

ÇİFT KABUKLU YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TEMEL KONULAR

EDİTÖRLER

Serpil SERDAR - Şükrü YILDIRIM

Deniz ÇOBAN



ÇİFT KABUKLU YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TEMEL KONULAR

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Serpil SERDAR

Doç. Dr. Şükrü YILDIRIM

Prof. Dr. Deniz ÇOBAN

YAZARLAR

Prof. Dr. Aslı CADUN YÜNLÜ

Prof. Dr. Aslı KAÇAR

Prof. Dr. Deniz ÇOBAN

Prof. Dr. Esin ULUTURHAN SUZER

Doç. Dr. Fatma SABANCI

Doç. Dr. Mehmet GÜLER

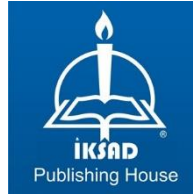
Doç. Dr. Serpil SERDAR

Doç. Dr. Şükrü YILDIRIM

Dr. Mehmet Ali Turan KOÇER

Burcu OMUZZBÜKEN

Serkan ERKAN



Copyright © 2021 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced,
distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or
mechanical methods, without the prior written permission of the
publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of
Economic Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2021©

ISBN: 978-625-8061-19-2
December / 2021
Ankara / Turkey
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRDEN

ÖN SÖZ

Editör Kurulu.....1

BÖLÜM 1

TÜRKİYE KIYILARINDA DAĞILIM GÖSTEREN TİCARİ DEĞERE SAHİP ÇİFT KABUKLU TÜRLERİ

Doç. Dr. Serpil SERDAR.....3

BÖLÜM 2

TÜRKİYE'DE ÇİFT KABUKLU ÜRETİMİNİN YÖNETİM SÜRECİ

Dr. Mehmet Ali Turan KOÇER, Serkan ERKAN.....35

BÖLÜM 3

ÇİFT KABUKLU YETİŞTİRİCİLİĞİNDE ALAN SEÇİMİ VE ÖNEMİ

Prof. Dr. Deniz ÇOBAN, Doç. Dr. Mehmet GÜLER.....53

BÖLÜM 4

AKİVADES BİYOLOJİSİ VE YETİŞTİRİCİLİĞİ

Doç. Dr. Serpil SERDAR.....89

BÖLÜM 5

MİDYE YETİŞTİRİCİLİĞİ

Doç. Dr. Şükrü YILDIRIM.....123

BÖLÜM 6

ÇİFT KABUKLU ÜRETİM ALANLARINDA MİKROBİYAL KİRLİLİK

Prof. Dr. Aslı KAÇAR, Burcu OMUZHÜKEN.....149

BÖLÜM 7

ÇİFT KABUKLU ÜRETİM ALANLARINDA ORGANİK VE İNORGANİK KİRLİTİCİLER

Prof. Dr. Esin ULUTURHAN SUZER.....181

BÖLÜM 8

ÇİFT KABUKLU ÜRETİM ALANLARINDA TOKSİK FİTOPLANKTON VE ALGAL BİYOTOKSİNLER

Doç. Dr. Fatma SABANCI.....223

BÖLÜM 9

ÇİFT KABUKLU YETİŞTİRİCİLİĞİNDE PREDATÖRLERİN ETKİLERİ

Doç. Dr. Mehmet GÜLER.....253

BÖLÜM 10

ÇİFT KABUKLU İŞLEMESİ VE PAZARLAMASI

Prof. Dr. Aslı CADUN YÜNLÜ.....291

ÖN SÖZ

Tarih boyunca medeniyetlerin büyük çoğunluğu deniz, nehir ve göl kıyısındaki alanlara kurulmuştur. İnsanoğlu hem taşımacılık yapmak hem de kaliteli ve kolay gıda temin ederek denizlerden yararlanmayı daima tercih etmiştir. Denizlerden elde edilen gıdaların içinde balıklardan sonra en çok tüketilen canlılar çift kabuklu türleridir. Midye, istiridye ve akivades gibi çift kabuklu türlerinin etinin lezzetli ve besin değerinin yüksek olması nedeniyle tercih edilmeleri günden güne artış göstermiştir. Bu nedenle ekonomik değeri yüksek olan bu türlerin birçok ülkede gerek doğadan avcılık ve gerekse de yetiştiricilik yolu ile üretimleri yapılmakta ve yüksek oranda pazar hacmi oluşturmaktadır. Ülkemizde de uzun yıllardır bu türlerin doğadan avcılık yolu ile üretimi yapılırken maalesef yetiştiriciliği kesintili ve çok sınırlı düzeyde kalmıştır. Günümüzde sadece midye yetiştiriciliği için girişimler bulunulsa da, önümüzdeki yıllarda tüm ticari türlerin yetiştiricilik yolu ile üretilip pazara sunulacağı düşünülmektedir. Bu konuda ciddi adımlar atılsa da gerek üniversite, gerek bakanlık ve gerekse özel sektör iş birliği ile kısa zamanda önemli ilerlemeler olmuştur. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü tarafından 09 - 11 Ekim 2018 tarihinde Antalya'da I. Ulusal Çift Kabuklu Çalıştayı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya farklı üniversitelerden (Ege Üniversitesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi) öğretim üyeleri, bakanlık temsilcileri, Su Ürünleri Mühendisleri ve üreticiler katılmıştır. Çalıştayda öğretim üyeleri tarafından anlatılan bilgiler daha sonra

genişletilerek “*ÇİFT KABUKLU YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TEMEL KONULAR*” isimli bu kitapta toplanmıştır. Kitap 10 farklı bölümden oluşmakta ve çift kabuklu yetiştiriciliği hakkında genel ve açıklayıcı bilgileri içermektedir.

I. Çift Kabuklu Çalıştayı düzenleyen T.C. Tarım ve Orman Bakanlığına, kitabın hazırlanmasında emeği geçen tüm yazarlara, kitabın basılması ve okuyucuya ulaşmasında ki desteklerinden dolayı Su Ürünleri Derneğine ve Rotafor Ambalaj ve Yalıtım Ürünleri Sanayi ve Ticaret Limited Şirketine ayrıca yayınlanma aşamasında emeği geçen İKSAD Yayınevi çalışanlarına teşekkürlerimizi sunarız.

Bu kitabın çift kabuklu yetiştiriciliğine başlamak isteyen girişimcilere, bakanlık çalışanlarına, Su Ürünleri Mühendislerine, öğrencilerimize ve denize gönül vermiş herkese faydalı olmasını dileriz.

Saygılarımızla,

Editör Kurulu

Aralık 2021

BÖLÜM 1

TÜRKİYE KIYILARINDA DAĞILIM GÖSTEREN TİCARİ DEĞERE SAHİP ÇİFT KABUKLU TÜRLERİ

Doç. Dr. Serpil SERDAR¹

¹ Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, ORCID: 0000-0003-4042-8995
e-posta: serpil.serdar@ege.edu.tr

GİRİŞ

Çift kabuklu türleri Mollusca filumu içerisinde yer alıp yaklaşık olarak 7500 tür ile temsil edilmektedir. Hem deniz hem de tatlı su ekosistemlerinde genellikle herhangi bir yere tutunarak, asılı veya dipte kumlu, çamurlu veya taşlı alanlarda dağılım gösteren omurgasız canlılardır. Bivalvia sınıfına dâhil olan bu türler kalsiyum karbonattan meydana gelen 2 adet sert kabuk ile çevrilmiş yumuşak yapıdaki canlılardır. Kabuklar kasların tutunmasını sağlayan bir iskelet gibidir. Predatörlere karşı koruma sağladığı gibi gömülen türlerde çamur ya da kumun manto dışında kalmasına yardımcı olmaktadır. Bu türlerin birbirinden ayrımında ilk olarak morfolojik özelliklerinden faydalanılır ve kabuk şekli, büyüklüğü rengi, addüktör kasının izi, palial boşluğun büyüklüğü, çizgisi ve benzeri özellikler türe göre değişiklik göstermektedir (Tablo 1). Boş kabuklarda iç kısım incelendiğinde sedef beyaz bir renk ve kabuk kenarı boyunca mor veya koyu mavi bir hat görülmektedir. Bu hat palial çizgi olarak adlandırılmakta ve kabuk boyunca manto buraya tutunmaktadır.

