewski T, et al. Genetic protocol of Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) fry for restocking the Vistula River, Poland. *Surv Fish Sci*. 2015;2(1). doi:10.18331/sfs2015.2.1.1.
19. Wozney K, Haxton T, Kjartanson S, et al. Genetic assessment of lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) population structure in the Ottawa River. *J Appl Phycol*. 2010 ;90(2):183-95. doi :10 .1007/s10641-010-9730-x .
20. Witzemberger K, Hochkirch A . Ex situ conservation genetics: a review of molecular studies on the genetic consequences of captive breeding programmes for endangered animal species . *Biodivers Conserv* . 2011 ;20(9):1843-61 . doi :10 .1007/s10531-011-0074-4 .
21. Welsh A , Jackson J . The effect of multi-year vs single-year stocking on lake sturgeon (*Acipenser fulvescens* Rafinesque , 1817) genetic diversity . *J Appl Ichthyol* . 2014 ;30(6):1524-30 . doi :10 .1111/jai .12544 .
22. DeHaan P, Libants S, Elliott R, et al. Genetic population structure of remnant lake sturgeon populations in the Upper Great Lakes Basin. *Trans Am Fish Soc*. 2006;135(6):1478-92. doi:10.1577/t05-213.1.
23. Welsh A , McLeod D . Detection of natural barriers to movement of lake sturgeon (*Acipenser fulvescens*) within the Namakan River , Ontario . *Can J Zool* . 2010 ;88(4):390-7 . doi :10 .1139/z10-009 .
24. Katalinas C, Brenkert K, Darden T, et al. A genetic assessment of a red drum (*Sciaenops ocellatus*) stock enhancement program . *J World Aquacult Soc* . 2017 ;49(3):523-39 . doi :10 .1111/jwas .12442 .
25. Hazlerigg C, Lorenzen K, Thorbek P, et al. Density-dependent processes in the life history of fishes: evidence from laboratory populations of zebrafish (*Danio rerio*). *PLoS One*. 2012;7(5):e37550. doi:10.1371/journal.pone.0037550.
26. Vasilakopoulos P, Maravelias C, Tserpes G. The alarming decline of Mediterranean fish stocks. *Curr Biol*. 2014;24(14):1643-8. doi:10.1016/j.cub.2014.05.070.
27. Lu Y, Zhu W, Li Q, et al. Impact of low-head dam removal on river morphology and habitat suitability in mountainous rivers. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(18):11743. doi:10.3390/ijerph191811743.
28. Qi C, Xie C, Tang R, et al. Effect of stocking density on growth, physiological responses, and body composition of juvenile blunt snout bream, *Megalobrama amblycephala*. *J World Aquacult Soc*. 2016;47(3):358-68. doi:10.1111/jwas.12278.
29. Colloca F, Cardinale M, Maynou F, et al. Rebuilding Mediterranean fisheries: a new paradigm for ecological sustainability. *Fish Fish*. 2011;14(1):89-109. doi:10.1111/j.1467-2979.2011.00453.x.
30. Su M, Zhou J, Duan Z, Zhang J. Transcriptional analysis of renal dopamine-mediated Na<sup>+</sup> homeostasis response to environmental salinity stress in *Scatophagus argus*. *BMC Genomics*. 2019;20(1). doi:10.1186/s12864-019-5795-x.
31. Chemagin A. *Winter refuge for freshwater fish*. E3S Web Conf. 2023;390:07008. doi:10.1051/e3sconf/202339007008.
32. Uusi-Heikkilä S, Whiteley A, Kuparinen A, et al. The evolutionary legacy of size-selective harvesting extends from genes to populations. *Evol Appl*. 2015;8(6):597-620. doi:10.1111/eva.12268.
33. Kuchko T, Matrosova S, Vapirov V. *Evaluation of the effectiveness of feed additives in the diet of trout*. Bio Web Conf. 2023;64:02003. doi:10.1051/bioconf/20236402003

34. Sbragaglia V, Alós J, Fromm K, et al. Experimental size-selective harvesting affects behavioral types of a social fish. *Trans Am Fish Soc.* 2019;148(3):552-68. doi:10.1002/tafs.10160.
35. Hunt T, Allen M, Douglas J, et al. Evaluation of a sport fish stocking program in lakes of the southern Murray–Darling Basin, Australia. *North Am J Fish Manag.* 2010;30(3):805-11. doi:10.1577/m09-207.1.
36. Johnston F, Allen M, Beardmore B, et al. How ecological processes shape the outcomes of stock enhancement and harvest regulations in recreational fisheries. *Ecol Appl.* 2018;28(8):2033-54. doi:10.1002/eap.1793.
37. Sandhu S. Revisiting the role of behavior-mediated structuring in the survival of populations in hostile environments. *Commun Biol.* 2024;7(1). doi:10.1038/s42003-023-05731-z.
38. Sahashi G, Morita K, Ohnuki T, et al. An evaluation of the contribution of hatchery stocking on population density and biomass: a lesson from masu salmon juveniles within a Japanese river system. *Fish Manag Ecol.* 2015;22(5):371-8. doi:10.1111/fme.12136.
39. Koehn J, Todd C. Balancing conservation and recreational fishery objectives for a threatened fish species, the Murray cod (*Maccullochella peelii*). *Fish Manag Ecol.* 2012;19(5):410-25. doi:10.1111/j.1365-2400.2012.00856.x.
40. Thiem J, Wooden I, Baumgartner L, et al. Recovery from a fish kill in a semi-arid Australian river: can stocking augment natural recruitment processes? *Austral Ecol.* 2016;42(2):218-26. doi:10.1111/aec.12424.
41. Moy K. Alternative conservation outcomes from aquatic fauna translocations: losing and saving the running river rainbowfish. *Aquat Conserv Mar Freshw Ecosyst.* 2023;33(12):1445-59. doi:10.1002/aqc.4023.
42. Yao W. Stocking to offset negative effects of dam construction and balance the ecosystem. *Fish Manag Ecol.* 2023;30(6):627-47. doi:10.1111/fme.12623.
43. Obolski U, Abelson A. Potential contribution of fish restocking to the recovery of deteriorated coral reefs: an alternative restoration method? *PeerJ.* 2016;4:e1732. doi:10.7717/peerj.1732.
44. Tennant L, Ward D, Gibb A. Comparison of electrofishing and pit antennas for detection of hatchery-reared roundtail chub (*Gila robusta*) stocked into a desert stream. *J Arizona-Nevada Acad Sci.* 2022;49(2). doi:10.2181/036.049.0209.
45. Davis M. Fish stress and mortality can be predicted using reflex impairment. *Fish Fish.* 2010;11(1):1-11. doi:10.1111/j.1467-2979.2009.00331.x.
46. Nordberg B, Mandeville E, Walters A, et al. Historical data provide important context for understanding declines in cutthroat trout. *North Am J Fish Manag.* 2021;41(3):809-19. doi:10.1002/nafm.10593.
47. Sguotti C, Otto S, Frelat R, et al. Catastrophic dynamics limit Atlantic cod recovery. *Proc R Soc B Biol Sci.* 2019;286(1898):20182877. doi:10.1098/rspb.2018.2877.
48. Baird S, Steel A, Cocherell D, et al. Experimental assessment of predation risk for juvenile green sturgeon (*Acipenser medirostris*) by two predatory fishes. *J Appl Ichthyol.* 2019;36(1):14-24. doi:10.1111/jai.13990.
49. Caroffino D, Sutton T, Elliott R, et al. Predation on early life stages of lake sturgeon in the Peshtigo River, Wisconsin. *Trans Am Fish Soc.* 2010;139(6):1846-56. doi:10.1577/t09-227.1.

50. Madin E, Gaines S, Warner R. Field evidence for pervasive indirect effects of fishing on prey foraging behavior. *Ecology*. 2010;91(12):3563-71. doi:10.1890/09-2174.1.
51. Parvin A. Impact of sub-acute exposure to Nuvan on serum lipoproteins of catfish (*Clarias batrachus*) and their potential effects indirectly on human health. *Int J Sci Res Arch*. 2024;11(2):484-93.doi:10 .30574/ijsra .2024 .11 .2 .0434 .

## Bölüm 13

# ANTALYA KÖRFEZİNİN LESEPSİYAN (KIZILDENİZ KÖKENLİ) BALIKLARI

Kemal GÖKOĞLU<sup>1</sup>  
Mete KUŞAT<sup>2</sup>

### GİRİŞ

Süveyş Kanalı'nın 1869 yılında açılmasından sonra Kızıldeniz ile Akdeniz arasında bir bağlantı kurulmuştur. Bu kanal ayrıca, Hint Okyanusu ile Akdeniz'in de bağlantısı olmuştur. Küresel ısınma ve diğer bazı nedenlerden dolayı Akdeniz'in suyunun fizikokimya özellikleri değişime uğramış Kızıldeniz ile Akdeniz arasındaki eşik azalmıştır. Eşikteki bu bariyerin azalması Süveyş Kanalı aracılığı ile Akdeniz'e İndo-Pasifik orijinli birçok organizmanın göçünü teşvik etmiştir. Bu göçler nedeniyle Levantin Denizi olarak bilinen doğu Akdeniz'in biyolojik çeşitliliği sürekli değişim göstermektedir (1).

Bilindiği üzere denizlerdeki doğal resifler (kayalık, taşlık), sonradan yapılan inşaat alanları ve çeşitli üniteler biyolojik çeşitliliğin bolluğunu artırarak, besin zincirinin gelişmesine, her canlının beslenebileceği, saklanabileceği ve yaşamını idame ettirebileceği alanlar oluşturur (2).

Antalya Körfezi Türkiye'de balıkçılığın yapıldığı önemli bölgelerden birisidir (3). Jeolojik açıdan Antalya Körfezi incelendiğinde Karpuz Kaldıran (Lara) ile Side Feneri arasındaki alanın 2 deniz mili açığında doğal resif alanı yoktur. Bu bölgenin dip yapısı kumlu, kumlu-çamurlu, milli-çamurlu ve düz bir yapı sergilemektedir. Derinliğin tedrici olarak arttığı bu bölge, trol avcılığı için uygun alanları oluşturmaktadır (4).

\* Bu çalışma Kemal GÖKOĞLU'nun "Antalya Körfezi'nde bulunan bir deniz akvaryumunun su alım ünitesini resif olarak kullanan makro faunanın belirlenmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

<sup>1</sup> Yüksek Mühendis, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Gokoglu@hotmail.com, ORCID iD: 0000-0002-2944-7768

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Avlama Teknolojisi AD, metekusatmail.com, ORCID iD: 0000-0002-9269-207x

Bütün dünyada olduğu gibi avcılıkla sürdürülebilir balıkçılık eşiği aşılmış, balık stoklarımızda sürekli düşüşler söz konusudur. Bu nedenle ortaya çıkan balık açığını kapatmak için kültür balıkçılığı bir alternatif olarak düşünülmektedir. Oysa doğal sulardan balık avcılığı her zaman daha masrafsız, kolay ve çevresel etkisi çok düşük düzeyde olmaktadır (5). Bu amaçla Antalya Körfezi'nde Konyaaltı kıyısında bazı Lesepsiyan balık türlerinin neler olduğu araştırılmıştır. Bu bölge çeşitli türdeki su canlılarının toplanıp beslenebilme imkanı bulabildiği ender bir alandır.

Araştırma alanını, Konyaaltı'nda (Antalya) bir deniz akvaryumunun denizden su almak için 2012 yılında yapmış olduğu boru sistemi ve çevresi oluşturmaktadır. Araştırma 2018 Şubat- 2019 Ocak ayları arasında sualtında balık türlerini tanıyabilme yeteneğine sahip iki dalgıçların SCUBA dalışları ile gerçekleştirilmiştir. Gözlenen türlerin bilimsel olarak belirlenmesinde dalgıçların tecrübelerinin yanında fotoğraf ve video kayıtları incelenerek türlerin bilimsel olarak belirlenmesinde Acar (6), Bilecenoğlu (7) kaynaklarından yararlanılmıştır.

Denizde, kıyıya dik bir şekilde yerleştirilen bu ünite deniz içerisine 300 m kadar uzanmaktadır. Yaklaşık 22 m derinliğe kadar uzanan bu ünite deniz içerisinde canlılara yaşam alanı görevini üstlenmektedir. Hemen kıyı çizgisinde başlayan su alım ünitesinin yerleştirildiği bölgede doğal bir resif bulunmamaktadır (Şekil 1). Su alım ünitesinin yerleştirildiği yerin dip yapısı çakıllı, kumlu-çakıllı bir özellik göstermektedir.



**Şekil 1.** Su alım ünitesinin genel bir görünüşü

Bu çalışmada yalnızca su alım ünitesini yaşam alanı olarak kullanan Kızıldeniz göçmeni balık türlerinin belirlenmesi ve sayımı amaçlanmıştır. Yıpratıcı olmayan örnekleme yöntemi kapsamında o bölgede var olan balıklar, öldürülmeden tanımlanmış ve sayılmıştır.

Araştırmada sualtında türleri ayırt edebilecek tecrübeye sahip iki dalgıç tarafından gündüz ve gece ortaya çıkan türler içinde gece tüm boru üzerinde aylık scuba dalışları yapılmıştır. Ayrıca dalışlar sırasında Canon Powershot G-12 fotoğraf makinesi ve Housing'inden yararlanılarak fotoğraf ve video çekilmiştir. Su alım ünitesi üzerinde gözlenen bireylerin bilimsel olarak hangi tür olduğunun ve sayılarının belirlenmesinde sualtında türleri tanıyabilen dalgıçların tecrübelerinden fotoğraf ve video görüntülerinin incelenmesinden faydalanılmıştır. Balıkların tür tayininde Akşıray (8), Whitehead (9), Golani (10)'den yararlanılmıştır.

Araştırmamızda balıkların biyoçeşitlilik indekslerinin hesaplanmasında; Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi (H'), Homojenlik Oranı (J'), Baskınlık için Berger-Parker indeksi (d), Türlerin Bolluğunun Bulunma Sıklığı (F%) yöntemlerinden yararlanılmıştır (11,12). Hesaplamalarda MS Office Excel 2007 programı kullanılmıştır.

## ANTALYA KÖRFEZİNDE TESPİT EDİLEN LESSEPSİYAN BALIK TÜRLERİ

Çalışmada su alım ünitesinde yaşayan Lesepsiyan balık türlerin belirlenmesi amacıyla 2018 Şubat 2019 Ocak arasında aylık gündüz ve gece dalışları gerçekleştirilmiştir. Bu dalışlarda, su alım sistemi üzerinde ve çevresinde yaşam alanı olarak kullanan ve teşhisleri yapılan balık türleri Tablo1'de verilmiştir. Bu liste incelendiğinde su alım ünitesi çevresinde 14 familyaya ait 23 balık türünün tespit edildiği anlaşılmaktadır.

**Tablo 1. Tespit edilen Kızıldeniz kökenli (Lesepsiyan ) balık türleri**

Familya	Tür ismi	Türkçe isimleri	Birey sayısı
Mullidae	<i>Upeneus pori</i> (Şekil 2)	Nil Barbunu, Kum Barbunu	350
	<i>Upeneus tragula</i>	Kum Barbunu	1
	<i>Parupeneus forskalli</i>	Kızıldeniz Keçi Balığı	1400
Siganidae	<i>Siganus rivulatus</i> (Şekil 3)	Beyaz Sokar	953
	<i>Siganus larudis</i>	Esmer Sokar	495
Atherinidae	<i>Atherina forskalii</i> (Şekil 4)	Gümüş Balığı	1400
Carangidae	<i>Alepes djedaba</i>	Sarı Tral	5

Tablo 1. Tespit edilen Kızıldeniz kökenli (Leseptsiyan ) balık türleri (Devamı)			
Familiya	Tür ismi	Türkçe isimleri	Birey sayısı
Apogonidae	<i>Apogonichthyoides pharaonis</i>	Kardinal Balığı	50
	<i>Cheilodipterus novemstriatus</i> (Şekil 5)	Çizgili Kardinal	8000 2
	<i>Ostorhinchus fasciatus</i>	Kardinal Balığı	
Monacanthidae	<i>Stephanolepis diaspros</i> (Şekil 6)	Domuz Balığı	120
Labridae	<i>Pteragogus pelycus</i>	Lapin	50
Fistularidae	<i>Fistularia commersonii</i> (Şekil 7)	Külah, Trampet Balığı	10
Holocentridae	<i>Sargocentron rubrum</i> (Şekil 8)	Naylon, Sincap Balığı	1022
Tetraodontidae	<i>Lagocephalus sceleratus</i>	Balon Balığı	3
	<i>Tylerius spinosissimus</i> (Şekil 9)	Balon Balığı	150
	<i>Torquigener flavimaculosus</i> (Şekil 9,10)	Balon Balığı	400
Scorpaenidae	<i>Pterois miles</i> (Şekil 11)	Aslan Balığı	14
	<i>Pterois volitans</i> (Şekil 12,13)	Kırmızı Aslan Balığı	41
Sphyraenidae	<i>Sphyraena chrysotaenia</i>	Deniz Turnası, Barakuda	39
	<i>Sphyraena flavicauda</i>	Sarı Barakuda, Turna	122
Haemulidae	<i>Pomadasys stridens</i>	Çizgili Girt Girt	120
Sillaginidae	<i>Sillago suezensis</i>	-	5

Çalışmada Mullidae familyasında üç tür tespit edilmiş bunlar nil barbunu *Upeneus pori* Ben-Tuvia & Golani, 1989 (Şekil 2), kum barbunu *Upeneus tragula* Richardson, 1846, Kızıldeniz keçi balığı *Parupeneus forskalli* (Fourmanoir & Guézé, 1976) bireyleridir.



**Şekil 2.** Sistemi resif olarak kullanan nil barbunları (*U. pori*)

Siganidae familyasında görülen beyaz sokar *Siganus rivulatus* Forsskål & Niebuhr, 1775, (Şekil 3) ve esmer sokar *Siganus larudis* (Rüppell, 1829) türleridir.