Çift kabuklu türlerinde manto, organizmayı kabuk içinde tamamen saran iki doku lobundan oluşmaktadır. Manto ve iç organlar arasında manto boşluğu bulunur ve midye dışındaki türlerde manto genellikle ince ve şeffaftır. Bununla birlikte manto ve sifonların kenarları koyu renkli pigmentler içermektedir. Midyelerde manto gonadın çoğunluğunu içerir ve rengi gonadın gelişim safhası ile cinsiyete göre değişiklik göstermektedir. Örneğin erkek bireylerde gonadlar olgun safhadayken krem-beyaz bir renk görülürken, dişilerde koyu sarı-

turuncu bir renk gözlemlenmektedir. Diğer taraftan midyenin döl bırakımından sonra manto ince ve şeffaf bir görünüm almaktadır. Manto, hemolenf damarlar, sinirler ve özellikle manto kenarlarının yakınında iyi gelişmiş kaslar ile bağ dokusundan oluşmaktadır. (Gosling, 2003)

Tablo 1. Tür tanımlanmasında kullanılan en önemli kabuk özellikleri (Gosling, 2003)

Özellik	
Kabuk şekli	Oval, yuvarlak, üçgen, ince-uzun, dört köşe
Kabuk büyüklüğü	Benzer (eşit büyüklükte), farklı (eşit olmayan büyüklükte)
Renk	Dış Kabuk: Renkli, İç Kabuk: Beyaz, sedefli vb.
Işınlar	Sayısı, genişliği, belirginliği (ayrık, düz)
Dış yapı	Büyüme çizgileri, bombelik/şişkinlik ve oluklar
Umbo	Konumu/yeri (merkezde veya merkeze yakın)
Addüktör kas izi	Sayısı, büyüklüğü ve yeri
Ligament	Konumu/yeri (iç veya dış)
Menteşe çizgisi	Düz veya eğri, kulakçıkların varlığı (büyüklüğü veya şekli)
Menteşe dişleri	Sayısı, tipi
Palial çizgi	Sinus varlığı
Palial boşluk	Büyüklüğü

Çift kabuklularda beslenme su sütununda askı haldeki partiküllerin uzaklaştırılıp, ayrılması ve bunların filtre edilmesi mekanizmasına dayanmaktadır. Su içerisinde bulunan 2 µm ile 250 µm boyutları arasındaki partikülleri (bakteri, fitoplankton ve detritus gibi) süzebilmektedirler. Beslenme ve sindirimin etkili bir biçimde gerçekleşebilmesinde çevresel koşullar (sıcaklık, tuzluluk, akıntı gibi), ortamda var olan rakip organizmalar, türün biyolojik özellikleri, fizyolojik tepkileri, süzülen partiküllerin konsantrasyonu, kalitesi ve büyüklüğü önemlidir (Bayne vd., 1976, 1989).

1. TÜRKİYE’DE ÇİFT KABUKLU ÜRETİM MİKTARLARI VE ALANLARI

Türkiye’de çift kabuklu türlerinin üretimi temel olarak doğal stoklardan avcılık yolu ile yapılmaktadır. Fakat özellikle son yıllarda sağlıklı, güvenilir ve sürdürülebilir ürün temini açısından midye yetiştiriciliği önem kazanmış ve doğadan avcılık ile üretimin haricinde kıyılarımızda yetiştiricilik yolu ile üretim de başlamıştır (Serdar ve Yıldırım, 2018).

Türkiye’de su ürünleri üretimi 2017 yılında yaklaşık olarak 630 820 ton olup, 2018 ve 2019 yıllarında sırasıyla 690 562 ton ve 836 524 tona yükselmiştir (Tablo 2). 2019 yılında 463 168 tonu avcılık yolu ile elde edilirken, 373 356 tonu ise yetiştiricilik yolu ile gerçekleştirilmiştir (TUIK, 2021).

Türkiye sularında avcılık yolu ile balık haricinde üretilen diğer deniz ürünleri 2014 yılında 35 019,3 t, 2017 yılında 52 496,1 t ve 2019 yılında 56 846,0 t olarak rapor edilmiştir (TUIK 2021) (Tablo 2). Yıllara göre bu oran yaklaşık olarak toplam su ürünleri üretiminin (avcılık ve yetiştiricilik) % 7 ile % 8’ ini oluşturmaktadır. Bu rakamın büyük kısmı çift kabuklu türlerinin üretiminden gelmekte olup bu türlerin içinde de en yüksek üretim miktarını beyaz kum midyesi (*Venus gallina*) oluşturmaktadır. Midyenin yetiştiricilik yolu ile üretimi son yıllarda artarken, avcılık yolu ile üretimi yapılan türlerin üretim miktarlarında düşüşler gözlemlenmektedir (Tablo 3).

8 | ÇİFT KABUKLU YETİŞTİRİCİLİĞİNDE TEMEL KONULAR

Tablo 2. Türkiye’de avcılık ve yetiştiricilik yolu ile son 13 yıllık su ürünleri üretim miktarı

Yıl	Toplam Su Ürünleri Üretimi (t)	Toplam Avcılık Miktarı (t)	Av. Diğ. Den. Ürünleri Miktarı (t)	Av. Çift Kabuklu Miktarı (t)	Toplam Yetiş. (t)	Midye Yet (t)
2008	646 310	494 124	57 453,0	38 507	152 186	
2009	623 191	464 462	44 410,0	30 914	158 729	89
2010	653 080	485 939	46 024,0	27 981	167 141	340
2011	703 545	514 755	45 412,4	32 032	188 790	5
2012	644 852	432 442	80 685,5	63 333,7	212 410	-
2013	607 515	374 121	43 879,0	29 014,7	233 394	-
2014	537 345	302 212	35 019,3	22 040,4	235 133	
2015	672 241	431 907	51 965,7	37 650,5	240 334	3
2016	588 715	335 320	37 739,1	21 014,0	253 395	329
2017	630 820	354 318	52 496,1	35 476,7	276 502	489
2018	690 562	314 094	61 931,2	45 137,4	314 537	907
2019	836 524	463 168	56 846,0	37 796,9	373 356	4 168
2020	785 811	364 400	39 370,7	22 919,0	421 411	4 037

Tablo 3. Türkiye’de çift kabuklu türlerinin son 13 yıllık üretim miktarları

Yıl	Akivades (t)	Beyaz Kum Midyesi (t)	İstiridye (t)	Kidonya (t)	Midye Avcılık (t)	Midye Yet (t)	Tarak (t)	At midyesi (t)
2008	1.255,0	36.896,0	13,0	1,0	342,0		-	-
2009	68,0	24.574,0	-	11,0	1.660,0	89,0	-	4.601,0
2010	56,0	26.931,0	1,0	8,0	735,0	340,0	4	246,0
2011	26,7	30.175,6	5,9	-	1.458,8	5,0	17,8	347,2
2012	14,9	61.225,4	-	-	2.093,4	-	-	-
2013	83,4	28.029,7	11,2	-	887,4	-	3,0	-
2014	8,8	21.827,6	0,1	-	48,7		0,1	155,1
2015	5,3	37.404,1	0,2	-	192,4	3,0	0,9	47,6
2016	4,8	20.931,7	-	-	77,5	329,0	-	-
2017	-	34.941,1	-	-	535,6	489,0	-	-
2018	0,8	44 532,8	-	-	603,8	907,0	-	-
2019	14,1	36 612,5	-	-	1 170,3	4 168,0	-	-
2020	57,1	21 823,6	-	-	1034,8	4 037,0	0,3	3,2

İzmir Körfezinden Sinop'a kadar tüm kıyı boyunca yaklaşık olarak 32 çift kabuklu üretim sahası bulunurken (Serdar 2016a), gerek Avrupa'ya canlı çift kabuklu ihracatının durdurulması ve gerekse stokların korunması açısından üretim alanlarının sayısında azalmalar olmaktadır. Bununla birlikte numune alımları ve izlemeler bu bölgelerde sürekli olarak devam etmekte ve bazı yıllar açık olan istasyonlar diğer yıl kapanabilmekte yada bir önceki yıl kapalı olan istasyon diğer yıl üretim faaliyetine açılmaktadır (Şekil 1). Aynı zamanda gerek yetiştiricilik gerekse avcılık yolu ile üretim yapılabilecek alan sayısını arttırmak amacıyla yeni bölgelerde de izlemeler yapılmaktadır. Dolayısı ile yıllara göre üretim alanlarının sayısı izlemelerden çıkan sonuçlara bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 1. Türkiye sularında çift kabuklu üretimi yapılan alanlar

2. ÜRETİMİ YAPILAN TÜRLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Çift kabuklu türlerinin dünya üzerinde ki sayısının yaklaşık olarak 7500 adet olduğu bilinse de, bu sayı yeni tür tespitleri ile günden güne artmaktadır (Gosling 2003). Ülkemizde 4 farklı denizde farklı türler yoğun popülasyonlar oluşturmasına rağmen üretimi yapılan tür sayısı sınırlıdır. Bu üretimin büyük kısmı avcılık yolu ile gerçekleşmekte olup, sadece kara midyenin yetiştiricilik yolu ile üretimi başlamıştır (Serdar, 2017). Bununla birlikte bazı türler doğadan toplama yolu ile çok düşük miktarlarda üretilmekle birlikte, maalesef bu üretim istatistiksel raporlarda yer almamaktadır. Günümüzde Türkiye kıyılarından üretimi yapılan çift kabuklu türlerinin sistematikteki yeri ve bunların genel özellikleri aşağıda verilmektedir:

Filum: Mollusca

Klasis: Bivalvia

Familya: Mytilidae

Mytilus galloprovincialis (Lamarck, 1819)

Modiolus barbatus (Linnaeus, 1758)

Familya: Ostreidae

Ostrea edulis (Linnaeus, 1758)

Familya: Veneridae

Venus (Chamelea) gallina (Linnaeus, 1758)

Venus verrucosa (Linnaeus, 1758)

Ruditapes decussatus (Linnaeus, 1758)

Ruditapes philippinarum (Adams & Reeve, 1850)

Callista chione (Linnaeus, 1758)

Familya: Pectinidae

Pecten jacobaeus (Linnaeus, 1758)

Flexopecten glaber (Linnaeus, 1758)

Familya: Donacidae

Donax trunculus (Linnaeus, 1758)

Familya: Solenidae

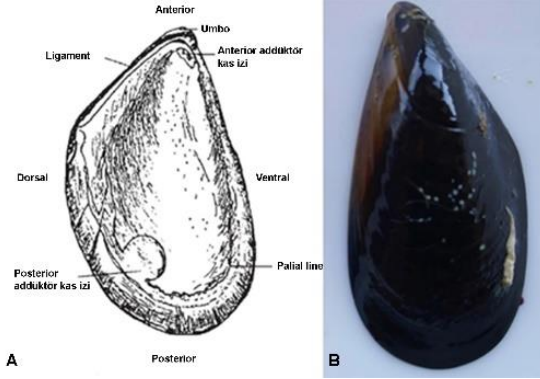
Solen marginatus (Pulteney, 1799)

Familya: Pteriidae

Pinctada radiata (Leach, 1814)

2.1. *Mytilus galloprovincialis* (Kara Midye veya Akdeniz Midyesi)

Midyeler iki eşit kabuktan meydana gelmekte olup, kabaca üçgen şekline benzemektedir. Bu üçgenin tepe noktasının bulunduğu kısım anterior bölge olup umbo olarak adlandırılmaktadır. Umbodan aşağı doğru inildiğinde geniş kısım posterior bölge olarak isimlendirilir. Bisus ipliklerinin çıktığı taraf ventral bölge ve karşı kısmı dorsal bölgedir (Şekil 2). İki kabuk ligament adı verilen menteşe ile birbirlerine anterior-dorsal kısımda bağlanmaktadır. Ventral kısımdan çıkan bisus iplikçikleri sayesinde herhangi bir zemine ve birbirlerine tutunarak yaşamlarını sürdürürler (Şekil 3). Kabukların üzerinde küçük eliptik daireler şeklinde büyüme çizgileri bulunmaktadır (Gosling, 2003).



Şekil 2. Midye kabuğunun içten ve dıştan görünümü

(A= Gosling, 2003; B= Fotoğraf S. SERDAR)

Midyeler kuzey ve güney yarım kürenin serin sularının sahil komünitelerinin baskın bileşenidir. *Mytilus edulis* ve *M. galloprovincialis* geniş yayılım alanına sahipken, *M. californianus*,

Mytilus chilensis ve *M. trossulas* gibi diğer *Mytilus* türleri daha sınırlı bir alanda dağılım göstermektedir. Ülkemizde bulunan *M. galloprovincialis* türü Akdeniz’de, Britanya Adaları, Avrupa kıtası, Kuzey Afrika ve Kuzey Pasifik’in bazı bölgelerinde görülür. Güney Afrika, Güney Kaliforniya, Japonya ve Hong Kong’a balast suları veya diğer nedenlerle kazara taşınmış ve sonradan dağılım göstermiştir (Gosling, 2003).

M. galloprovincialis türü Türkiye kıyılarında Güney Ege’den kuzeyde tüm Karadeniz boyunca dağılım göstermektedir. Farklı çevre koşullarına kolayca adaptasyonundan dolayı renk varyasyonları gösterebilmekte ve genellikle siyah, siyahımsı, koyu mor ve açık veya koyu tüm kahverengi muhtelif tonlarında görülmektedir (Uysal 1970; Alpbaz 1993). Ayrı eşeyli canlılar olup, dişi ve erkek yumurta ve spermelerini dışarı bıraktıktan sonra döllenme gerçekleşir (Alpbaz 1993; Kumlu 2001). Maksimum 15 cm boya ulaştığı tespit edilmişse de, genellikle 5 cm ile 8 cm arasında boy dağılımına sahiptir (Fischer vd., 1987).



Şekil 3. Midyelerin (*Mytilus galloprovincialis*) yoğun halde görünümü
(Fotoğraf S. SERDAR)

2.2. *Modiolus barbatus* (At midyesi veya Kılıl midye)

At midyeleri daha çok taş, çakıl, makroalg veya bitki topluluğunun yoğun olduğu bölgelerde dağılım gösterip, ventral bölgeden çıkan bisus iplikleri ile sert bir zemine tutunurlar. Posterior bölgede bulunan ince lifimsi yapılar sayesinde diğer türlerden kolayca ayrılabilirler (Şekil 4). At midyeleri 9 cm boya kadar büyüebilmelerine rağmen, genellikle 5-6 cm boylarında dağılım gösterirler. Bu türlerde kabukların dış kısmı kahverengi tonlarından mor renge kadar değişiklik gösterirken, iç kısmı daha çok mor tonlarında görülür. Kuzeyde Britanya sahillerinden güneye doğru Afrika'nın batı kıyıları boyunca ve Akdeniz havzasında bulunmaktadır. Türkiye kıyılarında daha çok Ayvalık Körfezi'nde bulunan at midyesi özellikle bu bölgeden toplanarak ihraç edilmektedir (Alpbaz, 1993; Poppe ve Goto, 2000).