**Şekil 3.** Sistemi resif olarak kullanan sokar (*S. rivulatus*) ve ıskaroz (*Sparisoma ceretense*) (Akdeniz kökenli)

Atherinidae familyasında gümüş balığı *Atherina forskalii* (Rüppell, 1838) (Şekil 4) belirlenmiştir.



**Şekil 4.** Sistemi resif olarak kullanan gümüş balıkları *A. forskalii* ve *A. boyeri* (Akdeniz kökenli)

Carangidae familyasında sarı tral *Alepes djedaba* (Forsskal, 1775) görülmüştür. Apogonidae familyasında kardinal balığı *Apogonichthyoides pharaonis* (Bellotti, 1874), çizgili kardinal *Cheilodipterus novemstriatus* (Rüppell, 1838) (Şekil 5) ve kardinal balığı *Ostorhinchus fasciatus* (White, 1790) türleri tespit edilmiştir.



**Şekil 5.** Sistemi resif olarak kullanan çizgili kardinal balığı (*C. novemstriatus*)

Monacanthidae familyasında domuz balığı *Stephanolepis diaspros* Fraser-Brunner, 1940 (Şekil 6) görüntülenmiştir.



**Şekil 6.** Sistemi resif olarak kullanan domuz balığı (*S. diaspros*)

Labridae familyasında lapin *Pteragogus pelycus* Randall, 1981 belirlenmiştir. Fistularidae familyasında külâh veya trampet balıkları (*Fistularia commersonii* Rüppell, 1838) görülmüştür (Şekil 7).



**Şekil 7.** Su alım ünitesinde Kızıldeniz göçmeni külâh balıkları (*Fistularia commersonii*)

Holocentridae familyasında naylon balıkları *Sargocentron rubrum* (Forsskal, 1775) (Şekil 8) belirlenmiştir.



**Şekil 8.** Sistemi resif olarak kullanan naylon balıkları (*S. rubrum*)

Tetraodontidae familyasında balon balıkları *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) ve *Tylerius spinosissimus* (Regan, 1908) (Şekil 9), *Torquigener flavimaculosus* Hardy & Randall, 1983 (Şekil 9, 10) görüntülenmiştir.



**Şekil 9.** Sistemi resif olarak kullanan balon balıkları (*T. spinosissimus* ve *T. flavimaculosus*)



Şekil 10. Sistemi resif olarak kullanan balon balıkları (*T. flavimaculosus*)

Scorpaenidae familyasında aslan balıkları *Pterois miles* (Bennett, 1828) (Şekil 11) ve kırmızı aslan balığı *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) (Şekil 12) ve yavrusu (Şekil 13) görülmüştür.



Şekil 11. Sistemi resif olarak kullanan aslan balıkları (*P. miles*)



Şekil 12. Sistemi resif olarak kullanan aslan balığı (*P. volitans*)



Şekil 13. Sistem üzerinden alınmış aslan balığı yavrusu

Sphyraenidae familyasında deniz turnası veya barakuda *Sphyraena chrysotaenia* Klunzinger, 1884, sarı barakuda veya turna *Sphyraena flavicauda* Rüppell, 1838; Haemulidae familyasında *Pomadasys stridens* (Forsskal, 1775) ve Sillaginidae familyasında *Sillago suezensis* Golani, Fricke & Tikochinski, 2013 türleri tespit edilmiştir.

### Balıkların Biyoçeşitlilik İndeksleri

Kızıldeniz kökenli olan bu balık türlerinin biyoçeşitlilik indekslerinin hesaplanmasında; *Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi* ( $H'$ ) kullanılmıştır (Tablo 2.).

#### Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi ( $H'$ ):

$$H' = -\sum p_i \ln(p_i) = 1,69699$$

Pi: n/N (i'ninci türün birey sayısının toplam birey sayısına oranı)

Ln: Doğal logaritma tabanı

### Homojenlik Oranı:

$$J' = H'/H_{\max} J' = 1,69699/3,135494 = 0,54121193$$

H<sub>max</sub>: Toplam tür sayısının doğal logaritma tabanındaki karşılığı H<sub>max</sub>=  
ln(N)= ln(23)=3,135494

N: Familyalardaki toplam tür sayısı

### Berger-Parker (baskınlık) indeksi (d):

$$d = N_{\max}/N = 8000/14752 = 0,542299935$$

N<sub>max</sub>: Bir türde toplam birey sayısı

N: Toplam birey sayısı

### Türlerin Bolluğunun Bulunma Sıklığı F(%):

$$F = n \times 100/N$$

n: Türün örnekteki bolluğu

N: Bütün türlerin örneklemedeki bolluğu

Endekse göre Çizgili kardinal balığı (*C. novemtriatus*) en baskın (F = %54,230) tür olduğu tespit edilmiştir. Çizgili kardinal balığını aynı birey sayısı ile (F= %9,49024) gümüş balığı (*A. forskalii*) ve Kızıldeniz Keçi balığı (*P. forskalli*); değeri (F= %6,9278741) değeri ile de naylon balığı (*S. rubrum*) izlemiştir. Yaptığımız bu çalışmada kum barbunu (*U. Tragula*) en az birey sayısına, (F=%0,0067787) sahip olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 2. Shannon-Wiener çeşitlilik indeksini hesaplamak için değerler (Pi), (ln Pi), (Pi lnPi)**

Balık türleri	Türkçe isimleri	Sayı (n)	Pi (n/N)	lnPi	Pi lnPi
<i>Upeneus pori</i>	Nil Barbunu, Kum Barbunu	350	0,02373	-3,7412	-0,08876
<i>Upeneus tragula</i>	Kum Barbunu	1	0,00007	-9,5991	-0,00067
<i>Parupeneus forskalli</i>	Kızıldeniz Keçi Balığı	1400	0,09490	-2,3549	-0,22349
<i>Siganus rivulatus</i>	Beyaz Sokar	953	0,06460	-2,7395	-0,17698
<i>Siganus larudis</i>	Esmer Sokar	495	0,03355	-3,3945	-0,11391
<i>Atherina forskalii</i>	Gümüş Balığı	1400	0,09490	-2,3549	-0,22349
<i>Alepes djedaba</i>	Sarı Tral	5	0,00034	-7,9897	-0,00271

**Tablo 2. Shannon-Wiener çeşitlilik indeksini hesaplamak için değerler (Pi), (ln Pi), (Pi lnPi) (Devamı)**

Balık türleri	Türkçe isimleri	Sayı (n)	Pi (n/N)	lnPi	Pi lnPi
<i>Apogonichthyoides pharaonis</i>	Kardinal Balığı	50	0,00339	-5,6871	-0,01928
<i>Cheilodipterus novemstriatus</i>	Çizgili Kardinal	8000	0,54230	-0,6119	-0,33185
		2	0,00014	-8,9059	-0,00121
<i>Ostorhinchus fasciatus</i>	Kardinal Balığı				
<i>Stephanolepis diaspros</i>	Domuz Balığı	120	0,00813	-4,8116	-0,03914
<i>Pteragogus pelycus</i>	Lapin	50	0,00339	-5,6871	-0,01928
<i>Fistularia commersonii</i>	Külah, Trampet Balığı	10	0,00068	-7,2966	-0,00495
<i>Sargocentron rubrum</i>	Naylon, Sincap Balığı	1022	0,06928	-2,6696	-0,18495
<i>Lagocephalus sceleratus</i>	Balon Balığı	3	0,00020	-8,5005	-0,00173
<i>Tylerius spinosissimus</i>	Balon Balığı	150	0,01017	-4,5885	-0,04666
<i>Torquigener flavimaculosus</i>	Balon Balığı	400	0,02711	-3,6077	-0,09782
<i>Pterois miles</i>	Aslan Balığı	14	0,00095	-6,9601	-0,00661
<i>Pterois volitans</i>	Kırmızı Aslan Balığı	41	0,00278	-5,8856	-0,01636
<i>Sphyraena chrysoaenia</i>	Deniz Turnası, Barakuda	39	0,00264	-5,9356	-0,01569
<i>Sphyraena flavicauda</i>	Sarı Barakuda, Turna	122	0,00827	-4,7951	-0,03966
<i>Pomadasys stridens</i>	Çizgili Girt Girt	120	0,00813	-4,8116	-0,03914
<i>Sillago suezensis</i>	-	5	0,00034	-7,9897	-0,00271
		14752			-1,69699

## SONUÇ

Antalya Körfezinde yapılan bu çalışmada gündüz ve gece dalışları sonucunda, su alım ünitesinin çevresinde Kızıldeniz kökenli 14 familyaya ait 23 balık türü tespit edilmiştir. Antalya Körfezi, Akdeniz'de Leseptsiyan göçlerin en fazla görüldüğü bölgelerden birini oluşturmaktadır (13). Antalya Körfezi'nde tespit edilen Leseptsiyan balık türü sayısı 60'a ulaşmıştır (14,8). Göç eden bu türlerin bir kısmı kayalık bölgelerde yaşayan balıklardır. Balıkların bu alanı tercih etmelerinin

nedeni de bundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu alanda tespit ettiğimiz Aslan balığı türleri (*P. miles* ve *P. volitans*), naylon balığı (*S. rubrum*) ve çizgili kardinal balığı (*C. novemstriatus*) gibi türler bu balıklara örnek gösterilebilir. Çizgili kardinal balığı araştırma alanındaki Lesepsiyan balıkların yaklaşık %54 oranını oluşturmaktadır. Türkiye sularında ilk defa 2014 yılında İskenderun Körfezinde Turan vd.(15) tarafından tespit edilmiş olan bu tür, Antalya Körfezinde 2016 yılında görülmüştür (13). Ancak aradan geçen 2 yıllık bir sürede balık aşırı çoğalmış ve Antalya Körfezinin tüm kayalık ve taşlık alanlarında görülmeye başlanmıştır. Benzer durum aslan balıkları için de söz konusudur. Bu balıklar hızlı bir şekilde çoğalmış ve tüm Akdeniz kıyılarımızda dağılım göstermektedir. İki yıl öncesinde sistem üzerinde bir bireyini gördüğümüz aslan balıklarının iki yıl sonra aynı sistemde bu çalışmayla 55 bireyi sayılmıştır. Akdeniz kıyılarımızda bu balığın *P. miles* ve *P. volitans* olmak üzere iki türü tespit edilmiştir (16,17,18). Benzer şekilde sayıca en yüksek değerde tespit edilen Kızıldeniz göçmenlerinden biri de *P. forskallii*'dir. Bu balığın körfezdeki ilk kaydı Konyaaltı plajında 2016 yılında yapılmıştır (19). Bu tür de bölgemizde çok hızlı çoğalmış ve bütün Akdeniz kıyılarımızda dağılım göstermektedir. Su alım ünitesinin çevresinde sürüler halinde dolaşan bu balıkların, bazen diğer barbun türleriyle (*U. pori* ve *M. sumuletus*) birlikte hareket ettiği de görülmüştür.

Su alım ünitesinin çevresindeki dalışlarımızda bizi sürekli takip eden çok yoğun bir balon balığı popülasyonu görülmüştür. Söz konusu türlerin kıyılarımızdaki varlığı daha önce Turan ve Yağlıoğlu (20) ve Bilecenoğlu (21) gibi araştırmacılar tarafından bildirimleri yapılmıştır. Sistem üzerine tutunan sesil organizmaların birçok türü bu balıkların besinini oluşturmaktadır.

Araştırmamızda en düşük birey sayısı *U. tragula*'da 1(bir) bulunmuştur. Kum barbunu ile birlikte sürekli kumu karıştıran ve su alım ünitesinin çevresinden ayrılmayan bir tür olarak görülmüştür. *U. tragula* İndo-Pasifikte Güney Afrika'dan Japonya'ya kadar geniş bir alanda dağılım gösteren bir barbun türüdür. *U. tragula* genellikle yalnız, bazen sürüler halinde dolaşan bir türdür (22,23).

Araştırmamızda balıklar için biyoçeşitlilik indekslerinin hesaplanmasında; Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi kullanılmıştır. Araştırmamızda bu indeksin değeri  $H = 1,69699$  olarak hesaplanmıştır.

Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi genellikle 0-5 arasında değişim gösterir. Türler eşit olarak dağıldığı zaman indeks yüksek değerlerde, dağılım birkaç türde yoğunlaşma gösterirse indeksin düşük değerlerde olacağı bildirilmektedir (24). Ayrıca çeşitliliğin hem incelenen bölgedeki tür sayısına, hem de onların temsil

ettiği homojenliğe bağlı olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle araştırmamızda homojenlik oranı  $J' = H'/H_{max}$  formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Homojenlik oran değeri 0 ile 1 arasında değişir (25). Bu değer araştırmamızda  $J=0,54121$  olarak hesaplanmıştır. Türlerin yine birkaç familya içerisinde yoğunlaşması durumunda değer 0'a, eşit dağılımlarda ise 1'e yaklaşım gösterdiği bildirilmektedir.

Elde ettiğimiz değerlere göre araştırılan alandaki balıkların yüksek bir çeşitlilik ve tür zenginliği sergilediği ve sayılarında da homojenliğin olmadığı görülmektedir.

## KAYNAKÇA

1. Golani, D. & Sonin, O. New records of the Red Sea fishes, Pterois miles (Scorpaenidae) and Pteragogus pelycus (Labridae) from the eastern Mediterranean Sea. *Japanese Journal of Ichthyology*. 1992; 39 (2), 167-169. DOI:org/10.11369/jji1950.39.167
2. Barros, F., Underwood, A. J. & Lindegarth, M. The influence of rocky reefs on structure of benthic macrofauna in near by soft-sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2001;52, 191-199. DOI.org/10.1006/ecss.2000.0734
3. Kuşat, M. & Koca, H.U. Antalya körfezinde avcılık ile yakalanan balık türleri ve bunların işlenerek değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. *BİBAD* 2; 2009. p.38-44.
4. Yeşilçimen, H. Ö. & Kuşat, M. Monthly change of economic fish species caught by bottom trawl fishing from Antalya bay. *Journal of Fisheries Sciences Com*. 2011; 5 (2), 115-121. DOI: 10.3153/jfscm.2011014
5. Sirkecioğlu, A. N., Bayır, A., Aras, N, M. & Haliloğlu, H. İ. Türkiye'deki doğal ve kültür balıkçılığının mevcut durumu (1990-2000), dünyadaki yeri, problemleri ve çözüm önerileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2002; 33(3), 337-343.
6. Acar, D., Örcen, S., Vardar, M., Sarkınç, M., Çağatay, M.N., Sari, E., Kılıç, Ö., Belivermiş, M., Sezer, N. Environmental adaptation of *Balanus sp.* species in estuary of Istanbul (Haliç). *18 th Paleontology-Stratigraphy Workshop with International Participation*. 2017.
7. Bilecenoğlu, M., Kaya, M., Cihangir, B., & Çiçek, E. An updated checklist of the marine fishes of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*. 2014; 38(6), 901-929.
8. Akşiray, F. *Türkiye deniz balıkları ve tayin anahtarı. II. Baskı*. İ.Ü. Rektörlüğü Yayınları No:3490. Kardeşler Basımevi. 1987.
9. Whitehead, P. J. P., Bauchot, M. L., Hureau, J., Nielsen, J. & Tortonese, E. *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. Volume I, II, III. Unesco. U.K. 1986. p.1473
10. Golani, D., Öztürk, B. & Başusta, N. Fishes of the eastern Mediterranean. *Turkish marine Research Foundation*. Istanbul, Turkey. 2006;No: 24. p. 259.
11. Shannon, C.E., Weaver, W. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press. Urbana. 1949. p. 125.
12. Berger W. H. & Parker F.L. Diversity of planktonic foraminifera in deep-sea sediments. *Science*, 1970; 168, 1345-1347;DOI: 10.1126/science.168.3937.1345
13. Gökoğlu, M. Phaselis'in Yeni Konukları ve Phaselislilerin Tüketmediği Balıklar. *Phaselis II*, 2016;1-7. DOI: 10.18367/Pha.16001

14. Gökoğlu, M., Teker, S. Kumluca Artificial Reef and Fish Species Which Settled To This Reef. *The 2nd Internatinal Conference On Agriculture and Life Sciences "Icoals, Tiran, Arnavutluk, 7-9 Mayıs 2018; 2018.p.110-110.*
15. Turan C., Erguden D., Uygur N., Gurlek M., Erdogan Z.A., Sonmez B., Uyan A., Karan S., Dogdu S.A. First record of the Indian Ocean twospot cardinalfi sh, *Cheilodipterus novemstriatus* (Actinopterygii: Perciformes: Apogonidae), from Turkish marine waters. *Acta Ichthyol. Piscat.*2015; 45 (3) p.319–322.
16. Gürlek, M., Ergüden, D., Uyan, A., Doğdu, S.A., Yağloğlu, D., Öztürk, B. & Turan, C. First record redlionfish *Pterois volitans* (Linnaeus, 1785) in the Mediterranean Sea. *Natural and Engineering Sciences.* 2016; 1 (3), 27-32. DOI:10.28978/nesciences.286308
17. Gökoğlu, M., Teker, S., Julian, D. Westward Extension of the Lionfish *Pterois volitans* Linnaeus, 1758 along the Mediterranean Coast of Turkey. *Natural and Engineering Sciences.* 2017 2 (2), ;67-72. DOI:10.28978/nesciences.329313
18. Ayas, D., Ağilkaya, G.Ş. & Yağloğlu, D. New record of the redlionfish, *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758), in the Northeastern Mediterranean Sea. *Düzce University Journal of Science & Technology.* 2018;6, 871-877. DOI: 10.29130/dubited.362703
19. Gökoğlu; M. & Teker, S. First record of Forskal's goatfish *Parupeneus forsskalii* (Perciformes: Mullidae) in the Gulf of Antalya. In: New Mediterranean Biodiversity Records (July 2016). (T. Dalians, O. Akyol, N. Babali, M. Bariche, F. Crocetta, et al. Eds.), *Mediterranean Marine Science.* 2016;17(2),608-626. DOI: 10.12681/mms.1734
20. Turan, C. & Yağloğlu, D. First record of the Spiny blaasop *Tylerius spinosissimus* (Regan, 1908) (Tetraodontidae) from theTurkish coasts. *Medit. Mar. Sci.*2011; 12/1, 247-252. DOI:org/10.12681/mms.63
21. Bilecenoğlu, M. Kızıldeniz göçmeni balon balığı (*Torquigener flavimaculosus* Hardy & Randall, 1983), Türkiye kıyılarından ilk gözlemler. *Sualtı Dünyası Dergisi;* 2003; 74, 38-39.
22. Uiblein, F. & Gouws, G. A new goat fish species of the genus *Upeneus* (Mullidae) based on molecular and morphological screening and subsequent taxonomic analysis. *Marine Biology Research;* 2014;10 (7), 655–681. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/17451000.2013.850515>
23. Pavlov, D.A. & Emel Yanova, N.G. Variation of freckled goatfish *Upeneus tragula* (Mullidae): Color morphs off honthom (Gulf of Thailand, South China Sea). *Journal of Ichthyology;*2018; 58 (3), 371–381. DOI:10.1134/S003294521803012
24. Washington, H. G. Diversity, biotic and similarity indices, a review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research;* 1984;18, 653-694. DOI:org/10.1016/0043-1354(84)90164-7
25. Avşar, N., Aksu, A. & Dinçer, F. Erdek Körfezi (GB Marmara Denizi) bentik foraminifer toplulukları. *Yer Bilimleri;* 2006; 27 (3), 125-141.