Şekil 4. *Modiolus barbatus* kabuklarının genel görünümü (Fotoğraf S. SERDAR)

2.3. *Ostrea edulis* (Yassı istiridye veya Avrupa istiridyesi)

İstiridyeler eşit olmayan iki sert kabuktan oluşmakta ve vücut oval veya dairesel bir görünüm arz etmektedir. Sol kabuk konkav olup taş ve çakıl

gibi herhangi bir sert substratuma sol kabuk ile yapışmaktadır. Bu kabuğun iç kısmı oyuk olduğundan iç organlar bu bölgeye yerleşmiştir (Kumlu, 2001). Üstte olan sağ kabuk ise düzdür. Kabuğun %95'ten fazlası kalsiyum karbonattan oluşmaktadır. Addüktör kası merkezde olup her iki kabuğa sıkıca tutunmuştur (Fish ve Fish, 2011).

Dış kabuk grimsi, soluk yeşil ile kahverengi veya morumsu renklerde ve az çok lekeli, kabuğun iç kısmı düz, parlak ve beyazımsı renklindedir. Ortam şartları uygun olup büyüme aşamasındayken kabuk uçları yapraksı bir görünüm sergiler (Şekil 5). Maksimum boyu 10 cm ve bazen biraz daha büyük rapor edilmesine rağmen, genellikle 6 ile 8 cm boylarında dağılım göstermektedir. Sığ, korunaklı nehir ağzı sularından 80 m derinliğe kadar sublittoral bölgede çakıl ve kayalık alanlarda dağılım gösterirler (Fischer vd., 1987; Fish ve Fish, 2011)

Kuzeyde Norveç, Fransa, Danimarka, Almanya, Hollanda, Belçika, Britanya ve İrlanda'nın Atlantik kıyılarında ve güneyde tüm Akdeniz kıyılarında dağılım göstermektedir. Ülkemizde tüm denizlerimizde bulunmaktadır (Alpbaz, 1993; Kumlu, 2001).



Şekil 5. Yassı istiridye (*Ostrea edulis*)'in genel görüntüsü (Fotoğraf S. SERDAR)

2.4. *Venus gallina* (Beyaz kum midyesi veya Cıkçık)

Venus gallina Atlantik Okyanusunun doğu kıyıları, İngiltere ve Norveç’de, daha güneyde Portekiz, Fas, Kanarya Adaları kıyılarında, Adriyatik Denizi, Karadeniz ve Akdeniz’de yer yer büyük popülasyonlar oluşturarak dağılım göstermektedir (Fischer vd., 1987). Türkiye kıyılarında tüm denizlerde bulunmakla birlikte, özellikle Marmara ve Karadeniz kıyılarında yoğun popülasyon göstermekte ve düzenli olarak avcılığı yapılmaktadır (Çolakoğlu ve Tokaç, 2010; Dalgıç vd., 2010).

Genellikle dip yapısı kumlu sığ sulardan 20 m derinliğe kadar dağılım gösterse de, bazı bölgelerde 55 m derinliğe kadar bulunduğu rapor edilmiştir (Fish ve Fish, 2011). Yoğun popülasyonlarına daha çok 3 ile 7 m arasında rastlanmaktadır. Maksimum boy uzunluğu 5 cm olarak bildirilen *Venus gallina*, genel olarak 2.5 cm ile 3.5 cm boy aralığında dağılım göstermektedir (Fischer vd., 1987). Dış görünüm oval, kabuk üzerinde enine çok ince çizgiler bulunmaktadır (Şekil 6). Kabuğun dışında renk beyazımsı kahverengi veya sarımsıdır. Bununla birlikte yer yer kahverengi, gri veya mor ışınlar bazen zikzaklı bazen de düzensiz olarak umbodan aşağıya doğru geçişler gösterir. Kabuğun iç kısmı genellikle beyaz veya sarımsı olup, kabuğun kenar kısmında bazen morumsu bir renk görülmektedir (Fischer vd., 1987).



Şekil 6. Türkiye’de üretimi en çok yapılan *Venus gallina* türü çift kabuklu (Fotoğraf S. SERDAR)

2.5. *Venus verrucosa* (Kidonya)

Kidonyada kabuk kalın, sert ve oval bir formdadır. Kabuğun üzerinde enine tırtıklı ve derin oluklar bulunmaktadır (Şekil 7). *Venus verrucosa* tüm Akdeniz’de, Atlantik kıyılarında, kuzeyde Norveç’ten Afrika’nın güneyine kadar olan bölgede ve Hint Okyanusu’nda dağılım göstermektedir (Vaccarella vd., 1998; Poppe ve Goto, 2000). Sığ sulardan 100 m derinliğe kadar olan sularda kum ve ince çakılın içine gömülü olarak yaşarlar (Tebble, 1976). Bazı bölgelerde deniz çayırları (*Posidonia oceanica*) yataklarında da bulunmaktadır (Rossi vd., 1994). Kabuğun dış kısmı açık beyaz veya açık kahverengi olup iç kısımları beyaz ve parlak, bazen posterior addüktör kasının bulunduğu bölgede mor veya kahverengi renklenme görülmektedir (Fish ve Fish, 2011). Bireylerin boyu maksimum 7 cm’ye ulaşsa da, genellikle 3.5 cm ile 5 cm boy aralığında bulunurlar (Fischer vd., 1987).

Akdeniz, Marmara Denizi ve Ege Denizi’nde bulunmakla birlikte, genellikle İzmir Körfezi’nde ve Ayvalık sahillerinde popülasyon

oluşturmuştur (Alpbaz, 1993). 2010 yılından önce özellikle Ege Denizi'nden düzenli üretim yapılırsa da, 2010 yılından sonra bu türün üretiminin yapıldığına dair herhangi bir kayıt bulunmamaktadır.



Şekil 7. *Venus verrucosa*'nın genel görüntüsü (Fotoğraf S. SERDAR)

2.6. *Ruditapes decussatus* (Akivades)

Ruditapes decussatus en ekonomik çift kabuklu türlerinden biri olup, yayılım alanı çok geniştir. Kuzey Denizi'nde Danimarka ve Norveç haricinde, güneyde 12 derecedeki Senegal'den 61 derecedeki Norveç'e kadar yayılmışlardır. Britanya'nın güney ve batı kıyılarında, Akdeniz, Atlantik Okyanusu ve Manş Denizi'nin tüm kıyılarında, Southampton ve Havre'nin güneyinde dağılım göstermektedir. Pakistan'ın batısından, Java'nın güneyi ve Kuriller'in kuzeyine kadar olan kıyılarda, Süveyş Kanalı ve Kızıldeniz'de bulunduğu rapor edilmiştir (Tebble, 1976; Gérard, 1978; Parache, 1982; Puigcerver, 1996).

Ülkemizde özellikle Ege ve Akdeniz kıyılarında bol olarak bulunmakta ve Marmara'nın Karadeniz'e açıldığı bölgelerde dağılım göstermek-

tedir. Ayrıca Mersin ve civarında da var olduğu rapor edilmiştir (Alpbaz, 1993; Serdar, 2016b). Özellikle İzmir Körfezi'nden Eylül ve Mayıs ayları arasında yoğun olarak toplanmaktadır (Serdar vd., 2015).

Bu türde kabukların üzerinde halı deseni gibi renk değişimleri bulunur (Şekil 8). Bu yüzden İngilizcede “carpet shell clam” olarak adlandırılır. Genellikle kabukların dışı kahverengi sarımsı, içi beyaz ve krem olup, bu renkler yaşadıkları ortama ve bölgeye göre değişiklik göstermektedir. *Ruditapes decussatus*'ta maksimum boy 8 cm olarak rapor edilmişse de, genellikle 4 cm ile 5 cm arasında bulunmaktadır.