## Bölüm 14

# BİTKİ GELİŞİMİNİ DESTEKLEYEN RİZOSFERİK FUNGİ

Çiğdem KÜÇÜK<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2050 yılında yaklaşık 9 milyara ulaşması beklenmektedir [1]. Nüfusu beslemek için bitkisel üretimin de artması gerekmektedir [1]. Uygulanan kimyasal gübreler, verimi artırmakla birlikte; toprak yapısının bozulması, toprak ve su kirliliği, doğal mikrobiyal popülasyonun değişimine neden olmaktadır. Tarımda kullanılan kimyasalların zararlı etkilerinden kaçınmak için alternatif yaklaşımların uygulanması gerekir. Hem çevresel hem de ekonomik fayda sağlayan çevre merkezli bir yaklaşıma daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır (2).

Küf ve mayalar, topraktan atmosfere kadar ekosistemlerde farklı alanları işgal ederek besin döngüsü gibi önemli ekolojik ilişkilere katılırlar. Birçok ortamda bu mantarlar bitkilerle simbiyotik ortaklık kurarlar. Funguslar, selüloz, kitin veya her ikisinden oluşan bir hücre duvarının varlığı ile karakterize edilen, heterotrofik ökaryotik organizmaların çeşitli bir grubudur [3]. Bu organizmalar bir çekirdeğe sahiptirler, klorofilden yoksundurlar (bu nedenle fotosentetik değildirler), eşeyli veya eşeysiz olarak (sporlar aracılığıyla) ürerler ve dallanmış, iplikli somatik yapılara sahiptirler [4]. Çıplak gözle görülemeyen mikroskobik fungi (misel mantarları veya küfler) ve kolaylıkla görülebilen makroskobik mantarlar (makromantarlar) vardır; bir hücreden (tek hücreli) veya çok sayıda hücreden (çok hücreli) oluşabilirler [4]. Morfolojik özellikleri ve son derece yüksek metabolik çeşitliliği ile donanmış fungi, çok sayıda ekolojik nişi ele geçirmiş ve diğer canlı organizmalarla bütün bir etkileşim dünyası oluşturmuştur [5]. Fungus habitatları toprak, su ve zorlu ortamları içerir ve halihazırda tanımlanmış olan yaklaşık 120.000 mantar türü ile dünyada 2.2–3.8 milyon fungus türünün olduğu tahmin edilmektedir [5]. Fungi, ekosistemin işleyişinde yeri doldurulamaz roller oynamakta, organik maddenin ayrışmasına katkıda bulunmakta ve

<sup>1</sup> Prof. Dr., Harran Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Genel Biyoloji AD, ckucuk@harran.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-5688-5440

biyolojik döngülere katılmaktadır [5]. Mikroorganizmaların benzersizliği ve tarımsal ekosistemlerin sürdürülmesinde oynadıkları rol, onları organik temelli modern tarımda merkezi bir rol oynamaya aday hale getirmiştir. Bitki kökleri bol miktarda faydalı mikroorganizma birlikteliğini barındırır. Kök sızıntıları, mikrobiyal popülasyonları çeken ve onların konukçu bitkilerle yakın bir ilişki kurmalarına olanak tanıyan en büyük karbon kaynağıdır [3]. Buna karşılık, rizosferde mikrobiyal popülasyonlar, bitki büyümesi ve gelişimi için çok önemli olan toprak besin maddelerinin dönüştürülmesinde, harekete geçirilmesinde ve çözündürülmesinde etkilidir. Rizosferdeki mikrobiyal popülasyon arasında bulunan bitki büyümesini teşvik eden fungi artan bir ilgi görmektedir. *Trichoderma*, *Penicillium*, *Phoma* ve *Fusarium* cinslerine ait olanlar da dahil olmak üzere bitki büyümesini teşvik eden fungi çeşitleri üzerinde çalışılmaktadır [5]. Çalışmalar, bitki büyümesini teşvik eden funginin bitki büyümesini modüle ettiğini ve çevresel kirlenme olmadan bitki patojenlerine karşı dayanıklılığı arttırdığını göstermiştir [5]. Bitki büyümesini teşvik eden funginin bitki ve çevre üzerindeki olumlu etkileri, onları organik tarıma uygun hale getirir.

Bitki büyümesinin teşvik edilmesi durumunda, *Trichoderma*, *Penicillium* ve *Aspergillus* cinsinin, besin emilimi, fitohormon sentezi, uyarılma yoluyla bitki büyümesini artıran çeşitli mekanizmalar yoluyla bitki kökleriyle kolonileşip etkileşime girebilmeleri ile ilgili çalışmalar yapılmıştır [6]. Ayrıca biyolojik kontrol ajanları olarak besin ve alan için rekabet ederek, antibiyotik ve hidrolitik enzimlerin üretimi yoluyla fitopatojenlerin büyümesini engelleyerek bitkileri patojenlerin saldırılarına karşı korurlar. *Trichoderma*, *Penicillium* ve *Aspergillus* cinslerinin suşları; domates, mısır, fasulye, soya fasulyesi ve marul gibi çeşitli bitkilerde kullanılmıştır [6]. Bu fungi her yerde bulunur ve toprakta geniş çapta dağılır, dolayısıyla bilinmeyen yeni türlerin ortaya çıkma riski çok azdır. Ayrıca topraktan izole edilmeleri kolaydır, çeşitli ortamlarda stabildirler ve değişen koşullara kolaylıkla uyum sağlarlar [6]. Yapılan araştırmalar göz önüne alındığında, organik tarım uygulamalarına doğru ilerlemenin önemli adımlarından biri olarak inorganik kimyasal gübreleri desteklemek için bitki büyümesini teşvik eden fungiye olan ihtiyaç vurgulanmıştır. Yeni tekniklerin dahil edilmesi, yeni bitki büyümesini teşvik eden fungi uygulamalarının geliştirilmesi açısından hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle bu derlemede, bitki büyümesini teşvik eden funginin bitki büyümesi ve verimi üzerindeki etkisi, kök kolonizasyon mekanizmaları, etki şekilleri ile ilgili çalışmalar özetlenmiştir. Bu incelemeden elde edilen bilgiler, çevrenin korunması ve tarımsal sürdürülebilirlik konusunda endişe duyanlar için çok faydalı olabilir.

## BİTKİ GELİŞİMİNİ DESTEKLEYEN FUNGİ

Rizosferde bulunan fungi, bir konakçı bitki tarafından salınan besinleri kullanır ve ekosistemlerin işleyişi ve çevresel sürdürülebilirlik için büyük önem taşıyan bitki-toprak-rizosferik fungi etkileşimlerini oluşturur. Bitkiler için yararlı olan, rizosferde yerleşik funguslara “bitki büyümesini teşvik eden fungi” adı verilir [7]. Bitki büyümesini teşvik eden fungi ve bitkiler arasındaki ilişkiler, bitkiler için faydalıdır ve bu niteliklere sahip çok çeşitli funguslar gözlemlenmiştir. Yapılan çeşitli araştırmalarda esas olarak *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mortierella*, *Phoma* ve *Piriformospora* cinslerinin bulunduğu açıklanmıştır [7]. Bu faydalı funguslar, büyümeyi ve bitki korumasını teşvik eden doğrudan ve dolaylı mekanizmalara sahiptir. Funguslar tarafından bitki büyümesinin teşvik edilmesinde yer alan mekanizmalar, organik asitlerin ve sideroforların (azot, fosfor, potasyum, çinko ve demir) üretimi yoluyla besin maddelerine erişimin arttırılmasını, bitki büyüme düzenleyicilerinin (oksinler, sitokinler, gibberellinler, etilen ve absisik asit), hidrolitik enzimlerin (ksilanaz, lakkaz, pektinaz ve selülaz) üretimi, etilen miktarında azalma (1-aminosiklopropan-1-karboksilat deaminaz enziminin üretimi), su alımının artışı, patojenlere karşı bitki savunma mekanizmalarının uyarılması ve zorlu ortamlardaki farklı abiyotik streslerin hafifletilmesi olarak kaydedilmiştir [8]. Bu mekanizmalar bitkilerde çimlenme, biyokütle üretimi, kök kılı gelişimi, fotosentetik verimlilik, çiçeklenme, bitki biyokimyasal bileşimi, verim ve yaprak ve radiküler patojenlerin kontrolünde iyileşme ile kendini gösterir [8,9]. Funguslar, bazı bitkisel ürünlerin büyümesine doğrudan etki etmenin yanı sıra, başta tuzluluk ve kuraklık olmak üzere abiyotik streslere karşı toleransı arttırmak ve ağır metal içeren topraklara karşı direnci arttırmak gibi dolaylı mekanizmalar yoluyla da olumlu etki gösterebilir. Örneğin, yüksek tuzluluk koşullarında, çalışmalar endofitik mantar *Epichloe bromicola*'nın yabancı arpanın (*Hordeum brevisubulatum*) bu strese karşı toleransına katkıda bulunduğunu, çimlenmeyi ve tohum büyüme kapasitesini arttırdığını göstermektedir [9]. *Trichoderma parareesei* türü aynı zamanda kuru ve tuzlu koşullar altında kanola bitkilerinin verimliliğini de arttırmıştır [10]. Arpa bitkilerinin simbiyotik *Piriformospora indica* ile aşılmasının ardından su stresi altında olumlu bir etki bulunmuştur. *P.indica* aşılmasından sonra bitki proteomunun analizi, fotosentez de dahil olmak üzere enerji metabolizmasında yer alan proteinlerin yanı sıra redoks metabolizmasında yer alan proteinlerde bir artış olduğunu göstermiş; bu mekanizmaların arpanın su stresine toleransı ile ilişkili mekanizmaları olarak düşünülmüştür [4].

*Trichoderma* cinsine atfedilen potansiyel antibakteriyel aktivite çoğu durumda pironlar, gliovirin, gliotoksin ve poliketidler gibi ikincil metabolitler üretme kapasitesi ile ilişkilidir [11]. Örneğin, domates bitkilerinin ciddi bir bakteriyel patojeni olan *Ralstonia solanacearum*'un büyümesi *Trichoderma pseudoharzianum* ve *Trichoderma asperelloides* tarafından güçlü bir şekilde engellenmiştir [12]. Bu etki, hücre duvarlarının yırtılması, hücre içeriklerinin sızması ve hücre zarının parçalanması yoluyla *R.solanacearum*'un hücre morfolojisine müdahale eden *Trichoderma* tarafından üretilen ikincil metabolitlerle ilişkilendirilmiştir. *Acremonium* sp., *Lilium davidii* bitki türünden izole edilmiş, fitopatogenik fungi *Fusarium fujikuroi*, *B.cinerea* ve *Foxysporum*'u inhibe etme yeteneğini göstermiştir. Gözlenen inhibitör bölgeler sırasıyla 33 mm (%43), 22 mm (%56), 30 mm (%78) ve 30 mm (%20) olup metabolitler etil asetat fraksiyonundan elde edilmiştir [12]. Biyokontrol rolüne ek olarak Khan ve ark. [12], *Acremonium*'un bitki hormonu IAA'nın üretimini artırarak bitki büyümesinin destekleyicisi olarak da hareket edebildiğini göstermiştir. Benzer şekilde, Chowdhary ve Kaushik [13] *Acremonium*'un *B.cinerea*, *Foxysporum* ve *Rhizoctonia solani*'ye karşı etkili olduğunu belirlemişlerdir.

*T.virens*'in trikodermamidler ürettiği bilinirken, *T.koningii*'nin bitkilere karşı antimikrobiyal ve antifungal aktiviteye sahip bileşikler olan koninginleri sentezlediği bilinmektedir [14]. Ayrıca ekso ve endokitinazlar, kitinazlar, ksilanazlar, glukanaazlar, lipazlar ve endo- ve ekzopeptidazlar dahil olmak üzere hidrolitik enzimlerin ve proteazların sentezi, çeşitli *Trichoderma* türlerinde kapsamlı bir şekilde karakterize edilmiştir. Bu enzimler antifungal özellikler sergileyerek *Trichoderma* spp.'nin fungus enfeksiyonlarına karşı etkili bir biyokontrol ajanı olarak potansiyelini vurgulamaktadır. [12]. *Trichoderma atroviride*, özellikle ılıman bölgelerde toprakta yaygın olarak bulunan filamentli bir mantardır. 25°C sıcaklıkta optimum büyüme sergiler ve göze çarpmayan havasal hiflere sahip kolonia üretir. 2-7 günlük bir sürenin ardından, bu fungus griden koyu yeşile kadar konidiler geliştirir ve birçok fitopatojene antagonistik özellik gösterir [15]. *Trichoderma harzianum*'un fitopatogenik fungiden; *Rhizoctonia solani* ve *Pythium aphanidermatum*'a karşı biyokontrol aktivitesi rapor edilmiştir. *T.harzianum*, zerdeçalda rizom çürüklüğü ve yaprak yanıklığı gibi patojenlerle ilgili hastalıkların şiddetini azaltmıştır [16]. *Trichoderma* sp., mikoparazitizme ek olarak, farklı mekanizmalar yoluyla nematodlara ve böceklere karşı antagonistik aktiviteler de göstermektedir: *T.atroviride* türü sadece domates bitkilerinde *Meloidogyne javanica* nematoduna karşı sistemik direnci indüklemekle kalmamış, aynı zamanda *T.atroviride* ile aşılanan bitkilerde de direnç belirlenmiştir [17].

*Clonostachys rosea*, *Alternaria dauci*, *Alternaria radicina*, *Botrytis cinerea*, *Botrytis aclada* ve *Helminthosporium solani* gibi birçok patojenik fungiye karşı bir biyokontrol ajanı olarak kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır [18,19]. Ayrıca *C.rosea* bazı nematodların ve böceklerin biyolojik kontrolüyle de ilişkilendirilmiştir [19]. *C.rosea*'nın biyokontrol mekanizmasıyla ilgili olarak, bu mantarla yapılan fonksiyonel genetik ve transkriptomik analiz çalışmaları, mikoparazitizm ve biyokontrol aktivitesi için önemli görünen bazı genler bulunmuştur; örneğin ikincil metabolitlerin biyosentezinde yer alan proteinleri kodlayanlar, enzimler. Bazı bitki-bitki büyümesini teşvik eden fungi etkileşimlerinde bitki büyümesinin teşvik edilmesi, bazen bitkilerin fotosentetik aparatının durumu ve fonksiyonundaki iyileşme ile ilişkilidir. Sera denemelerinde *T.longipile* ve *T.tomentosum* ile inokule edilen lahananın yaprak alanı %58-71 oranında artmıştır [20]. *Trichoderma* izolatları ile yetiştirilen domates bitkilerinin yaprak taze ağırlığı, seradaki kontrol bitkilerine göre önemli ölçüde daha yüksek olmuştur [21]. *Penicillium* spp. ile inokule edilen hıyar ve kırmızı biberin yaprak klorofil içeriği artmıştır [22,23].

*Penicillium* cinsi, bitkilerin büyümesini ve gelişmesini modüle edebilen maddeler olan gibberellinleri üretebilen bazı türleri içerir [24]. Ayrıca bazı *Penicillium* türlerinin bitki büyümesini teşvik edici nitelikleri arasında, fosfatın çözündürülmesi, sideroforların üretimi ve bitki büyüme düzenleyicilerinin üretimi de rapor edilmiştir [24]. Bazı *Penicillium* türleri fosfatı çözüldürdüğü için, fosfor eksikliği olan substratlara sahip bitkiler ile aşılansmış ve bu koşullara maruz kalan bitkilerin büyümesini teşvik etmiştir [25]. Buğday, susam, inci darı, salatalık, ayçiçeği, mercimek, soya fasulyesi ve kinoa da *Penicillium* türlerinin bitkilerde büyüme destekleyicileri olduğu gösterilmiştir. *Aspergillus* cinsinin bazı türleri, diğer mantar cinsleri gibi, bitki büyümesini teşvik eder ve onları fitopatojenlerden korur [26]. Bazı *Aspergillus* türlerinin bitkilere sunduğu faydalar arasında, erişilemeyen organik kaynaklarda bulunan fosforun mineralizasyonunu ve inorganik kaynaklardan fosforu kullanılabilir hale getirmek için organik asitlerin salgılanmasını sağlayan fitazların hücre dışı üretimi rapor edilmiştir [26]. Bazı *Aspergillus* türleri aynı zamanda oksinler, gibberellinler ve bitki büyümesini destekleyen diğer ikincil metabolitler gibi fitohormonlar da üretir [26]. Benzer şekilde, bazı *Aspergillus* türleri sistemik direnci indükler ve bitkilerin yaşadığı stresi önemli ölçüde azaltır [27]. Bitki büyümesini desteklemek için en çok kullanılan *Aspergillus* türleri arasında *A.terreus*, *A.niger*, *A.awamori* ve *A.japonicus* yer alır. Bitki büyümesini teşvik eden türlerin rapor edildiği diğer fungal cinsler *Mortierella*, *Phoma*, *Piriformospora*, *Purpureocillium* ve *Metarhizium*'dur. Oksinler, gibberellinler ve uçucu organik bileşikler gibi fitohormonlar üreten fungus türleri,

konakçı bitkilerin büyümesini teşvik eder [26]. Bu funguslar, konakçı bitkilerde fosfor, azot, potasyum, çinko ve demir gibi besin maddelerinin kullanılabilirliğini arttırdıkları gibi, bitkilerde sistemik direnci indükleyerek onları fitopatojenlere karşı korur [26].