Şekil 8. *Ruditapes decussatus* türü akivades (Fotoğraf S. SERDAR)

Akivadeslerin doğal stok alanları yarı korunaklı kıyı bölgeleridir. Nehir ağızları, koylar, lagünler ve deniz suyuyla sürekli ya da zaman zaman bağlantısı olan littoral bölgeler akivadesin yaşadığı yerlerdir. Akivadesler, gözenekli kumlu az ya da çok çamurlu suya doymun heterojen yapıdaki sedimentte bulunurlar. Sediment içindeki dağılımları boya göre değişmekte ve daha büyük bireyler 10-12 cm

derinliği geçmeyen daha derin katmanda yer almaktadır (Parache, 1982).

2.7. *Ruditapes philippinarum* (Manila akivadesi veya Japon akivadesi)

Dünyada üretimi en fazla yapılan çift kabuklu türü olup, İndo-Pasifik bölgenin yerli türüdür. Doğal dağılım alanları Filipinler, Japonya, Çin, Kore, Pakistan, Hint ve Pasifik Okyanusları ve Kuril Adaları olup; Japonya'ya özgü bir türdür. Sonradan Kuzey Amerika Pasifik kıyısına ve Avrupa sularında Fransa, İtalya ve İspanya kıyılarına yayılmıştır (Gérard, 1978). Ülkemiz denizleri için yabancı bir tür olan *Ruditapes philippinarum*'un İtalya'dan gelen gemilerle taşınmış olabileceği tahmin edilmektedir. Önce Çanakkale Boğazı'nda (Tuncer vd., 2004) ve ardından Marmara Denizi'nde kaydedilmiş (Albayrak, 2005) olup, günümüzde bu bölgelere yerleşerek populasyon oluşturmuştur.

Ruditapes decussatus'a kıyasla çevresel şartlara daha dayanıklı ve daha hızlı büyüeyebilen bir türdür, bu yüzden kısa zamanda yeni populasyonlar oluşturabilmektedir. Morfolojik olarak her iki tür birbirine çok benzese de, Manila akivadesi daha sert kabukludur ve kabuğun posterior bölgesi daha uzundur. Ticari boyutu genellikle 25-60 mm arasında değişmektedir (Şekil 9). Diğer akivades türünde olduğu gibi, Manila akivadesinin de yaşam alanını kumlu-çamurlu zeminler oluşturur.



Şekil 9. *Ruditapes philippinarum* türü akivades (Fotoğraf S. SERDAR)

2.8. *Callista chione* (Parlak)

Balıkçılar arasında “Parlak” olarak adlandırılan *Callista chione* türü, Atlantik kıyıları ve tüm Akdeniz’de 180 m derinliğe kadar kumlu zeminlerde dağılım göstermektedir (Ezgeta-Balić vd., 2011). Yaklaşık olarak 10 cm büyüklüğe ulaşan bu çift kabuklu türü birçok Akdeniz ülkesinde ticari değeri yüksek deniz ürünleri arasında yer almakta ve doğadan toplanarak tüketime sunulmaktadır (Poppe ve Goto 2000). *Callista chione* populasyonlarında genellikle 16 ile 17 yaş aralığında bireyler kaydedilmekle birlikte, araştırma yapılan populasyonlarda 40 yaş bireylere rastlanmış ve nispeten uzun ömürlü bir tür olduğu bildirilmiştir (Forster, 1981; Leontarakis ve Richardson, 2005; Moura vd., 2009).

Callista chione’de umbodan uzanan ışınlar bej ile kırmızımsı kahverengi arasında renk değişimi göstermekte ve üstü parlak bir görünüm arz etmektedir (Şekil 10). Kabuğun iç kısmı beyaz olmakla

birlikte, iç organların görünümünde ayağın uç tarafındaki turuncu renk dikkati çekmektedir.

Ülkemizde Akdeniz ve Ege kıyılarında dağılım gösteren bu türün, sipariş üzerine zaman zaman balıkçılar tarafında doğadan toplama yolu ile üretimi yapılmakta ve bazen de büyük marketlerin su ürünleri reyonunda az miktarda satışa sunulmaktadır. Üretim çok az olduğu için istatistiki kayıtlarda miktarı henüz rapor edilmemektedir.



Şekil 10. *Callista chione* türü çift kabuklu (Fotoğraf S. SERDAR)

2.9. *Pecten jacobaeus* (Tarak)

Pectinidae familyasına ait olan tarak türleri dünyada geniş yayılım alanına sahiptir. Batıda Portekiz kıyılarından Kanarya Adaları'na kadar Atlantik'te, Akdeniz havzasında kuzeyde Adriyatik Denizi ve doğuda Lübnan'a kadar uzanan Akdeniz kıyılarında dağılım göstermektedir. *Pecten jacobaeus* türünün üretimi dağılım gösterdiği ülkelerde avcılık veya yetiştiricilik yolu ile gerçekleştirilmektedir. Ülkemiz sularında bulunan tarak türleri arasından en büyüğü olup, zaman zaman doğadan avcılık yolu ile toplanmaktadır.

Türün maksimum boyu 15 cm olarak bildirilmekle birlikte, genellikle ortalama 8 cm civarında bulunduğu rapor edilmiştir. Kabuk üzerinde 14-16 adet nispeten derin ışınlar karakteristik olup, umbonun sağında ve solunda bulunan kulakçıklar genellikle simetriktir. Bu türde iki kabuk birbirinden farklı görünüme sahiptir. Üst kabuk düz ve kahverengindeyken, alt kabuk konveks ve beyazımsı açık renklidir (Şekil 11). Kabukların iç kısmı ise adeta porselen gibi beyaz, pürüzsüz ve parlaktır. Son yıllarda maalesef hem ülkemizde hem de yurtdışında doğal stokları belirgin olarak azalmıştır (Fischer vd., 1987; Mattei ve Pellizzato, 1996; Hall-Spencer vd., 1999).



Şekil 11. *Pecten jacobaeus* tarak türünün dıştan görünümü (Fotoğraf S. SERDAR)

2.10. *Flexopecten glaber* (Düz veya beyaz tarak)

İngilizcede smooth ya da white scallop olarak isimlendirilen bu tür Türkçede düz veya beyaz tarak olarak nitelendirilmektedir. Tüm Akdeniz’de kumlu çamurlu dip substratlarda 5 m’den 900 m derinliğe kadar dağılım göstermekle birlikte, nadiren de olsa 1600 m derinliklere kadar bulunduğu rapor edilmiştir. Karadeniz’de ise genellikle 2 ile 40

m derinlikler arasında bulunmaktadır. Ayrıca Portekiz’den Fas’a kadar olan Doğu Atlantik’te dağılım gösterdiği rapor edilmiştir (Bondarev, 2018).

Kabuğun üst kısmı kırmızı, sarı veya beyaz renklerle bezenmiş olup, üzerinde 9 ile 13 arasında değişen ışınlar bulunmaktadır (Şekil 12). Kabuk içinin bir kısmı alacalı siyah, gri, kahverengi ve mor renkte gözükrken, diğer kısım ise beyaz ile açık sarımtırak bir renkte görülmektedir. Maksimum 8.5 cm uzunluğa kadar büyüeyebilen bu tür genellikle ortalama 4-5 cm arasında görülmektedir (Fischer vd., 1987; Tsotsios vd., 2016). Son yıllarda özellikle Marmara Denizi ve çevresinden toplanıp pazarlanmakta olup, ülkemizdeki tarak üretimini bu tür oluşturmaktadır.