## **BİTKİ BÜYÜMESİNİ TEŞVİK MEKANİZMALARI**

Fosfor, bitki büyümesi ve verimliliği için ikinci en önemli ve sıklıkla sınırlayıcı makro besin maddesidir. Canlı hücrelerdeki temel makromoleküllerin önemli bir bileşenidir ve bu nedenle canlı organizmaların hayatta kalması ve büyümesi için gerekli olan çok çeşitli işlevler için gereklidir. Fosforun tarım topraklarında bol miktarda bulunmasına rağmen çoğunluğu çözünmez formda bulunmaktadır. Fosfor, toprak türlerine bağlı olarak demir, alüminyum veya kalsiyum ile reaksiyona girerek karmaşık bileşikler oluşturur, çözünmez ve bitkiler tarafından kullanılamaz hale gelir. Bu sorunu aşmak için, fosfatı çözüdüren bitki büyümesini teşvik eden fungi, çözünmeyen P'yi çözünür forma eriterek bitkiler için kullanılabilir hale getirmede önemli bir rol oynayabilir. Bitki büyümesini teşvik eden fungi, P'yi çözünmeyen fosfatlardan serbest bırakan fitazlar ve fosfatazlar ve organik asitler gibi fosfat çözücü enzimler üretir. En etkili fitaz, fosfataz üreten bitki büyümesini teşvik eden fungi; *Aspergillus*, *Trichoderma* ve *Penicillium* cinslerine aittir [10]. Fitatı hidroliz etkinliği açısından sıralama *Aspergillus* > *Penicillium* > *Trichoderma* şeklindedir [10]. *Fusarium verticillioides* RK01 ve *Humicola* sp. KNU01, asit fosfataz ve alkalın fosfataz aktivitelerini artırarak fosfatı çözüdürmüş ve soya fasulyesinin büyümesini önemli ölçüde desteklemiştir [10]. Fosfat çözücü funguslar, özellikle asidik toprak koşulları altında, bakterilerden daha fazla fosfor çözüdüreme yeteneğine sahiptir [10]. Bunun ana nedeni, çoğu funginin asidofilik olması ve asidik ortamlarda bakterilere göre nispeten daha çok büyümeye sahip olmasıdır [10]. Asitlik, *P.oxalicum* ve *A.niger* organik asit aracılı fosfat çözme aktiviteleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir [29]. Bununla birlikte, asitleşme her zaman *T.harzianum* Rifai 1295-22 (T-22) tarafından P'nin çözüdüürülmesinin ana mekanizması değildir; kültürlerin pH'ı hiçbir zaman 5.0'ın altına düşmemiştir ve hiçbir organik asit tespit edilmemiştir [29]. *Aspergillus niger*; P mineralizasyonu ve çözüdüreme gibi yeteneklere sahiptir [10]. Fungus hem organik hem de inorganik kaynaklardan P salgılar. Bunlar, spesifik bitki büyümesini teşvik eden funginin, fosfatın çözüdüürülmesinde ve onu bitki büyümesi için kullanılabilir hale getirmede spesifik aktiviteye sahip olabileceğini düşündürmektedir.

### **Substrat mineralizasyonu**

Mikroorganizmalar toprağın besin mineralizasyonuna etki eder. Besin maddelerinin organik maddeden mikrobiyal mineralizasyonu bitki büyümesi için çok önemlidir. Bitki büyümesini teşvik eden bazı fungi, bitki büyümesini destekler ancak bitki hormonları üretmez veya sabit fosfatı çözündürmez [30]. *Trichoderma* sp.'nin farklı izolatları her ne kadar bazıları çözünebilir P, indol asetik asit (IAA) ve sideroforlar gibi büyümeyi teşvik eden özelliklerin hiçbirine sahip olmasa da; fasulye fidelerinin büyümesini önemli ölçüde iyileştirmiştir [31]. Funguslar diğer mikroorganizmalardan daha iyi substrat asimilasyon verimliliğine sahiptir; lignin, hümkik veya fenolik asitler gibi karmaşık poliaromatik bileşikleri parçalayabilmektedir [31]. *T.harzianum*'un hıyar köklerindeki kolonizasyonu, topraktaki besinlerin bitkiler tarafından kullanılabilirliğini ve alımını arttırmıştır [32]. Bitki büyümesini teşvik eden funginin neden olduğu toprak besin maddelerindeki artış nedeniyle hıyar bitkileri, daha iyi gelişme göstermiş, daha fazla pazarlanabilir meyve üretmiş ve sürgünlerde Ca, Mg ve K gibi daha fazla inorganik mineral biriktirmiştir [32]. Bitki büyümesini teşvik eden fungi ayrıca azot içeren organik materyallerin amonizasyon ve nitrifikasyon yoluyla bozunmasına da doğrudan katılır. Entomopatojen *Metarhizium robertsii*'nin bir kök endofiti olarak azotu ölü bir böcekten fasulye bitkisi konakçısına aktardığı belirlenmiştir; bu durum bitki büyümesini teşvik eden funginin organik maddeden mineral besinleri elde etme ve bitki büyümesini destekleme potansiyeline sahip olduğunu düşündürmektedir [33].

### **Fitohormon üretimi**

Fitohormonlar birçok bitki-mikroorganizma etkileşiminde ve ayrıca bitkilerin bitki büyümesini teşvik eden fungi ile faydalı etkileşimlerinde rol oynar. Bitki büyümesini teşvik eden fungi tarafından üretilen fitohormonların yaygın olarak tanınan sınıfları oksinler (IAA) ve gibberellinlerdir. En çok çalışılan oksin olan IAA, bitki büyümesinin birçok yönünü, özellikle kök uzamasını engelleyerek, yan kök üretimini artırarak ve kökleri uyararak kök morfolojisini düzenler [34]. Mısırdaki *T.harzianum* T-22 aracılı kök biyokütle üretimi ve kök kılı gelişiminin, IAA üretim yoluyla işlediğine inanılmaktadır [10]. Benzer şekilde, *T.virens* ile aşılanan *Arabidopsis* fidelerinde artan mantar IAA seviyeleri ile yan kök gelişimi arasında doğrudan bir korelasyon mevcuttur [34]. Gibberellinler (GA), sürgün gelişimi de dahil olmak üzere bitkilerdeki çeşitli gelişim süreçlerindeki rolleriyle iyi bilinmektedir. Çeltik fidelerinin uzamasını *P.citrinum* ve *A.clavatus* kültür filtratlarında mevcut olan fizyolojik olarak aktif gibberellinlerin aktivitesinden

kaynaklandığı bildirilmiştir [35]. GA aynı zamanda bezelye köklerinde *P.indica*'nın kök kolonizasyonu sırasında da anahtar rol oynamıştır [36]. Bitki büyümesini teşvik eden funginin bitki büyümesine aracılık ettiği diğer bir fitohormon sitokinin, özellikle zeatin'dir. *Piriformospora indica*, *T.harzianum* ve *Phoma* sp'de ve diğer fitohormonları da üreten funguslarda zeatin üretimi belirlenmiştir [36]. *P.indica* düşük miktarlarda oksin, ancak yüksek düzeyde sitokinin üretir. *Arabidopsis*'te *P.indica* aracılı büyüme uyarımı için zeatin sitokinin biyosentezinin çok önemli olduğu bulunmuştur [36]. Bu kanıt, bitki büyümesini teşvik eden funginin çeşitli bitki hormonlarının dengesini etkileyerek, bitkilerdeki büyüme ve gelişim süreçlerine aracılık ettiğini göstermektedir.

### **Fungal ACC deaminaz**

Bitki büyümesini teşvik eden fungi çok önemli bir enzim olan ACC (1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit) deaminaz üretir. ACC deaminaz, etilen öncüsü olan I-aminosiklopropan-1-karboksilik asidi (ACC) NH<sub>3</sub> (amonyak) ve a-ketobütirata ayırır [10]. ACC deaminaz, bitkiler tarafından üretilen ACC'yi parçalayarak bitkideki etilen seviyesini en aza indirir; bu, yüksek konsantrasyonlarda mevcut olduğunda bitki büyümesinin azalmasına yol açabilir [37]. ACC deaminaz, fungus ve bakterilerin *acdS* genleri tarafından kodlanan indüklenebilir bir enzimdir [37]. ACC deaminaz, bazı bitki-bitki büyümesini teşvik eden funginin fonksiyonel etkileşimlerinde merkezi bir rol oynuyor gibi görünmektedir. *T.asperellum* T203, yüksek düzeyde ACC deaminaz üretmiş ve *acds* geninin ortalama 3,5 kat indüksiyonunu göstermiştir [10]. *T.asperellum* mantarında ACC deaminaz ekspresyonu bozulduğunda, bu organizmanın bitki büyümesini destekleme yetenekleri de azalmıştır [37]. ACC deaminaz üretimi, *Issatchenkia occidentalis*, *Penicillium citrinum*, *Phytophthora sojae* gibi bazı funguslarda rapor edilmiştir (10). ACC deaminaz üreten mikroorganizmalar, rizosferde üretmeyen mikroorganizmalara göre rekabet avantajına sahiptir çünkü enzim onlar için bir azot kaynağı görevi görür [37]. Ayrıca ACC deaminaz eksprese eden bakteri ve funguslar, bitki büyümesini ve gelişimini etkileyen bir dizi farklı stresin etkisini azaltabilir [37]. Bunlar, ACC deaminazın yalnızca mikroorganizmaların bitki büyümesini teşvik etme yetenekleriyle ilgili olmadığını, aynı zamanda rizosferde de önemli olduğunu göstermektedir.

### **Fitopatojen funginin bitki büyümesini teşvik eden fungi ile baskılanması**

Bitki büyümesini teşvik eden fungi aracılı bitki büyümesinin teşvik edilmesinin temel dolaylı mekanizması, biyokontrol ajanları olmalarıdır. Bitki büyümesini

teşvik eden fungi, bitkileri zararlı patojenlere karşı korumaları ve daha iyi büyümelerini sağlamaları için korur ve güçlendirir. Bitki büyümesini teşvik eden funginin bitkilerde istilacı patojenlerin büyümesini veya aktivitesini baskıladığı mekanizmalar arasında antibiyozis, besin ve alan için rekabet, mikoparazitizm ve indüklenmiş sistemik direnç yer alır [15]. Çeşitli cinslere ait bitki büyümesini teşvik eden fungi, patojen *Pythium* sp'nin gelişimini inhibe ederek tarla toprağında yetiştirilen hıyar gelişimini antagonizma yoluyla desteklemiştir [10]. Bitki büyümesini teşvik eden fungi; muzda *Foxysporum*, nematod patojenleri *Pratylenchus goodeyi* ve *Helicotylenchus multicinctus*'u önemli ölçüde inhibe etmiş ve muz veriminde yaklaşık %20 - %36'ya kadar artış sağlamıştır [10]. Mikoparazit *Sphaerodes retispora*'nın, *Foxysporum* varlığında bitkinin kuru ağırlığını ve bitki verimini arttırdığı rapor edilmiştir [10]. Benzer şekilde, *F.graminearum* ile enfekte edilmiş buğdayın tohum çimlenmesi, kök biyokütlesi, toplam biyokütlesi, kök uzunluğu ve toplam uzunluğu, *F.graminearum* ile aşılama göre *S.mycoparasitica* ve *T.harzianum* uygulamalarıyla gözle görülür şekilde artmıştır. Her iki mikoparazit de patojenin kolonizasyonunu ve kök büyümesinde azalmayı önlemiştir [10]. Bitki büyümesini teşvik eden fungi, köklerdeki kolonizasyon nişi için patojenle rekabet eder [39]. Bu nedenle, bitki büyümesini teşvik eden fungi tarafından hastalığın baskılanmasının diğer mekanizmalarının, kök yüzeyindeki enfeksiyon bölgeleri için patojenlerle rekabeti içermesi olasıdır [10,15].

### **Rizomediasyon ve stres kontrolü**

Bitkilerin mikrobiyal birlikteliği, tuzluluk, kuraklık, ağır metal toksisitesi, aşırı sıcaklıklar ve oksidatif stres gibi abiyotik streslere karşı bitkinin adaptasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Son çalışmalar, belirli bitki büyümesini teşvik eden funginin sağladığı kondisyon yararlarının, bitkinin strese karşı adaptasyonuna katkıda bulunduğunu göstermektedir [40]. Bitkiler optimal olmayan koşullar altında olsa bile, bitki büyümesini teşvik eden funginin bitkilerle ilişkisi nedeniyle bitki büyümesinin arttığına dair raporlar vardır [41]. *T.atroviride*'nin kök kolonizasyonu, kuraklık stresi altında mısır köklerinin taze ve kuru ağırlığını arttırmıştır [99]. *T.harzianum*'un NaCl ile muamele edilmiş hardal fideleri ile inokulasyonu ile yalnızca 200 mM NaCl ile muamele edilmiş bitkilerle karşılaştırıldığında sürgün, kök uzunluğu ve bitki kuru ağırlığında sırasıyla %13.8, %11.8 ve 16.7 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir [43]. *P.funiculosum* bakır stresi altında bitki biyokütlesini, kök fizyolojisini ve soya fasulyesinin besin alımını önemli ölçüde arttırmıştır [10]. Bu fungusların bitki

büyüme düzenleyicileri (GA'lar ve oksinler vb.) ürettiği ve bitkinin abiyotik ve biyotik streslere karşı toleransını arttırdığı bilinmektedir [10].

### **Uçucu organik bileşiklerin üretimi**

Mikroorganizmalar, normal metabolizmalarının bir parçası olarak uçucu organik bileşikler adı verilen gaz fazlı, karbon bazlı bileşiklerin çeşitli karışımlarını üretirler. Yapılan çalışmalarda, uçucu metabolitlerin mikrobiyal etkileşimlere uçucu olmayanlara göre çok daha fazla katkı sağladığını göstermiştir [44]. Bitki büyümesini teşvik eden fungi tarafından üretilen bu uçucu bileşiklerin bazıları bitkiler üzerinde uyarıcı etkiler gösterir. Bir bitki büyümesini teşvik eden fungi olan *Talaromyces wortmannii*, bitki büyümesini önemli ölçüde destekleyen ve şalgamda direnci indükleyen terpenoid benzeri uçucu bir  $\beta$ -karyofilen üretmiştir [45]. *Phoma* sp. tarafından yayılan üretilen uçucu bileşikler 2-metil-propanol ve 3-metil-bütanolün ana bileşenleri oluşturduğu ve tütün fidelerinin büyümesini desteklediği belirlenmiştir [46]. *T.viride*'den salgılanan 3-metil-butanal rapor edilmiştir [46]. *T.viride*'de en çok bulunan diğer uçucu bileşenler; izobütül alkol, izopentil alkol, farnesen ve geranil asetondur. *T.viride* ile petri kutularında kültüre edilen *Arabidopsis*'in daha fazla yan kök oluşturduğu, *T.viride* ile inokuleli olanların kök uzunluğunun daha fazla olduğu, toplam biyokütlenin fazla olduğu ve daha yüksek klorofil içeriğine sahip olduğu rapor edilmiştir [46]. Üstelik uçucu karışımlar, tek tek bileşiklere göre daha iyi büyüme teşviki gösterdi [132]. Bitki büyümesini teşvik eden fungi tarafından üretilen uçucu bileşikler aynı zamanda patojenlere karşı sistemik direncin indüklenmesinde de büyük rol oynamaktadır [16].

### **SONUÇ**

Çalışmalar sonucunda, bitki büyümesi ve gelişmesini destekleme potansiyelini ortaya çıkaran rizosferdeki bitki büyümesini teşvik eden funginin önemi ortaya konmuştur. Bitki büyümesini teşvik eden funginin uygulanması, bitkisel üretimde karşılaşılan sorunların azaltılmasına, kimyasal gübre ve pestisitlerin daha az düzeyde uygulanmasıyla hem çevre kirliliğinin önlenmesi hem de zararlıların etkisinden korunmuş bitkilerin yetiştirilmesine katkı sağlayabilir. Bitki büyümesini teşvik eden fungi tarım ürünlerinin sürdürülebilirliğini ve toprak verimliliğini artırabilir. Bununla birlikte, bitki büyümesini teşvik eden funginin bitki büyümesine ve üretkenliğine katkıda bulunan özelliklerine dayanan kapsamlı çalışmalar henüz başlangıç aşamasındadır. Bu nedenle, bitkisel üretim ve koruma için sürdürülebilir tarımın geliştirilmesinde mikrobiyotanın dahil edilmesi amacıyla bitki-mikroorganizma etkileşimlerinde bitki büyümesini

teşvik eden fungi tarafından yürütülen bazı faaliyetlerin incelenmesi önemlidir. Biyoteknolojik uygulamalardaki son gelişmeler, bitki büyümesini teşvik eden funginin üretiminde faydalı olabilir. Sinerjistik faaliyetler gerçekleştiren bitki büyümesini teşvik eden özelliklerin genetik değişimi ve yukarı regülasyonu, aşılama tarafından geliştirilmiş işlevler üretebilir. Genetiği değiştirilmiş suşun genetik stabilitesini ve ekolojik korunmasını ölçmek için periyodik olarak çalışmalar yapılabilir.