Şekil 12. *Flexopecten glaber*'in dıştan görünümü (Fotoğraf S. SERDAR)

2.11. *Donax trunculus* (Kum şırlanı)

Kum şırlanı olarak isimlendirilen *Donax trunculus* Fransa'nın Atlantik kıyılarından Akdeniz ve Senegal'e kadar olan bölgede Karadeniz ve

Marmara Denizi dâhil olmak üzere birçok alanda yoğun populasyonlar oluşturmuştur (Tebble, 1976). Bu tür gel-gitin bulunduğu, yoğun dalga etkisinin ve sediment hareketliliğinin olduğu dinamik ortamlarda yaşamını sürdürmektedir. Akdeniz’de genellikle 2 m derinliğe kadar, Atlantik’te ise 6 m derinliğe kadar olan kıyılarda yayılım göstermektedir (Gaspar vd., 2002). Diğer Donacidae türlerinde olduğu gibi, *D. trunculus*’ta kabuğun şekli sedimente kolayca gömülmesini sağlamaktadır. Kabuğun dış kısmı pürüzsüz, saydam ve nispeten parlak olup, sarıdan kahverengiye doğru bir renklenme vardır, ayrıca umbodan aşağıya doğru bantlar kabuk üzerinde belirgindir (Şekil 13). Kabuğun iç kısmında mor ve kahverengi veya turuncu renkte lekeler vardır. Genellikle 2.5-3.5 cm boy aralığında olup, maksimum 5 cm uzunluğa kadar büyümektedir (Fischer vd., 1987). Türkiye için ekonomik değeri ve yurtdışına pazarlanma potansiyeli çok yüksek olan türler arasındadır (Çolakoğlu, 2014).



Şekil 13. *Donax trunculus* türünün genel görünümü (Fotoğraf S. SERDAR)

2.12. *Solen marginatus* (Sülünes)

Solen marginatus İngiltere'nin güney ve batı kıyıları, Norveç, Akdeniz ve Kuzey Afrika kıyıları boyunca geniş bir dağılım alanına sahiptir. Deniz ortamında kumlu, kumlu-çamurlu sığ sularda gömülü olarak yaşamaktadır (Couñago ve Tajés, 2011). Dikdörtgen bir kabuk şekline sahip olan bu tür bir çakıyı andırmakta ve diğer dillerde denizçakısı olarak da isimlendirilmektedir. Dış kabukta renk sarımsı veya koyu sarı renkte olup (Şekil 13), kabuğun iç tarafı ise beyazımsı bir görünüme sahiptir. Kabuk genellikle hassas ve kırılğan bir yapıdadır. Boyu maksimum 17 cm uzunluğa kadar ulaşmakla birlikte, genellikle doğada 9-11 cm boy aralığında dağılım göstermektedir (Fischer vd., 1987).

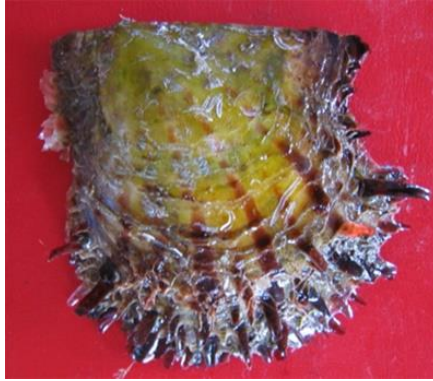
Türkiye denizlerinde Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz kıyılarındaki kumlu alanlarda dağılım göstermekte ve genellikle Ege ve Marmara Denizi kıyılarından toplanarak özellikle olta balıkçılığı için pazarlanmaktadır (Aydın ve Ölçek, 2017).



Şekil 13. *Solen marginatus*'un genel görünümü (Fotoğraf S. SERDAR)

2.13. *Pinctada radiata* (İnci istiridyesi)

Pinctada radiata İndo-Pasifik kökenli bir çift kabuklu türü olup, ışınlı inci istiridyesi olarak adlandırılmaktadır. Japonya'dan Avustralya'ya, Doğu Afrika'dan Hawaii kıyılarına kadar dağılım göstermektedir. Süveyş Kanalı'nın açılması sonrasında deniz trafiği veya deniz kaplumbağalarının göçleri ile Akdeniz'e gelen ilk egzotik çift kabuklu türü olarak bildirilmektedir (Bellaaj-Zouari vd., 2012). Türkiye'de ilk defa güneyde Kinzelbach (1985) tarafından bildirilmiş olup, günümüzde Akdeniz ve Ege kıyılarına yayılmıştır. Kabuğun dış yüzeyinde umbo kısmı yeşil renkte olup aşağıya doğru kahverengi tonları görülmektedir. Ayrıca kabuk üzerinde kahverengi benekler dikkati çekmektedir. Kabuğun posterior bölgesinde çok sert olmayan dikenler bulunmakta ve genellikle koyu kahverengi siyahımsı renklere görülmektedir. (Şekil 15). Kabuğun iç kısmı beyaz krem renkte olup sedefli ve parlak bir görünüm arz etmektedir.



Şekil 14. Ülkemizde bulunan inci istiridyesi (*Pinctada radiata*) (Fotoğraf S. SERDAR)

Uzak Doğu'da yenilebilir kasları, sedefli kabuğu ve inci oluşturma kabiliyeti nedeniyle ekonomik olarak önem taşımaktadır (Poutiers, 1998). Bu tür kıyıda 150 m derinliğe kadar olan bölgelerde kayalara veya su altındaki herhangi bir sert zemine bisus iplikleri ile tutunarak yaşarlar. Boyları en fazla 10,0-10,5 cm uzunluğa ulaşmasına rağmen genellikle 5,0-6,5 cm boylarında dağılım göstermektedir (Humann, 1992; Mahadevan ve Nagappan, 1974)

Son yıllarda özellikle İzmir ve civarında küçük balıkçılarda istiridye adı ile satılmakta olup, henüz toplanan miktara ait herhangi bir veri bulunmamaktadır.

3. ÇİFT KABUKLU TÜRLERİNİN SATIŞ FİYATLARI

Avrupa balık marketlerinde veya balık satış pazarlarında *R. philippinarum* türü akivades büyüklüğüne ve kalitesine göre değişmekle birlikte yaklaşık olarak 10-15 € /kg fiyatında satılırken, *R. decussatus* türü yine büyüklüğüne ve kalitesine göre değişmekle birlikte 20 - 30 € /kg değerinde satışa sunulmaktadır. Japonya'da ise *R. philippinarum*'un satış fiyatı 7 – 10 €/kg arasında değişmektedir. *O. edulis* türünün Avrupadaki satış değeri 15 – 20 €/kg olarak fiyatlandırılırken, *C. gigas* türü istiridyeler büyüklüklerine göre No.1, No.2, No.3 vb. gibi numaralandırılmakta ve 6 €/kg'dan 20 €/kg'a kadar satışı yapılmaktadır. Bu istiridyelerde büyüklük arttıkça fiyatı da artmaktadır. Kum midyelerinden vongolanın (cıkçık) pazar değeri 5 – 10 €/kg arasında değişirken, kum şırlanının 10 - 15 €/kg değerinde olduğu saptanmıştır. Parlak ve kidonya türü kum midyesi ise genellikle

5 – 7 €/kg arasında satışa sunulmaktadır. Akdeniz midyesi ve Avrupa midyesinin satış fiyatları benzer olup 1 kilosu 3€ veya 5€ civarında değer bulmaktadır. Sülunesler genellikle 5 adeti bir araya getirilerek satışa sunulur ve bunların fiyatı da ortalama olarak 3 € ile 5 € arasında değişmektedir. Yukarıda fiyatları verilen türler yetiştiricilik yolu ile elde edilmişse satış fiyatları biraz daha yüksek olabilmektedir. Diğer taraftan tüm bu fiyatlar Avrupa'nın farklı bölgelerine göre farklılık göstermektedir.

SONUÇ

İstiridyeye türlerinden olan Pasifik istiridyesi veya Japon istiridyesi (*Crassostrea gigas*) dünyada üretimi yapılan tüm istiridyeye türleri içerisinde ilk sırada yer almakta olup hem yetiştiriciliği hem de doğadan avcılığı yapılmaktadır. İndo-pasifik kökenli bu tür ülkemizde doğal olarak bulunmayıp gemilerin balast suyu veya diğer sebepler ile ülkemiz kıyılarına taşınmıştır. Akdeniz'de (Çevik vd., 2001), Marmara Denizi'nde (Albayrak vd., 2004) ve Ege Denizi'nde (Doğan vd 2007) yapılan araştırmalarda bu tür tespit edilmiş fakat henüz üretim yapılabilecek kadar yoğun populasyon oluşturmamıştır. Gelecekte bu türün stoklarda ki sayısının artması ile üretilen çift kabuklu türleri arasında yer alma ihtimali bulunmaktadır.

Türkiye sularında dağılım gösteren bir diğer önemli tür ise *Pinna nobilis* (pina) tir. Bu türün ülkemizde tüketimi yapılmamasına rağmen bazı Avrupa ülkelerinde özellikle Yunanistan'nın Girit Adasında beyaz kasları tüketilmektedir. Aynı zamanda kabukları birçok ülkede süs

eşyası yada düğme yapımında kullanılmaktadır. Fakat tüm Akdeniz ülkelerinde olduğu gibi Türkiye denizlerinde de pinanın stokları günden güne azalmaktadır. Çeşitli önlemler alınarak, gerekli koruma çalışmalarının yapılması ve popülasyonun kendini yenilemesi ile bu türünde gelecekte ekonomiye katkısının olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada ülkesidir. Denizel kaynaklarımızın verimli kullanımının yanında, sürdürülebilir bir üretimin gerçekleşmesi çok önemlidir. Ülkemiz sularında dağılım gösteren çift kabuklu tür sayısı sınırlı olup, çevresel koşulların olumsuzluğu ve av baskısından dolayı stoklar düşme eğilimindedir. Bu yüzden mevcut stokların korunması, üretimin sürdürülebilir olması ve ekonomiye katkısının devamlılığı açısından iyi bir balıkçılık yönetimi uygulanması gerekmektedir. Bununla birlikte yukarıda bahsi geçen çift kabukluların tamamı yetiştiricilik potansiyeli olan türlerdir. Ülkemiz karasularında uygun yetiştiricilik alanlarının belirlenmesi ile çift kabuklu yetiştiriciliğinin hızla ele alınması ekonomik fayda sağlayacağı gibi, yeni iş olanaklarının açılması için de önemli olacaktır.

KAYNAKÇA

- Albayrak, S., 2005. First record of *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) (Bivalvia: Veneridae) from the Sea of Marmara. *Zoology in the Middle East*, 35: 108-109.
- Albayrak S, Balkıs H, Balkıs N 2004. Bivalvia (Mollusca) fauna of the Sea of Marmara. *Acta Adriat* 45: 9–26.
- Alpbaz, A.G., 1993. Kabuklu ve Eklem Bacaklılar Yetiştiriciliği. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No: 26, İzmir. 317s.
- Aydın, C., Ölçek, Z.S.C., 2017. İzmir Amatör Olta Balıkçılığında Canlı Yemler. İçinde: Kınacıgil, H.T., Tosunoğlu, Z., Çaklı, Ş., Bey, E., Öztürk, H. (editörler), İzmir Balıkçılığı. Kristal Reklam ve Matbaacılık, İzmir. ss: 107-112.
- Bayne, B.L., Hawkins, A.J.S., Navarro, E., Iglesias, J.I.P., 1989. The effects of seston concentration on feeding, digestion growth in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar Ecol Prog Ser*, 55: 47-54.
- Bayne, B.L., Widdows, J., Thompson, R.J., 1976. Physiology: I. In: Bayne, B.L. (ed.), marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press, Cambridge. pp: 122-159.
- Bellaaj-Zouari, A.S., Dkhili, R., Gharsalli, A., Derbali, N., Aloui-Bejaou., 2012. Shell morphology and relative growth variability of the invasive pearl oyster *Pinctada radiata* in coastal Tunisia. *J Mar Biol Assoc UK*, 92(3): 553–563.
- Bondarev, I.P., 2018. Taxonomic Status of *Flexopecten glaber ponticus* (Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1889) – The Black Sea *Flexopecten glaber* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia: Pectinidae). *Marine Biological Journal*, 3(4): 29–35.
- Couñago, S.D., Tajés, J.F., 2011. Systematics and distribution. In: Guerra, A., Seijo, C.L., Gaspar, M., Da Costa, F. (eds). *Razorclams: biology, aquaculture and fisheries*. Consellería do Mar, Xunta de Galicia, España. pp: 29-44.
- Çevik C, Öztürk B, Buzzurro G. 2001. The presence of *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1791) and *Saccostrea commercialis* (Iredale & Roughley, 1933) in the Eastern Mediterranean Sea. *La Conchiglia* 33: 25–28.

- Çolakoğlu S., Tokaç A., 2010. Batı Marmara'da Beyaz Kum Midyesinin (*Chamelea gallina* L., 1758) Bazı Populasyon Parametreleri. E.Ü. Su Ürünleri Dergisi, 27: 65-71.
- Çolakoğlu, S., 2014. Population Structure, Growth and Production of the Wedge Clam *Donax trunculus* (Bivalvia, Donacidae) in the West Marmara Sea, Turkey. Turk J Fish Aquat Sc, 14: 221-230.
- Dalgıç, G., Okumuş, İ. Karayücel, S., 2010. The effect of fishing on growth of the clam *Chamelea gallina* (Bivalvia: Veneridae) from the Turkish Black Sea coast. J Mar Biol Assoc UK, 90(2): 261-265.
- Doğan, A., Önen, M., Öztürk, B. 2007. Ildır Körfezi (İzmir-Çeşme) Bivalvia (Mollusca) Faunası. Türk Sucul Yaşam Dergisi, 3-5 (5-8): 27-35.
- Ezgeta-Balić, D., Peharda, M., Richardson, C.A., Kuzmanić, M., Vrgoč, N., Isajlović, L., 2011. Age, growth, and population structure of the smooth clam *Callista chione* in the eastern Adriatic Sea. Helgol Mar Res, 65: 457-465.
- Fischer, W., Schneider, M., Bauchot, M.L., 1987. Mediterranee et Mer Noire - Zone de Peche 37, Volume I: Vegetaux et Invertebres. Organization des nationsunies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. pp: 371-632
- Fish, J.D., Fish, S., 2011. A student's guide to the seashore. Cambridge University Press, 3rd ed., Cambridge, UK. 527p.
- Forster, G.R., 1981. The age and growth of *Callista chione*. J Mar Biol Assoc UK, 61: 881-883.
- Gaspar, M.B., Chicharo, L.M., Vasconcelos, P., Garcia, A., Santos, A.R., Monteiro, C.C., 2002. Depth segregation phenomenon in *Donax trunculus* (Bivalvia: Donacidae) populations of the Algarve coast (southern Portugal). Sci Mar 66(2): 111-121.
- Gérard, A., 1978. Recherches sur la variabilité de diverses populations de *Ruditapes decussatus* et *Ruditapes philippinarum* (Veneridae, Bivalvia). Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Océanographie, Biologie, Brest. 149p.
- Gosling, E., 2003. Bivalve Molluscs Biology, Ecology and Culture. Blackwell Publishing, Oxford, UK. 443p.