## **KAYNAKÇA**

1. World Population Prospect: 2019. New York: Population Division, Department of Economic and Social Affairs, United Nations; 2019. p. 2
2. Hyakumachi M. Plant-growth-promoting fungi from turf grass rhizosphere with potential for disease suppression. *Soil Microorganisms*; 1994. 44:53-68
3. Aly AH, Debbab A, Proksch P. Fungal endophytes: Unique plant inhabitants with great promises. *Applied Microbiology and Biotechnology*; 2011. 90:1829-1845
4. Bent E. Induced systemic resistance mediated by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and fungi (PGPF). In: Tuzun S, Bent E, editors. *Multigenic and Induced Systemic Resistance in Plants*. New York: Springer; 2006. pp. 225-258
5. Hyakumachi M, Kubota M. Fungi as plant growth promoter and disease suppressor. In: Arora DK, editor. *Mycology Series*. Vol. 21. *Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications*. New York: Marcel Dekker; 2004. pp. 101-110
6. Adedayo AA, Babalola OO. Fungi That Promote Plant Growth in the Rhizosphere Boost Crop Growth. *J Fungi (Basel)*; 2023. 9,239.
7. Argumede-Delira R, Gomez-Martinez MJ, Mora-Delgado J. Plant Growth Promoting Filamentous Fungi and Their Application in the Fertilization of Pastures for Animal Consumption. *Agronomy*; 2022. 12(12), 3033
8. Devi R, Kaur T, Kour D, Rana KL, Yadav A, Yadav, A.N. Beneficial fungal communities from different habitats and their roles in plant growth promotion and soil health. *Microb. Biosyst.*; 2020. 5, 21-47.
9. Da Silva JM, Montaldo YC, de Almeida ACPS, Dalbon VA, Acevedo JPM, dos Santos, TMC, de Andrade Lima, GS Rhizospheric fungi to plant growth promotion: A review. *J. Agric. Stud.*; 2021. 9, 411-425.
10. Hossain M, Sultana F. Application and Mechanisms of Plant Growth Promoting Fungi (PGPF) for Phytostimulation. 2020. DOI: 10.5772/intechopen.92338
11. Vinale F, Sivasithamparam K, Ghisalberti EL, Marra R, Woo SL, Lorito M. *Trichoderma*-Plant-Pathogen Interactions. *Soil Biol. Biochem.*; 2008. 40, 1-10
12. Khan RAA, Najeeb S, Hussain S, Xie B, Li Y. Bioactive Secondary Metabolites from *Trichoderma* spp. against Phytopathogenic Fungi. *Microorganisms*; 2020. 8, 817.
13. Chowdhary K, Kaushik N. Biodiversity Study and Potential of Fungal Endophytes of Peppermint and Effect of Their Extract on Chickpea Rot Pathogens. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.*; 2018. 51, 139-155.
14. Souza ADL, Rodrigues-Filho E, Souza AQL, Pereira JO, Calgarotto AK, Maso V, Marangoni S, Da Silva SL Koninginins, Phospholipase A2 Inhibitors from Endophytic Fungus *Trichoderma koningii*. *Toxicon.*; 2008. 51, 240-250.

15. Küçük Ç, Kıvanç M. Isolation of *Trichoderma* spp. and Determination Their Antifungal and Biochemical, Physiological Feature. *Turk J Biol.*; 2003. 27, 247-253.
16. Vinayarani, G.; Prakash, H.S. Fungal Endophytes of Turmeric (*Curcuma longa* L.) and Their Biocontrol Potential against Pathogens *Pythium aphanidermatum* and *Rhizoctonia solani*. *World J. Microbiol. Biotechnol.*; 2018. 34, 49.
17. Coppola M, Cascone P, Chiusano ML, Colantuono C, Lorito M, Pennacchio F, Rao R, Woo SL, Guerrieri E, Digilio MC. *Trichoderma harzianum* Enhances Tomato Indirect Defense against Aphids. *Insect Sci.*; 2017. 24, 1025–1033
18. Lysoe E, Dees MW, Brurberg MBA. Three-Way Transcriptomic Interaction Study of a Biocontrol Agent (*Clonostachys rosea*), a Fungal Pathogen (*Helminthosporium solani*), and a Potato Host (*Solanum tuberosum*). *Molecular Plant-Microbe Interactions*;30, 646–655.
19. Palmieri D, Ianiri G, Del Grosso C, Barone G, De Curtis F, Castoria R, Lima G. Advances and Perspectives in the Use of Biocontrol Agents against Fungal Plant Diseases. *Horticulturae*; 2022. 8, 577.
20. Wang, J.; Li, T.; Liu, G.; Smith, J.M.; Zhao, Z. Unraveling the Role of Dark Septate Endophyte (DSE) Colonizing Maize (*Zea mays*) under Cadmium Stress: Physiological, Cytological and Genic Aspects. *Sci. Rep.*; 2016. 6, 22028.
21. Guzman-Guzman P, Kumar A, Santos-Villalobos SdL, Parra-Cota FI, Orozco-Mosqueda MdC, Fadji AE, Hyder S, Babalola OO, Santoyo G. *Trichoderma* Species: Our Best Fungal Allies in the Biocontrol of Plant Diseases—A Review. *Plants*; 2023. 12, 432.
22. Sharma P, Singh SP. Chapter 11—Role of the Endogenous Fungal Metabolites in the Plant Growth Improvement and Stress Tolerance. In *Fungi Bio-Prospects in Sustainable Agriculture, Environment and Nano-Technology*; Sharma VK, Shah MP, Parmar S, Kumar A, Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2021; pp. 381–401. ISBN 978-0-12-821734-4.
23. Giehl A, dos Santos AA, Cadamuro RD, Tadioto V, Guterres IZ, Zuchi IDP, Minussi GA, Fongaro G, Silva IT, Alves SL. Biochemical and Biotechnological Insights into Fungus-Plant Interactions for Enhanced Sustainable Agricultural and Industrial Processes. *Plants*; 2023. 2(14), 2688
24. Leitao AL, Enguita FJ. Gibberellins in *Penicillium* strains: Challenges for endophyte-plant host interactions under salinity stress. *Microbiol. Res.*; 2016. 183, 8–18.
25. Altaf MM, Imran M, Abulreesh HH, Khan MSA, Ahmad I. Diversity and applications of *Penicillium* spp. in plant-growth promotion. In *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*; Gupta VK, Rodriguez-Couto S, Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2017. pp. 261–276.
26. Argumedo-Delira R, Gomez-Martinez MJ, Mora-Delgado J. Plant Growth Promoting Filamentous Fungi and Their Application in the Fertilization of Pastures for Animal Consumption. *Agronomy*; 2022. 12(12), 3033
27. Hung R, Rutgers SL. Chapter 17—Applications of *Aspergillus* in plant growth promotion. In *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*; Gupta VK, Ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2016. pp. 223–227
28. Elsharkawy MM. Plant growth-promoting *Phoma* spp. In *Phoma: Diversity, Taxonomy, Bioactivities, and Nanotechnology*; Rai, M., Zimowska, B., Kovics, G.J., Eds.; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 2022. pp. 301–309.

29. Li Z, Bai T, Dai L, Wang F, Tao J, Meng S. A study of organic acid production in contrasts between two phosphate solubilizing fungi: *Penicillium oxalicum* and *Aspergillus niger*. Scientific Reports; 2016. 6:25313
30. Wakelin SA, Gupta VVSR, Harvey PR, Ryder MH. The effect of *Penicillium* fungi on plant growth and phosphorus mobilization in neutral to alkaline soils from southern Australia. Canadian Journal of Microbiology; 2007. 53, 106-115
31. Hoyos-Carvajal L, Orduz S, Bissett J. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. Biological Control; 2009. 51,409-416
32. Shivanna MB, Meera MS, Kubota M, Hyakumachi M. Promotion of growth and yield in cucumber by zoysiagrass rhizosphere fungi. Microbes and Environments; 2005. 20(1), 34-40
33. Behie SW, Zelisko PM, Bidochka MJ. Endophytic insect-parasitic fungi translocate nitrogen directly from insects to plants. Science; 2012. 336, 1576-1577
34. Contreras-Cornejo HA, Macias-Rodriguez LI, Cortes-Penagos C, Lopez-Bucio J. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. Plant Physiology; 2009. 149, 1579-1592
35. You YH, Kwak TW, Kang SM, Lee MC, Kim JG. *Aspergillus clavatus* Y2H0002 as a new endophytic fungal strain producing gibberellins isolated from *Nymphoides peltata* in fresh water. Mycobiology; 2015. 43, 87-91
36. Saxena S. Applied Microbiology. India: Springer Pvt. Ltd; 2015. p. 190
37. Zhang S, Gan Y, Xu B. Mechanisms of the IAA and ACC-deaminase producing strain of *Trichoderma longibrachiatum* T6 in enhancing wheat seedling tolerance to NaCl stress. BMC Plant Biology; 2019. 19,1-18
38. Waweru B, Turoop L, Kahangi E, Coyne D, Dubois T. Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* endophytes provide field control of nematodes, improving yield of banana (*Musa* sp.). Biological Control; 2014. 74,82-88
39. Vujanovic V, Goh YK. qPCR quantification of *Sphaerodes mycoparasitica* biotrophic mycoparasite interaction with *Fusarium graminearum*: in vitro and in planta assays. Archives of Microbiology; 2012. 194(8), 707-717
40. Khan AL, Hamayun M, Kim YH, Kang SM, Lee IJ. Ameliorative symbiosis of endophyte (*Penicillium funiculosum* LHL06) under salt stress elevated plant growth of glycine max L. Plant Physiology and Biochemistry; 2011. 49, 852-862
41. Bae H, Sicher RC, Kim MS, Kim SH, Strem MD, Melnick RL. The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DIS 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in *Theobroma cacao*. Journal of Experimental Botany; 2009. 60, 3279-3295
42. Guler NS, Pehlivan N, Karaoglu SA, Guzel S, Bozdeveci A. *Trichoderma atroviride* ID20G inoculation ameliorates drought stress-induced damages by improving antioxidant defence in maize seedlings. Acta Physiologiae Plantarum; 2016. 38,132.
43. Ahmad P, Hashem A, Abd-Allah EF, Alqarawi AA, John R, Egamberdieva D. Role of *Trichoderma harzianum* in mitigating NaCl stress in Indian mustard (*Brassica juncea* L.) through antioxidative defense system. Frontiers in Plant Science; 2015, 6,868
44. Kanchiswamy CN, Malnoy M, Maffei ME. Chemical diversity of microbial volatiles and their potential for plant growth and productivity. Frontiers in Plant Science; 2015. 6, 151

45. Yamagiwa Y, Toyoda K, Inagaki Y, Ichinose Y, Hyakumachi M, Shiraishi T. *Talaromyces wortmannii* FS2 emits  $\beta$ -caryophyllene, which promotes plant growth and induces resistance. *Journal of General Plant Pathology*; 2011. 77, 336-341
46. Naznin HA, Kiyohara D, Kimura M, Miyazawa M, Shimizu M, Hyakumachi M. Systemic resistance induced by volatile organic compounds emitted by plant growth-promoting fungi in *Arabidopsis thaliana*. *PLoS One*; 2014. 9(1):e86882

## Bölüm 15

# EKSTRÜZYON TEKNOLOJİSİ, PRENSİBİ, GIDA UYGULAMALARI VE GIDA BİLEŞENLERİ ÜZERİNE ÖNEMLİ ETKİLERİ

Selda BULCA<sup>1</sup>

### GİRİŞ

Ekstrüzyon işlemi, çeşitli gıda ürünlerinin, gıda içeriklerinin ve yemlerin üretiminde uzun yıllardan beri kullanılan önemli bir tekniktir. Gıda işlemedeki başarısı esas olarak karmaşık malzemeleri sürekli olarak işleyebilme yeteneğinden ve çok yönlülüğünden kaynaklanmaktadır. Ayrıca ekstrüzyon prosesi, enerji açısından en verimli ve çevre dostu proseslerden biri olarak popülerlik kazanmaya devam etmektedir. Günümüzdeki mevcut araştırmalar bu tekniğin kullanım potansiyelini artırarak ve bunun daha da önemli hale gelmesini sağlamıştır. Bu zamana kadar, ekstrüzyon tekniği doğrudan ekstrüde atıştırmalıklar, tüketime hazır ve kahvaltılık tahıllar, atıştırmalık ürünler, bebek mamaları, önceden pişirilmiş unlar, hazır konsantreler, fonksiyonel bileşenler, çıtır ekmek, galeta unu, dokulu bitkisel proteinler, şekerleme ürünleri ve diğerleri ile emülsiyon ve macunların üretiminde kullanılmıştır (Gu, Kowalski ve Ganjyal, 2017; Lazou ve Krokida, 2017; Riaz, 2019).

Çeşitli ekstrüde gıda ürünlerinin, özellikle atıştırmalıkların artan tüketimi, üreticileri dünyanın çeşitli bölgelerinde gerekli ham ve yeni maddeleri aramaya ve bulmaya veya ekstrüde edilmiş atıştırmalık ürünlerini bu bölgelerden tedarik etmek durumunda bırakmıştır. Ayrıca iklim değişiklikleri bazı hammaddelerin üretiminde azalmaya yol açmış, dolayısıyla ekstrüde ürün üreticileri hammadde tedarikinde sıkıntı ve artan talebi karşılamakta zorluklarla karşı karşıya kalmıştır. Enerji maliyetleri yükseldikçe ve/veya en azından nispeten yüksek yüzdelerde dalgalandıkça ve hammaddeler ve diğer bileşenler fiyatlarında artış oldukça, üreticiler ya kar marjlarındaki düşüş eğilimini kabul edip uygulama ya da yeni ürün geliştirmeye yönelmiştir. Bunlardan ikincisine, aynı zamanda ürün yeniliğine de

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Gıda Teknolojileri AD, sbulca@adu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-7405-2872

izin veren ekstrüzyon teknolojisi uygulanarak yaklaşılabilmektedir. Tüketici tercihi, gerek araştırma ve geliştirmeyi gerekse ekstrüzyon kullanarak gıda üretimini motive eden ana itici güçlerden birisidir. Tüketici açısından bakıldığında gıdaya harcanabilecek gelir payı, gıda fiyat artışını etkileyen en önemli faktördür. Ayrıca hazır gıdalara olan talebin yanı sıra güvenli ve sağlıklı atıştırılmalıklara olan talebin de arttığı gözlemlenmektedir. COVID-19 salgını aynı zamanda tüketicilerin istek ve davranışlarının yanı sıra piyasaları, toplumsal ve ekonomik alt sistemleri de değiştirerek dünya çapında gıda fiyatlarında değişikliklere yol açmıştır (Bairagi, Mishra ve Mottaleb, 2022; Beckman, Baquedano ve Countryman, 2021; Di Crosta ve ark., 2021; Häusling ve ark., 2022). Eş zamanlı olarak tüketicilerin güvenli, kullanışlı ve yüksek kaliteli ürünlere olan talebinin de artması biyoaktif ve diğer fonksiyonel bileşenler içeren besleyici, yüksek lifli, spesifik doku, renk ve tada sahip ekstrüde gıdaların olan talebin artmasını da sağlamıştır. Bitki bazlı protein alternatifleri, kültürlü et ve gıda işleme yan ürünlerinin devam etmesi ile yeni ürün geliştirmede ham veya alternatif materyaller olması ürün üretimi için oldukça önemlidir. Bu materyallerin kullanımı, gıda sektöründe yeşil yeniliklere ve teknoloji kesintilerine yol açmış ve ayrıca yakın gelecekte gıda sektörünün biyoekonomi ve iklim açısından nötr ekonominin bir parçası olarak rolünü yeniden tanımlamıştır (Galanakis ve ark. 2021; Sarka, Slukova ve Smrckova, 2020). Gıda sistemlerinde dönüşüm ihtiyacının yanı sıra, mevcut gıda kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yönelik çok çaba sarf edilmelidir. Gıda işleme, çoğu yetersiz derecelendirilmiş, yeterince kullanılmayan ham maddelerin, yan ürünlerin veya atıkların kullanımına yönlendirilebilmektedir.

Gıda işlemenin birçok sektöründe ekstrüzyon teknolojisinin yaygın olduğu bilinmektedir. Bunun nedeni sürekli çalışma, yüksek üretkenlik, yüksek kapasite, çok yönlülük, uyarlanabilirlik, yüksek ürün kalitesi, değişken veya önceden tanımlanmış ürün şekilleri ve özellikleri, enerji verimliliği, atık su üretiminin olmaması, düşük maliyet ve otomatik kontrol gibi avantajlardır. Ekstrüzyon teknolojisi köklü bir teknoloji olmasına rağmen geliştirilmesi ve yeni uygulamalar bulunması yönünde daha fazla çaba sarf edilmesi gerekmektedir. Bu teknik yeni ve yenilikçi gıda ürünlerinin üretimi için büyük bir potansiyele sahip olmuş, gelişmeler ise mühendislik, ekipman tasarımı ve optimizasyonunun yanı sıra süreç kontrolü alanlarında da mevcudiyetini korumuştur. Yüksek kaliteli, spesifik ve benzersiz şekil ve renklere sahip yeni gıda ürünlerinin tasarımı, geliştirilmesi ve formüle edilmesiyle ilgili olduğundan, çeşitli yeni hammaddeler ve bileşenler kullanılabilir.

Ekstrüzyon genel olarak, çeşitli tahıllar, pseudo tahıllar, sebzeler, meyveler, meyve ve sebze işleme atıkları ve yan ürünleri, baklagiller, yeşil sebzeler, sakızlar, yağlı tohumlar, kökler ve yumrular, kabuklu yemişler ve tohumlar, biracılık atığı malt, et, kümes hayvanları, balık unu, karides unu, yengeç yan ürünleri, yumurta akı tozu, yumurta kabuğu tozu, süt tozu, peynir altı suyu proteinleri ve peynir gibi hayvansal materyaller kullanılarak katma değerli ürünlerin geliştirilmesine uygun bir tekniktir. Bu hammadde ve yan ürünlerin tamamı halihazırda kullanılmış olup şişirilmiş atıştırılmalıklar, tahıl ürünleri, tekstüre bitki bazlı et ürünleri vb. üretiminde kullanım potansiyeli yüksek olan ürünlerdir. Bu tür ürünlerin kullanılması, az kullanılan tahılların, çeşitli tahılların ve farklı kaynaklı protein, lif ve nişasta, biyolojik olarak aktif bileşenler, besin açısından önemli mineraller, tatlar ve renkli bitki ve hayvan bazlı maddelerin entegre edilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, bir reaktör görevi gören ekstrüder, geliştirilmiş işlevselliğe sahip çeşitli bileşenlerin, orijinal özelliklerini geliştiren veya büyük ölçüde koruyan hızlı çözünen ve anında hazırlanan preparatların ve kalıptan çekilmiş kapsüllenmiş tatların, vitaminlerin, minerallerin araştırılması ve geliştirilmesinde kullanılabilmektedir (Arora ve ark., 2020; Bamidele ve Emmambux, 2021; Castro ve ark., 2016; Lazou ve Krokida, 2017; Moad, 2011) Ekstrüzyon işlemi bu bileşenlerin mükemmel dağılımını ürünlerin raf ömrünün uzamasını kontrollü ve/veya kontrollü salınım, stabilite, termal koruma ve uygun duyuşal profil gibi özellikler sağlamaktadır. Ayrıca, ekstrüzyon kapsülleme, bazı bileşiklerin çok güçlü tatlara sahip olması nedeniyle tat ve kokuları maskeleyme amacıyla kullanılabilmektedir (Lazou ve Krokida, 2017).

Besleyici, güvenli, sürdürülebilir ve ekonomik gıdalar sağlamak için yeni işleme teknolojilerinin rafine edilmesi, yeniden tasarlanması veya geliştirilmesi esastır. Bu tür iyileştirmeler çeşitli ekstrüzyon prosesleri için gereklidir. Sonuçta ekstrüder içinde malzeme ve ısı taşınması gibi konular, özellikle de birbirine geçen birlikte dönen ekstrüderlerde, sistem karmaşıklığı ve akış davranışını dikkate alarak daha fazla araştırma yapılmasını gerektirmektedir (Cassagnau, Bounor-Legaré ve Vergnes, 2019; Emin 2022; Hyvärinen, Jabeen ve Kärki, 2020). Gıdanın sıvı mekanik ve reolojik özellikleri, hem proses hem de ürün özellikleri ve karakteristikleri ile ilgili ve yeni veya yeni ürün geliştirmede hayati öneme sahip olduğundan bu konularda daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Daha az kullanılan çeşitli malzemelerin çalışmalara entegre edilmesi, çok değişkenli ekstrüzyon prosesini daha karmaşık hale getirmekte ve bu veriler, karmaşık gıda ürünlerinin tasarımına izin verecek şekilde proses ve ürün parametrelerinin seçilmesini kolaylaştırabilmektedir. Proses parametreleri, özellikleri ve ekstrüzyon

koşullarındaki ilerleme, karışımdaki çeşitli biyomoleküllerin reaksiyon kinetiklerinin daha iyi anlaşılmasına ve dolayısıyla daha iyi proses kontrolüne ve ürün tasarımı ve imalatına olanak sağlamaktadır. Ekstrüzyonla üretilen gıdalarda yapı, hem prosesin hem de ürünün bir parçası olduğundan oldukça önemlidir. Yapı, ekstrüzyona tabi tutulan ürünü belirler ve lezzet ve rengin yanı sıra tüketiciler tarafından kabul edilmesinde önemli bir belirleyici olarak değerlendirilmektedir.

## **EKSTRÜZYONLA GIDA İŞLEMENİN GELİŞTİRİLMESİ**

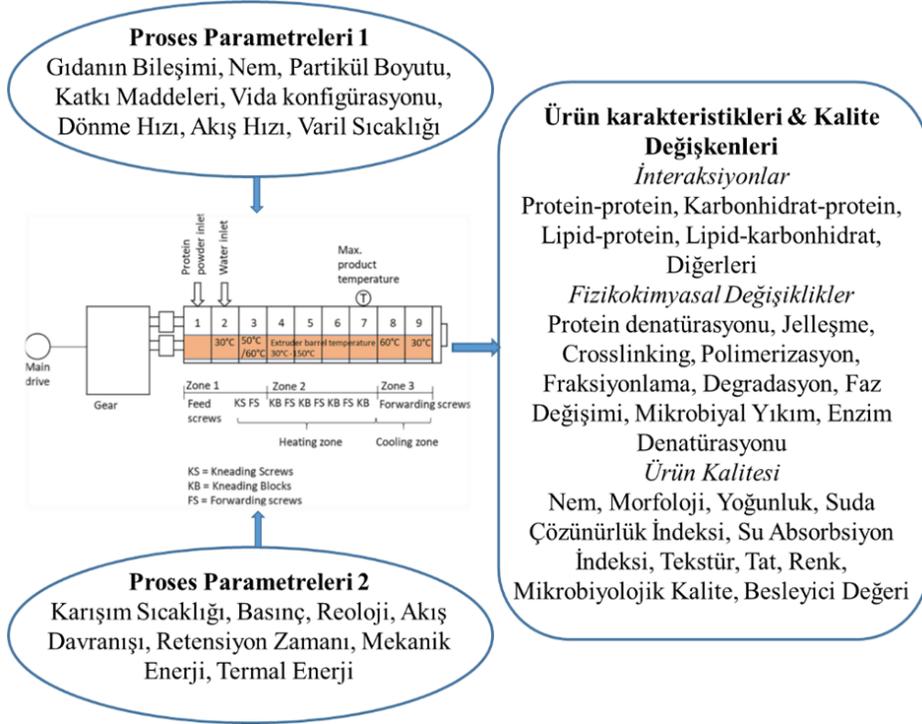
1797 gibi erken bir dönemde, metal alaşımlarının işlenmesi için ilk ekstrüzyon kullanmanın patenti Joseph Bramah tarafından alınmıştır (Backus ve ark., 1984). Gıda ekstrüzyonunun uzun bir geçmişi bulunmaktadır. Her şey 1870'li yıllarda sosis yapımında kullanılan et ekstruderleriyle başlamıştır. 1930'larda, ekstrüde kuru makarna ve kahvaltılık gevreklerin seri üretimi birçok üretici tarafından uygulanmış ve benimsenmiştir. O zamandan bu yana gıda ekstrüzyon teknolojisi, şekerleme, kahvaltılık tahıllar ve yulaf lapası, unlu mamuller, hazır içecekler, et işleme ve daha pek çok gıda işleme endüstrisinde popüler hale gelmiştir (Diamond America, 2018).

## **EKSTRÜZYON İŞLEMİNİN PRENSİBİ**

Ekstrüzyon, çoğunlukla nişasta ve protein bazlı yem ve gıda ürünlerinin hazırlanmasında kullanılan çok yönlü ve etkili bir gıda işleme tekniğidir. Ekstrüzyon, bir madde veya madde karışımının belirli bir şekle sahip bir açıklıktan veya kalıptan zorlandığı bir işlemdir. Gereken itme kuvveti, hareketli bir pistonun basıncı veya bir veya daha fazla taşıma vidasının dönmesi yoluyla mekanik olarak üretilir. Bir başka ifadeyle, ekstrüzyon, erimiş bir maddenin yüksek basınç altında dar bir açıklıktan (kalıp) içinden geçirilmesi, karıştırılması, kesilmesi, yoğrulması, pişirilmesi, sıkıştırılması ve baskılanmasından oluşan kombine bir işlemdir (Fellows, 2009). Kullanılan madde bu açıklıktan ayrılırken basınçtaki ani bir düşüş suyu buhara dönüştürerek maddenin genişlemesini sağlamaktadır. Ekstrüzyona tabi tutulan ürüne genellikle ekstrüdat adı verilmektedir. Ekstrüdatların şekli genellikle kalıbın şeklini yansıtmaktadır. Fiziksel değişikliğin yanı sıra, bu süreçte protein denatürasyonu gerçekleşmekte, lifler çözündürülmekte, nişasta jelatinleştirilmekte ve biyopolimerlerin çapraz bağlanması teşvik edilmektedir. Bu da, maddenin fonksiyonel ve kimyasal özelliklerindeki önemli değişikliklerle açıklamaktadır. Diğer ısı işlem kullanılarak uygulanan gıda işleme yöntemleriyle karşılaştırıldığında ekstrüzyon, gıdaların besin değerinde nispeten küçük bir

kayba neden olmaktadır (Fellows, 2009). Bu nedenle, 20. yüzyıldan beri bu teknik daha çok tahıl bazlı ürünler, atıştırmalıklar, sosisler, makarna ürünleri ve et analoglarının üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Singh, Gamlath ve Wakeling, 2007).

Bir ekstruder, giriş ucunda bir besleyici ve boşaltma ucunda bir kalıpla donatılmış, sıkıca oturan silindirik bir varil içinde dönen bir veya iki vidadan oluşmaktadır. Vida tipine göre ekstruderler tek vidalı ekstruder (SSE) ve çift vidalı ekstruder (TSE) olarak gruplandırılabilir (Fellows, 2009). Doğru ekstruder seçimi şu faktörlere bağlıdır: SSE, TSE'ye göre nispeten daha ucuz ve kullanımı daha basittir. Bununla birlikte, belirli nem ve yağ içeriğine sahip yalnızca dar bir madde aralığı SSE işlemine daha uygundur. TSE, üretilen ürün yelpazesinde daha fazla esneklik ve basınç ve sıcaklık gibi proses parametreleri üzerinde kontrol sağlamaktadır. SSE'den farklı olarak TSE ıslak, viskoz ve toz halindeki ürünleri de işleyebilmektedir. Çok düşük (<%10) ve yüksek nem içeriğine sahip, parçacık boyutu daha küçük ve yağ içeriği daha yüksek olan ürünlerin üretilmesi için uygunluk göstermektedir (Moscicki, 2016). Ancak TSE, SSE'ye göre daha karmaşık bir tasarıma ve daha yüksek sermaye maliyetine sahiptir. Ayrıca, gıda üreticilerinin, yeni ürünler yaratmak ve tüketici, pazar taleplerini karşılamak için formülasyonları ayarlamak amacıyla mevcut süreçleri değiştirmesine, ayarlamasına ve iyileştirmeler yapmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Prabha ve ark., 2021). Şekil 1 'de ekstrüzyon işlemi değişkenleri ve bunların ekstrüde ürün özellikleri ve kalitesi üzerindeki etkileri gösterilmiştir.



Şekil 1: Ekstrüzyon işlemi değişkenleri ve bunların ekstrüde ürün özellikleri ve kalitesi üzerindeki etkileri

## EKSTRÜZYONUN GIDALARDAKİ UYGULAMALARI

### Kahvaltılık Tahıllar

Günümüzde insanlar günlük beslenmelerinde besleyici ve pişirmesi kolay yiyeceklere daha fazla öncelik vermektedirler. Mısır gevreği, yulaf gevreği, müsli ve kaplamalı kahvaltılık gevrekler gibi gevrekler bu gibi nedenlerden dolayı günümüzde oldukça popüler olmuştur. Pişirme süresi kısaldığı için pul pul mısır gevreğini pişirmek daha kolaydır. Yulaf ezmesi toplam gelir payının %15'inden fazlasına katkıda bulunmaktadır, mısır gevreği pazarı gelecekte %8'den fazla bir büyüme oranı ile artmakta ve pirinç gevreği üretiminin 2025 yılı sonuna kadar yaklaşık %4 hacimli paya sahip olacağı tahmin edilmektedir. Kaplamalı kahvaltılık tahıl, ilgi çekici şekilleri ve çikolata, şeker, bal vb. gibi kaplama malzemeleri nedeniyle dünya çapında oldukça popülerdir. Küresel kahvaltılık tahıl pazarı büyüklüğünün 2017'den 2025'e kadar %4,3'lük bir büyüme oranı ile genişleyeceği öngörülmektedir (Özer ve ark., 2004).

## **Atıştırmalık Yiyecekler**

Piyasada çok sayıda atıştırmalık yiyecek çeşidi bulunmaktadır. Cips, patlamış mısır, kızarmış atıştırmalıklar ve cipsler ana atıştırmalık ürünlerdir ancak bisküviler, kuruyemişler ve şekerlemeler diğer atıştırmalık ürünlerdir. Ekstrüde atıştırmalık ürünlerin çoğu pirinç unu, mısır unu, patates gibi nişasta bazlı hammaddelerden üretilmektedir. Ancak besin kalitesini veya bazen duyuusal özelliklerini geliştirmek için nişasta bazlı malzemelere lifler veya proteinler de dahil edilebilmektedir (Chakraborty ve ark., 2011; Chakraborty ve ark., 2009; Özer ve ark., 2004). Küresel olarak ekstrüzyon atıştırmalık pazarının 2019 yılında 48,3 milyar dolar civarında olduğu tahmin edilmektedir.

## **Bebek Mamaları**

Bebekler, en önemlisi besleyici olması gereken, kolayca sindirilebilen yiyeceklere ihtiyaç duymaktadır. Yumuşak, çorbamsı veya kremsi dokuya sahiptir ve hazırlanması, yutulması ve sindirimi kolay olduğundan bebek maması olarak kullanılmaktadır. En yaygın bebek maması, süt veya su ile yeniden sulandırıldığında yutulması için mükemmel dokuya ulaşan, önceden pişirilmiş ürünlerdir. Ekstrüzyon teknolojisi, diğer besin parametrelerini çok fazla etkilemeden nişasta granüllerinin önceden jelatinleştirilmesine olanak bilindiğinden, önceden pişirilmiş un yapmak için ideal bir işlemdir. Yiyeceklerin boyutu ve şekli küçük çocuklar için önemlidir çünkü büyük boyutlu yiyecekler boğulmaya neden olabilir. Ekstrüzyon teknolojisi, farklı şekil ve boyutlarda gıda ürünlerinin geliştirilmesi için özelleştirilmiş bir çözüm sunmaktadır.

## **Et Analogları**

Et analogu, hayvan etine benzer tat, doku ve görünümüne sahip, protein açısından zengin bir gıda ürünüdür. Esas olarak soya bazlı veya gluten bazlı ürünlerden hazırlanmaktadır. Kontrollü bir ısı işlem gerektirdiğinden yağı alınmış soya ununun işlenmesi oldukça zordur. Ekstrüzyon işlemi, son ürüne lifli ve et benzeri dokuyu veren soya proteininin tekstüre edilmesine yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda proteinin çözünürlük derecesini de azaltmaktadır. Et analogunun veya extüre bitkisel proteinin hazırlanması sırasında, lipitlerin (0,2-0,5  $\mu$ ) daha büyük yağ damlalarına dönüştürülmesi, proteinin denatürasyonu, soya hücre duvarının parçalanması, hücre içeriğinin salınması gibi çeşitli fiziksel ve kimyasal değişiklikler meydana gelmektedir, Kuru ekstrüzyon ve nemli ekstrüzyon, et analoglarının üretimi için piyasada mevcut olan iki model olarak bilinmektedir.

## **Hazır makarna ve Noodle**

Makarna ve noodle tüketimi dünyada bölgelere göre farklılık göstermektedir, ancak birçok ülkede günlük beslenmenin bir parçası olarak görülmektedir. Hazır makarna veya noodle, önceden pişirildiği ve tüketilmeden önce kaynar suda rehidrasyon gerektirdiği için gıda pazarında oldukça popülerdir. Soğuk ekstrüzyon ve ardından kurutma ile hazırlanmaktadır. Rafine buğday unu veya irmik, makarna ve noodle hazırlamak için kullanılan geleneksel hammaddeler arasındadır. Ancak ekstrüzyonla pişirmenin kullanılmaya başlaması, ham madde kapsamını pirinç unu, mısır unu, baklagil unu ve bitkisel lifleri kapsayacak şekilde genişletmiştir. Pazar Araştırması'na göre, küresel makarna ve noodle pazarının değeri 2018'de 59,56 milyar dolarken ve 2019'dan 2026'ya kadar %2,94'lük bir artışla 2026 yılına kadar 74,2 milyar dolara ulaşması beklenmektedir.

## **Evcil Hayvan Mamaları**

Genellikle evcil hayvan gıdalarının veya hayvan yemlerinin çoğu pelet formundadır. Pelet oluşumu, ham maddenin ısı işlem ve yüksek nemli besleme materyalinin (>%30) topaklaştırılması yoluyla kimyasal geçişi için yüksek enerji tüketimi (~0,1 kW/kg ürün) gerektirmektedir. Yüksek enerji girdisi nedeniyle, evcil hayvan yemi üretmek için ekstrüzyon-piştirme oldukça yaygın hale gelmiştir. Ayrıca ekstrüzyon-piştirme sırasında hammaddelerin bazı anti-besleyici bileşenleri etkisiz hale gelmekte ve ürünün fonksiyonel özelliklerinde değişiklikler oluşmaktadır. Bu da gıdanın kolay sindirilebilir ve hayvanlar için uygun hale gelmesini sağlamaktadır.

## **EKSTRÜZYONUN BİTKİSEL BAZLI GIDA YAN ÜRÜNLERİNİN BESLENME ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ**

### **Proteinler üzerine olan etkileri**

Ekstrüzyon koşulları, bitkisel kaynaklı proteininin kendine özgü özellikleri üzerinde oldukça önemli bir etki göstermektedir. Bu tekniğin kullanımıyla özellikle mevcut bağların kırıldığı ve diğer besinlerle çapraz bağlantıların olduğu ve yeni bileşiklerin olduğu gözlenmiştir. Proses parametrelerine bağlı olarak ekstrüzyon, protein sindirilebilirliğini bir taraftan iyileştirebilirken diğer taraftan da olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Bazı koşullar altında, özellikle de çok yüksek sıcaklıklarda, ekstrüzyon, proteini denatüre etmekte ve daha önce proteinin kompakt yapısı içinde gizlenmiş olan hidrofobik kalıntıları açığa çıkarmaktadır. Bu, yeni disülfid ve hidrofobik bağların oluşumuyla protein sindirilebilirliği önemli

ölçüde azalmaktadır (Björck ve Asp, 1983). Bunun aksine, çalışmaların çoğunluğu ekstrüzyondan sonra protein sindirilebilirliğinin arttığını göstermiştir (Alonso ve Marzo, 2000; Areas ve ark., 2016). Hidrofobik kalıntılar açığa çıkarken, proteinin denatürasyonu aynı anda enzimatik sindirim için mevcut proteinin daha fazla bir yüzey alanını sağlamaktadır. Alonso ve Marzo (2000), ıslatma ve çimlendirme gibi diğer geleneksel işleme yöntemleriyle karşılaştırıldığında, ekstrüde bakla ve barbunya fasulyesinde en yüksek protein sindirilebilirlik oranının oluştuğunu gözlemlemişlerdir. Bu durum da protein sindirilebilirliğinin, ekstrüzyonun işlem parametrelerinden etkilendiğini göstermektedir. Zhang ve ark., (2017), ekstrüde kanola küspesinde yem nem oranı %30 seviyesini aştığında küspenin önemli ölçüde daha yüksek bir sindirilebilirlik oranına sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, ekstrüzyonun, besin biyoyararlanımını sınırlayan fitat ve proteaz inhibitörleri gibi besleyici olmayan bileşikleri etkisiz hale getirdiği görülmüştür.

Yapılan amino asit analizi sonucunda lizin, sistein ve arginin'in ekstrüzyon sırasında en kararsız amino asitler olduğu gösterilmiştir (Björck & Asp, 1983). Kullanılan proses koşulları, özellikle sıcaklık ve besleme nemi, amino asitlerin tutulması üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Singh ve ark. (2007), minimum lizin kaybınının >%15 nem içeriğinde ve daha düşük sıcaklıkta (<180°C) gerçekleştiğini saptamışlardır. Ekstrüzyonda kullanılan yüksek sıcaklığın, indirgeyici bir şeker ile lizinin  $\epsilon$ -amino grubu da dahil olmak üzere bir amino asit amino grubu arasındaki kimyasal reaksiyon olan Maillard reaksiyonunu katalize ettiğini, dolayısıyla lizin kaybını arttırdığı saptanmıştır.

Ekstrüzyon işlemi aynı zamanda kovalent olmayan etkileşimlere, kovalent çapraz bağlanmaya ve makro besinler arasındaki etkileşimlere de yol açmaktadır. Bu etkileşimler, ekstrüde edilmiş proteinin fonksiyonel özelliklerini etkileyebilmektedir. Alonso ve ark., (2000)'na göre ekstrüzyon, disülfid bağlarının ve kovalent olmayan etkileşimlerin oluşumunu teşvik ederek, ekstrüde edilen bezelye ve barbunya fasulyesinde protein çözünürlüğünün azalmasına neden olmaktadır. Benzer şekilde Beck, Knoerzer ve Arcot (2017), kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında düşük besleme nem içeriğinde bezelye proteini konsantrisinde çözünürlüğünün olumsuz olarak etkilendiğini gözlemlemiştir. Ayrıca, sıcaklık ve kayma geriliminin çözünürlük üzerinde besleme neminden daha fazla bir etkiye sahip olduğunu saptamışlardır. Protein denatürasyonu sırasında, yüzey hidrofobisindeki değişimler, proteinin toplanıp daha yüksek su tutma kapasitesine ve daha düşük çözünürlüğe sahip üç boyutlu bir yapı oluşturmaya izin vermektedir. Protein çözünürlüğü, arayüzeydeki protein difüzyonunu hızlandırarak, arayüzey gerilimini düşürmekte ve bitki proteininin emülsifiye edici

özelliklerinde rol oynamaktadır (Panyam ve Kilara, 1996). Çözünürlük sıklıkla emülsifiye etme kapasitesi ile ilişkili olsa da, ekstrüzyonun bazı fasulye proteinin moleküler yapısını yeniden düzenlediği ve böylece emülsiyonları stabilize etme yeteneğini geliştirdiğini göstermiştir (Beck ve ark., 2017; Silva ve ark., 2010)

### **Yağlar üzerine olan etkileri**

Yağlar, mekanik ve ısı enerjisini aktarmak için gereken sürtünmeyi azalttığından, gıda formülasyonlarının ekstrüzyonunda genellikle düşük oranlarda kullanılmaktadır. Diğer durumlarda yağ, plastikleştirici görevi görebilmekte ve bazı ürünlerde gerekli olan yapışkan dokuyu sağlayabilmektedir. Birçok çalışmada, ekstrüzyonun gıdaların yağ içeriğini azaltma üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Tumuluru ve ark., (2013), balık ve pirinç unu ekstrüdatlarında daha düşük besleme nemi ve daha yüksek sıcaklığı daha yüksek derecede yağ kaybıyla ilişkilendirmiştir. Diğer taraftan, hamur nemi ile yağ kaybı %26'dan %30'a yükselirken, yağlı küspenin ekstrüzyonunda %30'dan %36'ya düşme eğilimi görülmüştür (de Pilli ve ark., 2005). Bu çelişkili eğilimlerin ardındaki neden belirsizdir, ancak bu durumun diğer proses parametreleri ve karışımın viskozitesi ile ilgili olabileceği öne sürülmektedir. Her iki parametre de anlamlı olmasına karşın Sandrin ve ark., (2018), yulaf ve pirinç ununun ekstrüzyonundaki yağ kaybını açıklamada vida hızının sıcaklıktan daha kritik faktör olduğunu öne sürmüşlerdir.

### **Nişasta üzerine olan etkileri**

Meyve ve sebze yan ürünleri tipik olarak oldukça düşük nişasta içeriğine sahiptir. Bununla birlikte, ekstrüde edilmiş atıştırmalıkların çoğu, ekstrüde edilmiş gıda ürünü formülasyonlarında hâlâ ana bileşen olarak nişastaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da, nişastanın iyi genişletilmiş ve gevrek bir ürün dokusuna sağladığı katkıdan dolayıdır. Ekstrüzyon sırasında nişasta, en önemlisi jelatinizasyon, depolimerizasyon ve dekstrinizasyon olmak üzere bazı önemli değişikliklere uğramaktadır. Ekstrüzyonda kullanılan yüksek sıcaklık, nişastanın kristal yapısını bozar ve moleküller arası hidrojen bağlarını kırar.

Böylece hidrojen bağlama bölgelerinin daha yüksek varlığı amiloz moleküllerinin dışarı atılmasıyla nişasta granüllerinin nemi emmesine ve şişmesine olanak tanımaktadır (Wang ve ark., 2017). Kalıptaki basınç aniden düştüğünde suyun buharlaşması, ekstrüde gıda ürünlerinde arzu edilen genleşme ve gaz tutma özelliğini sağlamaktadır. Nişasta dönüşümünün boyutu, ekstrüzyon sırasında uygulanan varil sıcaklığı ve besleme neminden etkilenmektedir. de la Rosa-Millan

ve ark., (2019), artan sıcaklıkla birlikte daha fazla oranda nişastanın deforme olduğunu bildirmişlerdir. Termoplastik ekstrüzyon sırasındaki ısıl işlem, nişasta granül bütünlüğünü yüksek derecede düzenli kristalden düzensiz amorf duruma dönüştürmektedir. Ayrıca, nişastanın dekstrinlere ve pirodekstrinlere hidrolizi ve yeniden polimerizasyonunu içeren bir süreç olan dekstrinizasyon, düşük besleme nemi ve yüksek kayma gerilimi koşulları altında gerçekleşebilmektedir (Lai ve Kokini, 1991).

### **Fiber üzerine etkisi**

Lif, çoğu bitkisel gıda yan ürününde, özellikle de posa ve tohum kabuğu grubundaki önemli bir bileşendir. İnsanlarda diyet lifi alımı, kardiyovasküler hastalıklar ve kolorektal kanser riskinin azalmasıyla ilişkilendirilmiştir (Aune ve ark., 2011; Threapleton ve ark., 2013). Ekstrüzyonla pişirmenin toplam diyet lifi (TDF) içeriği üzerindeki etkilerine ilişkin saptanan bulguların oldukça çelişkili olduğu tespit edilmiştir. Camire ve ark., (1997), ekstrüde edilmiş patates kabuğunun TDF'sinde önemsiz bir fark gösterdiğini saptamışlardır. Vasanthan ve ark., (2002) tarafından yapılan bir başka çalışmada, arpa ununun ekstrüzyonundan sonra TDF'nin önemli ölçüde daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Buna karşın, Arribas ve ark. (2017), bezelye ve pirinç unundan elde edilen glutensiz atıştırmalıkların ekstrüzyonundan sonra toplam lif içeriğinde bir azalma olduğunu göstermişlerdir.

Ekstrüzyon sırasında uygulanan sıcaklık değişimi, nem ve kesme, diyet lifinin miktarını ve oranını önemli ölçüde etkilemektedir (Garcia-Amezquita ve ark., 2018). Rashid ve ark., (2015), daha yüksek sıcaklık ve vida hızının, ekstrüdat içeren buğday kepeğinin TDF içeriğinin artmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu, depolama sırasında daha yüksek çözünür diyet lifi (SDF) içeriği ve dirençli nişastanın (retrograd amiloz: RS3) oluşmasıyla açıklanabilir. Ekstrüzyon, dallanmış, amilaza dirençli glukanlar oluşturmak için bir transglükosilasyon mekanizmasında (glikosidik bağların oluşumu) nişasta ile reaksiyona girebilen, dolayısıyla daha yüksek SDF içeriğine katkıda bulunabilen bileşiklerin oluşumunu indüklemektedir (Vasanthan ve ark., 2002).

Ekstüde edilen fiberin çözünürlüğü ve yapısındaki değişiklikler fonksiyonel özelliklerini de değiştirmektedir. Su tutma kapasitesi (WHC) genellikle lif ve su arasındaki etkileşimleri belirlemek için kullanılmaktadır. Huang ve Ma (2016), ekstrüde edilmemiş portakal posası ile karşılaştırıldığında, ekstrüzyon sonrasında WHC'nin %85'e kadar daha arttığını bildirmişlerdir. Daha yüksek WHC, pektin polisakaritlerinin artan çözünür diyet lifinin (SDF) oranıyla ilgili bağlantılı olduğu belirtilmiştir. Ancak bezelye kabuklarında ekstrüzyon sonrasında WHC ve şişme

özelliğinde önemli bir azalma olduğu gözlenmiştir. Ralet ve ark., (1993), bazı gövdelerdeki hücre duvarlarının ısı işleme karşı daha yüksek dirence sahip olduğu sonucuna varmıştır. Benzer şekilde Zhong ve ark., (2019), artan SDF'ye rağmen ekstrüzyonlu acı bakla tohum kabuğunda daha düşük WHC kaydetmişlerdir. Redgwell ve ark., (2011), ışık mikroskobu kullanarak, ekstrüde edilmiş narenciye lifinde hücre boyutunda bir küçülme ve daha yüksek duvar yoğunluğu gözlemlenmiştir, bu da onun suyu emme ve tutma yeteneğini bozmaktadır.

### **Vitamin ve Mineraller üzerine etkileri**

Ekstrüzyonun vitamin ve mineraller üzerindeki etkileri, kimyasal yapılarının çok çeşitli olması nedeniyle farklılık göstermektedir. A ve E vitaminleri, D ve K vitaminlerine göre yağda çözünen vitaminler arasında en az stabil olanlardır (Brennan ve ark., 2011). Bu durum düşük nem ve yüksek sıcaklık koşullarının, ekstrüzyon sırasında askorbik asidin bozunmasını hızlandığını göstermektedir. Dar, Sharma ve Kumar (2014) havuç posası bazlı ekstrüdatlar üzerinde çalışmışlar ve varil sıcaklığının 110°C'den 140°C'ye çıkardıktan sonra  $\beta$ -karoten ve C vitamini içeriğinde önemli bir azalma olduğunu saptamışlardır. C vitaminine benzer şekilde, ekstrüzyonla pişirme, karabuğday tanesinin toplam E vitamini içeriğinde yaklaşık %63'lük bir azalmaya neden olduğunu bildirilmiş ve bunun ise büyük ölçüde  $\gamma$ -tokoferol kaybından kaynaklandığını vurgulanmıştır (Zielinski ve ark., 2006).

Çoğu gıda işleme koşulunda stabilitesi nedeniyle ekstrüzyonun mineraller üzerindeki etkilerini inceleyen az sayıda çalışma bulunmaktadır. Manthey ve Hall (2007), karabuğday kepeği unu ilave edilen spagettelerde, ekstrüzyonun mineral içeriği üzerinde önemli bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Alonso ve ark., (2001), ekstrüde bezelye ve barbunya çekirdeklerinin mineral bileşiminde demir dışında herhangi bir farklılık göstermemiştir. Artan demir içeriğinin vidanın metalik parçalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sıcaklıkla karşılaştırıldığında, yüksek besleme neminin demir bozunması üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğu görülmektedir (Makowska ve ark., 2018)

### **Fenolik Bileşikler üzerine etkileri**

Basit fasulyelerin mısır nişastası karışımıyla ekstrüzyonunun, toplam fenolü ve ekstrüde edilmiş atıştırmalıkların antioksidan potansiyelini arttırdığı rapor edilmiştir (Anton ve ark., 2009). Mısır nişastası ve lacivert/kırmızı fasulye karışımlarından elde edilen ekstrüde atıştırmalıkların toplam fenolik içeriğinde ve antioksidan aktivitesinde önemli bir artış gözlemlenmiştir. Kırmızı fasulye

çeşitlerinden hazırlanan atıştırılmalıklarda, lacivert fasulyeye göre önemli ölçüde daha yüksek toplam fenolik bileşik olduğu saptanmıştır. Bu artışın normal olduğu düşünülmektedir çünkü renkli kuru fasulyelerin in vitro olarak güçlü antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Anton ve ark., 2009; Beninger ve Hosfield, 2003; Madhujith ve Shahidi, 2005). Basit fasulyelerdeki antioksidan aktivitenin temel olarak fasulye tohumu kabuğunun renginden de sorumlu olan polifenolik bileşiklerin varlığından kaynaklandığı bilinmektedir. Dlamini ve ark. (2007), ekstrüzyonla pişirmenin hem bütün hem de kabuğu soyulmuş sorgum tanelerinin toplam fenollerini, tanen içeriği ve antioksidan aktivitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Ekstrüzyonla pişirmenin hem bütün hem de kabuğu soyulmuş sorgumlar için toplam fenollerini ve tanenleri önemli ölçüde azalttığını gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, esas olarak fenollerini azaltan perikarp ve testa'nın çıkarılmasından dolayı, bütün sorgumda, kabuğu soyulmuş sorgum tanelerine kıyasla önemli ölçüde daha yüksek bir fenolik madde içeriği saptamışlardır. Bu nedenle, tam fasulye ununun ekstrüzyonla pişirilmesi, ürünlerin duyuşal açıdan kabul edilebilirliğe sahip olması koşuluyla daha yüksek düzeyde polifenol içeren ürünler elde etmek açısından avantajlı bir tekniktir.

Bazı çalışmalarda tahılların ve antosiyanin açısından zengin meyvelerin ekstrüzyonla pişirilmesi araştırılmıştır. Buradaki amaç sağlıklı ekstrüde gıda ürünleri elde etmeyi ve doğal gıda renklendiricilerine yönelik tüketici talebini göz önünde bulundurarak ürünlerin pazarlanabilirliği arttırmaktır (Gerdes, 2004). Ekstrüzyon ürünlerine mavi meyve ve üzüm suyu konsantresi, meyve tozlarının (yaban mersini, kıvılcık, Concord üzümü ve ahududu) ilave edildiği rapor edilmiştir (Camire ve ark., 2002; Camire ve ark., 2007; Chaovanalikit ve ark., 2003). Ekstrüzyonla pişirme sırasında antosiyaninlerin büyük ölçüde kayba uğradığı bildirilmiştir. Bunun nedeni ise esas olarak kullanılan yüksek sıcaklık olduğu ve antosiyaninlerin yüksek sıcaklığa oldukça duyarlı olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Ekstrüzyon sırasında toplam antosiyanin içeriğinin azaldığı ancak gıda matriksinin bozulmasıyla biyolojik olarak önemli monomer ve dimerlerde artışlar olduğu bildirilmektedir (Khanal ve ark., 2009; Khanal, Howard ve Prior, 2009).

## **EKSTRÜZYONUN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI**

Ekstrüzyon işlemi, çeşitli gıdalar için enerji açısından en verimli ve çevre dostu işlemlerden biri olarak popülerlik kazanmaya devam etmektedir (Filli ve ark., 2014; Backus ve ark., 1984; Diamond America, 2018; Deenanath ve Egal, 2017).

Ekstrüzyonla pişirme, yüksek üretkenliğe sahip sürekli işlemden dolayı tercih edilen en önemli gıda işleme tekniklerinden birisidir. Bu yöntem ile hem zararlı mikrobiyal organizmalar hem de anti-besin enzimlerini yok edilirken yüksek sıcaklık ve kısa süreli pişirme süresi, daha uzun raf ömrüne sahip, besin değerini koruyan ürünlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Riaz, 2000; Filli ve ark., 2014). Ayrıca, besleyici gıdalar, yetersiz beslenmeye yönelik toplumsal ihtiyaçları karşılamak için ekstrüzyon yoluyla tasarlanabilmektedir (Filli ve ark., 2014). Ekstrüzyonla gıda işlemenin dezavantajları arasında maliyetli bir ilk yatırım ve zararlı madde oluşumunu önlemek için nem içeriği, besleme parçacık boyutu, besleme hızı, vida hızı, sıcaklık, vida konfigürasyonu ve kalıp şekli gibi proses parametrelerinin dikkatli seçilmesi gelmektedir (Filli ve ark., 2014). Başlangıçtaki finansman dışında, en büyük dezavantaj, kısa eğitim kursları yoluyla elde edilebilecek tamamen teknik bilgi birikimidir. Bu nedenle, ekstrüzyonla gıda işlemenin avantajları, dezavantajlarından çok daha ağır basmaktadır.

## **SONUÇ**

Ekstrüzyon prosesi, çeşitli ham maddelerin işlenmesi için yararlı bir yöntemdir ve alışılmamış, az kullanılan besin kaynaklarının ve gıda işleme atıklarının gıda sistemlerine entegre edilebileceği faydalı bir tekniktir. Az kullanılan tahıllar ve düşük ekonomik veya işleme değeri olan gıda ürünleri tüketici pazarlarına başarılı bir şekilde entegre edilmiştir. Ekstrüzyon, hammaddelerin özelliklerini değiştirmek ve özel niteliklere sahip ürünler üretmek için oldukça popüler bir teknik olmayı sürdürmekte ve bu şekilde gıda matrisi ve ekstruder çalışma koşulları, son ürünün kalitesinde önemli rol oynamaktadır.

Ekstrüzyon ürünleri, gıda endüstrisinin en hızlı büyüyen segmentlerinden biridir ve yıllardır yeni ve yaratıcı ürünler üretmenin temeli olmuştur. Ekstrüzyon pişirme, ucuz hammaddelerden minimum işlem süresiyle çok çeşitli son ürünler üretimini sağlamaktadır. Ekstrüderler, kaliteyi koruyan, yüksek üretkenliği ve düşük maliyeti destekleyen koşullar altında gıda ürünlerini pişirmek, şekillendirmek, karıştırmak, tekstüre etmek ve şekillendirmek için kullanılabilir. Ekstrüzyon prosesi sırasında fiziksel ve besinsel düzeyde görülen değişikliklere öncelikli vurgu yapılmış, çeşitli ürünlerin ve atık yan ürünlerin, bir besin ürünü üretmek için verimli bir şekilde nasıl kullanılabileceğine dair açık bilgi sağlanmıştır. Gelecekte, kullanılan hammaddelerin doğasına daha az bağımlı olan gelişmiş ekstrüzyon teknolojisinin geliştirilmesi alanında araştırmalara ağırlık verilmelidir. Ayrıca, sağlıklı ekstrüzyon ürünleri üretmek

için gelecekte ekstrüzyonda katma değer ve yan ürün atıklarının kullanımı teşvik edilmelidir. Ekstrüzyonla pişirme, gelecekte en önemli gıda işleme teknolojisi olma potansiyeline sahiptir.

## **KAYNAKÇA**

- Alonso, R., & Marzo, A. A. F. 2000. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chemistry*, 68, 159–165.
- Alonso, R., Orue, E., Zabalza, M. J., Grant, G., & Marzo, F. 2000. Effect of extrusion cooking on structure and functional properties of pea and kidney bean proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 397–403.
- Alonso, R., Rubio, L. A., Muzquiz, M., & Marzo, F. 2001. The effect of extrusion cooking on mineral bioavailability in pea and kidney bean seed meals. *Animal Feed Science and Technology*, 94, 1–13.
- Anton, A. A., Fulcher, R. G., & Arntfield, S. D. 2009. Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: effects of bean addition and extrusion cooking. *Food Chemistry*, 113(4), 989–996.
- Areas, J. A. G., Rocha-Olivieri, C. M., Marques, M. R. 2016. Extrusion cooking: Chemical and nutritional changes. In B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldra (eds.), *Encyclopedia of food and health* (pp. 569–575). Cambridge, MA: Academic Press.
- Arora, B., Yoon, A., Sriram, M., Singha, P., Rizvi, S. S. H. 2020. Reactive extrusion: A review of the physicochemical changes in food systems. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 64: 102429
- Arribas, C., Cabellos, B., Sanchez, C., Cuadrado, C., Guillamon, E., Pedrosa, M. M. 2017. The impact of extrusion on the nutritional composition, dietary fiber and in vitro digestibility of gluten-free snacks based on rice, pea and carob flour blends. *Food & Function*, 18, 3654–3663
- Aune, D., Chan, D. S.M., Lau, R., Vieira, R., Greenwood, D. C., Kampman, E., Norat, T. 2011. Dietary fibre, whole grains, and risk of colorectal cancer: Systematic review and dose-response metaanalysis of prospective studies. *British Medical Journal*, 343, 6617–6637.
- Backus R. G., Boshold R. F., Johannisson T. G. 1984. Drawing, extruding and upsetting. In: Wick C, Benedict J. T., Veilleux R. F., editors. *Tool and manufacturing engineering handbook*, vol 2. 4th ed. Dearborn, MI: Society of Manufacturing Engineers; p. 11–13.
- Bairagi, S., Mishra, A. K., Mottaleb, K. A. 2022. Impacts of the covid-19 pandemic on food prices: Evidence from storable and perishable commodities in india. *PloS One* 17 (3): e0264355
- Bamidele, O. P., Emmambux, M. N. 2021. Encapsulation of bioactive compounds by “extrusion” technologies: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 61 (18): 3100–3118.
- Beck, S. M., Knoerzer, K., Arcot, J. 2017. Effect of low moisture extrusion on a pea protein isolate’s expansion, solubility, molecular weight distribution and secondary structure as determined by Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). *Journal of Food Engineering*, 214, 166–174.

- Beckman, J., Baquedano, F., Countryman, A. 2021. The impacts of Covid-19 on gdp, food prices, and food security. *Q Open* 1 (1): qoab005.
- Beninger, C. W., Hosfield, G. L. 2003. Antioxidant activity of extracts, condensed tannin fractions, and pure flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. Seed coat color genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(27), 7879-7883
- Bjorck, I., Asp, N. G. 1983. The effects of extrusion cooking on nutritional value—A literature review. *Journal of Food Engineering*, 2, 281–308.
- Brennan, C., Brennan, M., Derbyshire, E., & Tiwari, B. K. 2011. Effects of extrusion on the polyphenols, vitamins and antioxidant activity of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 22, 570–575.
- Camire, M. E., Chaovanalikit, A., Dougherty, M. P., & Briggs, J. L. 2002. Blueberry and grape anthocyanins as breakfast cereal colorants. *Journal of Food Science*, 67(1), 438-441
- Camire, M. E., Dougherty, M. P., & Briggs, J. L. 2007. Functionality of fruit powders in extruded corn breakfast cereals. *Food Chemistry*, 101(2), 765-770.
- Camire, M. E., Violette, D., Dougherty, M. P., McLaughlin, M. A. 1997. Potato peel dietary fiber composition: Effects of peeling and extrusion cooking processes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 1404–1408.
- Cassagnau, P., Bounor-Legare, V., Vergnes, B. 2019. Experimental and modelling aspects of the reactive extrusion process. *Mechanics & Industry* 20 (8):8: 803.
- Castro, N., Durrieu, V., Raynaud, C., Rouilly, A., Rigal, L., Quillet, C. 2016. Melt extrusion encapsulation of flavors: A review. *Polymer Reviews* 56 (1):1: 137–186.
- Chakraborty, S. K., Kumbhar, B. K., Chakraborty, S., & Yadav, P., 2011. Influence of processing parameters on textural characteristics and overall acceptability of millet enriched biscuits using response surface methodology. *Journal of Food Science and Technology*, 48(2), 167–174
- Chakraborty, S. K., Singh, D. S., & Chakraborty, S., 2009. Extrusion: A novel technology for manufacture of nutritious snack foods. *Journal of Beverage and Food World*, 42, 23–26.
- Chaovanalikit, A., Dougherty, M. P., Camire, M. E., Briggs, J. 2003. Ascorbic acid fortification reduces anthocyanins in extruded blueberry-corn cereals. *Journal of Food Science*, 68(6), 2136-2140
- Dar, A. H., Sharma, H. K., & Kumar, N. 2014. Effect of extrusion temperature on the microstructure, textural and functional attributes of carrot pomace-based extrudates. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38, 212–222
- de la Rosa-Millan, J., Heredia-Olea, E., Perez-Carrillo, E., Guajardo-Flores, D., Serna-Saldivar, S. O. 2019. Effect of decortication, germination and extrusion on physicochemical and in vitro protein and starch digestion characteristics of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 102, 330–337
- de Pilli, T., Giuliani, R., Carbone, B. F., Derossi, A., Severini, C. 2005. Study on different emulsifiers to retain fatty fraction during extrusion of fatty flours. *Cereal Chemistry*, 82, 494–498
- Di Crosta, A., Ceccato, I., Marchetti, D., La Malva, P., Maiella, R., Cannito, L., Cipi, M., Mammarella, N., Palumbo, R., Verrocchio, M. C. et al. 2021. Psychological factors and consumer behavior during the covid-19 pandemic. *PloS One* 16 (8): e0256095
- Diamond America. Food extrusion equipment. [cited 2018 June 1]. Available from: <http://daextrusion.com/applications/food-extruders/>

- Dlamini, N. R., Taylor, J. R. N., & Rooney, L. W. 2007. The effect of sorghum type and processing on the antioxidant properties of african sorghum-based foods. *Food Chemistry*, 105(4), 1412-1419.
- Emin, M. A. 2022. 7 – key technological advances of extrusion processing. In *Food engineering innovations across the food supply chain*, edited by P. Juliano, R. Buckow, M. H. Nguyen, K. Knoerzer, and J. Sellahewa, 131–48. Cambridge, Massachusetts: Academic Press
- Fellows, P. J. 2009. *Food processing technology: Principles and practice* (3rd ed.). Boca Raton, FL: Woodhead Publishing
- Fellows, P. J. 2009. *Food processing technology: Principles and practice* (3rd ed.). Boca Raton, FL: Woodhead Publishing
- Galanakis, C. M., M. Rizou, T. M. S. Aldawoud, I. Ucak, and N. J. Rowan. 2021. Innovations and technology disruptions in the food sector within the covid-19 pandemic and post-lockdown era. *Trends in Food Science & Technology* 110: 193–200
- Garcia-Amezquita, L. E., Tejada-Ortigoza, V., Serna-Saldivar, S. O., Welti-Chanes, J. (2018). Dietary fiber concentrates from fruit and vegetable by-products: Processing, modification, and application as functional ingredients. *Food and Bioprocess Technology*, 11, 1439–1463.
- Gu, B.-Y., Kowalski, R. J., Ganjyal, G. M. 2017. *Food extrusion processing: An overview*
- Häusling, M., B. Biteau, S. Wiener, P. Holmgren, T. Metz, and F. Guerreiro. 2022. Motion for a resolution on the need for urgent eu action to ensure food security in light of russian aggression against ukraine, and a long-term action plan on developing eu food autonomy (2022/2593(rsp)). European parliament.
- Huang, Y. L., & Ma, Y. S. 2016. The effect of extrusion processing on the physicochemical properties of extruded orange pomace. *Food Chemistry*, 192, 363–369
- Hyvärinen, M., Jabeen, R., Kärki, T. 2020. The modelling of extrusion processes for polymers-a review. *Polymers* 12 (6): 1306
- Khanal, R. C., Howard, L. R., Brownmiller, C. R., Prior, R. L. 2009. Influence of extrusion processing on procyanidin composition and total anthocyanin contents of blueberry pomace. *Journal of Food Science*, 74(2), H52-H58
- Khanal, R., Howard, L., Prior, R. 2009. Procyanidin content of grape seed and pomace, and total anthocyanin content of grape pomace as affected by extrusion processing. *Journal of Food Science*, 74(6), H174-H182
- Lai, L. S., Kokini, J. L. 1991. Physicochemical changes and rheological properties of starch during extrusion (a review). *Biotechnology Progress*, 7, 251–266
- Lazou, A, Krokida, M. K. 2017. Extrusion for microencapsulation. In *Thermal and non-thermal encapsulation methods*, 1st ed., edited by M. K. Krokida, 137–71. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Madhujith, T., & Shahidi, F. 2005. Antioxidant potential of pea beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science*, 70(1), S85-S90
- Makowska, A., Mildner-Szkudlarz, S., Obuchowski, W. 2013. Effect of brewer's spent grain addition on properties of corn extrudates with an increased dietary fibre content. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63, 19–24.
- Manthey, F. A., & Hall, C. A. 2007. Effect of processing and cooking on the content of minerals and protein in pasta containing buckwheat bran flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2026–2033.

- Moad, G. 2011. Chemical modification of starch by reactive extrusion. *Progress in Polymer Science* 36 (2):2: 218–237.
- Moscicki, L. 2016. Extrusion cooking: Principles and practice. In B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldra (eds.), *Encyclopedia of food and health* (pp. 576–580). Cambridge, MA: Academic Press.
- Özer, E. A., İbanoğlu, Ş., Ainsworth, P., & Yağmur, C. 2004. Expansion characteristics of a nutritious extruded snack food using response surface methodology. *European Food Research and Technology*, 218(5), 474–479.
- Panyam, D., Kilara, A. 1996. Enhancing the functionality of food proteins by enzymatic modification. *Trends in Food Science & Technology*, 7, 120–125.
- Prabha, K. P., Ghosh, A. S., Joseph, R. M., Krishnan, R., Rana, S. S., Pradhan. R. C. 2021. Recent development, challenges, and prospects of extrusion technology. *Future Foods* 3: 100019.
- Ralet, M. C., Valle, G. D., & Thibault, J. F. 1993. Raw and extruded fibre from pea hulls. Part I: Composition and physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, 20, 17–23
- Rashid, S., Rakha, A., Anjum, F. M., Ahmed, W., Sohail, M. 2015. Effects of extrusion cooking on the dietary fibre content and Water Solubility Index of wheat bran extrudates. *International Journal of Food Science & Technology*, 50, 1533–1537.
- Redgwell, R. J., Curti, D., Robin, F., Donato, L., & Pineau, N. 2011. Extrusion-induced changes to the chemical profile and viscosity generating properties of citrus fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 8272–8279
- Riaz, M. N. 2019. Food Extruders. In *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering*, 3rd ed., edited by Kutz, M.
- Sandrin, R., Caon, T., Zibetti, A.W., & de Francisco, A. 2018. Effect of extrusion temperature and screw speed on properties of oat and rice flour extrudates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 3427–3436.
- Sarka, E., Slukova, M., Smrckova, P. 2020. New food compositions to increase the content of phenolic compounds in extrudates. *Czech Journal of Food Sciences* 38 ( 6): 347–358.
- Silva, A. C. C., Areas, E. P. G., Silva, M. A., & Areas, J. A. G. 2010. Effects of extrusion on the emulsifying properties of rumen and soy protein. *Food Biophysics*, 5, 94–102
- Singh, S., Gamlath, S., & Wakeling, L. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: A review. *International Journal of Food Science & Technology*, 42, 916–929.
- Threapleton, D. E., Greenwood, D. C., Evans, C. E. L., Cleghorn, C. L., Nykjaer, C., Woodhead, C., Burley, V. J. 2013. Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: Systematic review and meta-analysis. *British Medical Journal*, 347, 6879–6991.
- Tumuluru, J. S., Sokhansanj, S., Bandyopadhyay, S., Bawa, A. S. 2013. Changes in moisture, protein, and fat content of fish and rice flour coextrudates during single-screw extrusion cooking. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 403–415
- Vasanthan, T., Gaosong, J., Yeung, J., & Li, J. 2002. Dietary fiber profile of barley flour as affected by extrusion cooking. *Food Chemistry*, 77, 35–40.
- Wang, P., Fu, Y., Wang, L., Saleh, A. S. M., Cao, H., & Xiao, Z. (2017). Effect of enrichment with stabilized rice bran and extrusion process on gelatinization and retrogradation properties of rice starch. *Starch/Staerke*, 69, 1600201.

- Zhang, B., Liu, G., Ying, D., Sanguansri, L., & Augustin, M. A. 2017. Effect of extrusion conditions on the physico-chemical properties and in vitro protein digestibility of canola meal. *Food Research International*, 100, 658–664
- Zhong, L., Fang, Z., Wahlqvist, M. L., Hodgson, J. M., & Johnson, S. K. 2019. Extrusion cooking increases soluble dietary fibre of lupin seed coat. *LWT – Food Science and Technology*, 99, 547–554
- Zielinski, H., Michalska, A., Piskula, M. K., Kozłowska, H. 2006. Antioxidants in thermally treated buckwheat groats. *Molecular Nutrition & Food Research*, 50, 824–832



# İndeks

## A

akuakültür 52, 59, 91  
akvaryum balıkları 11, 13, 14, 35  
antimikrobiyal 95, 101, 105, 113, 118,  
119, 123, 145, 240  
asit silaj 156

## B

bakteriyosin 98, 101, 115, 119, 120, 145  
balıkçılık 48, 53, 64, 82, 91, 92, 139, 160,  
181, 189, 207, 214, 222  
balık silajı 140, 150, 154, 160, 161, 162  
bitki büyümesini teşvik eden fungi 238,  
239, 241, 243, 245, 246  
bitki gelişimi 161  
bitki gübresi 161  
biyoaktif bileşikler 116, 123  
biyokontrol 240, 241, 244

## D

deniz ürünleri 115, 119, 161

## F

fermentasyon 103, 114, 116, 117, 118, 146  
fermente silaj 143, 154, 157

## G

gıda bileşenleri 95, 97

## I

ikincil metabolitler 113, 122, 240, 241

## L

laktik asit bakterisi 99, 119, 143

## M

meteoroloji 75

## N

nutrasötik 113, 114, 122, 127, 128

## O

organik asitler 96, 97, 99, 100, 115, 123,  
124, 125, 144, 242

## P

postbiyotik 95, 96, 103, 104, 105, 106  
probiyotik 95, 97, 101, 102, 103, 104, 105

## S

su ürünleri yetiştiriciliği 48, 49, 55, 59,  
87, 88, 89, 139, 151, 152, 179

## U

üreme biyolojisi 11  
uydu 75, 80, 85, 88, 191  
uzaktan algılama 75, 79, 81, 85, 88, 89, 91

## V

veri işleme 75, 76, 80, 81, 83