- Hall-Spencer, J.M., Froggia, C., Atkinson, R.J.A., Moore, P.G., 1999. The impact of Rapido trawling for scallops, *Pecten jacobaeus* (L.), on the benthos of the Gulf of Venice. ICES J Mar Sci, 56(1): 111–124.
- Humann, P., 1992. Reef Creature Identification - Florida Caribbean Bahamas. New World Publications, Florida, USA. 320p.
- Kinzelbach, R., 1985. Lesseps'sche Wanderung: neue stationen von Muscheln (Bivalvia: Anisomyaria). Archiv fur Molluskenkunde, 115(4-6): 273-278.
- Kumlu, M., 2001. Karides, İstakoz ve Midye Yetiştiriciliği. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Kitapları, No: 6, Adana. 338s.
- Leontarakis, P.K., Richardson, C.A., 2005. Growth of the smooth clam, *Callista chione* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia: Veneridae) from the Thracian Sea, northeastern Mediterranean. J Mollus Stud, 71: 189–198.
- Mahadevan, S., Nagappan, N.K., 1974. The commercial molluscs of India. In: Nair, R.V., Rao, K.S. (Eds.), Ecology of Pearl Oyster and Chank Beds. Central Marine Fisheries Research Institute, Cochin, India. pp: 106-121.
- Mattei, N., Pellizzato, M., 1996. A population study on three stocks of a commercial Adriatic pectinid (*Pecten jacobaeus*). Fish Res, 26: 49–65.
- Moura, P., Gaspar, M.B., Monteiro, C.C., 2009. Age determination and growth rate of a *Callista chione* population from the southwestern coast of Portugal. Aquat Biol, 5: 97–106.
- Parache, A., 1982. La palourde. La Pêche Maritime, 1254: 496-507.
- Poppe, G.T., Goto, Y., 2000. European seashells, Volume II: Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda. ConchBooks, Hackenheim, Germany. 221p.
- Poutiers, J.M., 1998. Bivalves: Acephala, Lamellibranchia, Pelecypoda. In: Carpenter, K.E., Niem, V.H. (eds). FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 1. Seaweeds, corals, bivalves, and gastropods. FAO, Rome. pp: 123-362.
- Puigcerver, M., 1996. Analysis on individual growth of juvenile carpet shell clams, *Tapes decussatus* (L.), in three different rearing conditions employed in the Ebro's Delta, Spain. Aquac Res, 27: 399-404.

- Rossi, R., Campioni, D., Conte, A.G., Paesanti, F., Turolla, E., 1994. Artificial reproduction of warty venus (*Venus verrucosa*): preliminary results. Riv Ital Acquacolt, 29: 53-62.
- Serdar, S., 2016a. Country report from Turkey. Bulletin of Japan Fisheries Research and Education Agency, 42: 125-127.
- Serdar, S., 2016b. Shellfish production and new approaches in Turkey. Bulletin of Japan Fisheries Research and Education Agency, 42: 90 (abstract).
- Serdar, S., Çalışkan, F., Sayğı, H., 2015. İzmir Körfezi'nde Çift Kabuklu Toplayıcıları ve Çift Kabuklu Üretiminin İncelenmesi. 18. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 1-4 Eylül 2015, İzmir. ss: 370.
- Serdar, S., 2017. Shellfish Production: Turkish Experiences. Training Course on Development of Aquaculture Production and Technologies in the INOC Member States. 15-20 May, Monastir, Tunisia. Volume 1, No:1. pp: 155-162.
- Serdar, S., Yıldırım, Ş., 2018. An Increasing Trend in Turkey Mussel Culture. The 2nd International Fisheries Symposium, Girne, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, 4-8 Kasım. pp: 1-2.
- Tebble, N., 1976. British Bivalve Seashells. Her Majesty's Stationery Office, Edinburgh, UK. 212p.
- Tsotsios, D., Tzovenis, I., Katselis, G., Geiger, S.P., Theodorou, J.A., 2016. Spat Settlement of the Smooth Scallop *Flexopecten glaber* (Linnaeus, 1758) and Variegated Scallop *Chlamys varia* (Linnaeus, 1758) in Amvrakikos Gulf, Ionian Sea (Northwestern Greece). BioOne 35(2): 467-474.
- Tuncer, S., Ismen, P., Onal, U., 2004. Marmara Denizi'nde Manila clam (*Ruditapes philippinarum*, Adams & Reeve)'in yeni kaydı. I. Ulusal Malakoloji Kongresi, 1-3 Eylül, İzmir.
- TUIK, 2021. Su Ürünleri İstatistikleri, Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara. (www.tuik.gov.tr, Erişim tarihi 23.09.2021)
- Uysal, H., 1970. Türkiye sahillerinde bulunan midyeler (*Mytilus galloprovincialis* L.) üzerine biyolojik ve ekolojik araştırmalar. E.Ü.F.F. İlmi Raporlar Serisi No: 79, İzmir. 79s.

Vaccarella, R., Pastorelli, A.M., Marano, G., Rositani, L., de Zio V.E. 1998. La pesca di *Venus verrucosa* L. in Puglia e suoi effetti sulle comunità bentoniche. *Biologia Marina Mediterranea*, 5: 444-450.

BÖLÜM 2
TÜRKİYE'DE ÇİFT KABUKLU
ÜRETİMİNİN YÖNETİM SÜRECİ

Dr. Mehmet Ali Turan KOÇER¹

Serkan ERKAN²

¹ Tarım ve Orman Bakanlığı, Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Üretme ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, Türkiye. ORCID: 0000-0003-1797-6926
e-posta: matkocer@hotmail.com

² Tarım ve Orman Bakanlığı, Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Üretme ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, Türkiye. ORCID: 0000-0002-5674-8478
e-posta: serkan_erkkan@hotmail.com

GİRİŞ

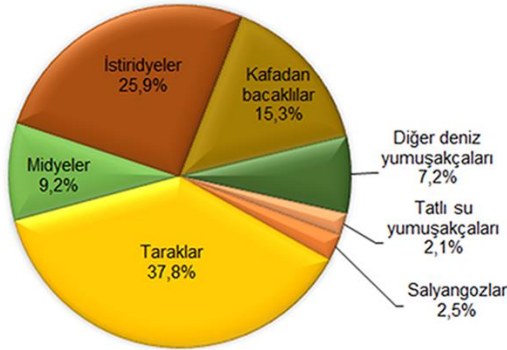
Kültürümüzde geniş bir yere sahip olmamakla birlikte, yumuşakçalar ve özellikle çift kabuklular tarih boyunca insan tüketimi için yararlanılan başlıca su ürünleri kaynakları arasında yer almıştır. Doğal stokların ciddi şekilde sömürüldüğü günümüzde ise küresel çift kabuklu üretimi çok büyük oranda yetiştiricilik yoluyla gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde ise çift kabuklu üretimi neredeyse tamamen avcılıkla gerçekleşmektedir. Çift kabuklu yetiştiricilik sektörü henüz emekleme aşamasındadır ve yatırımcılara önemli fırsatlar sunmaktadır. Bununla birlikte çift kabuklu üretimi yönetiminin ve mevzuatın bilinmesi yatırım fikirlerinin uygulamaya aktarılmasına hız kazandıracaktır.

1. ÇİFT KABUKLU ÜRETİMİNİN DURUMU

Küresel balık üretimi 171 milyon ton olarak 2016 yılında tüm zamanların en yüksek miktarına ulaşmış ve bu üretimin yaklaşık %88'i doğrudan insan tüketimi için kullanılmıştır. Balık unu ve yağı üretimini içeren gıda dışı kullanımı içinde bulunduran üretim hariç tutulduğunda, toplam üretimin %53'ü avcılık ve %47'si yetiştiricilik yoluyla elde edilmiştir. Dünyada 2016 yılının avcılık ve yetiştiricilik üretimi toplam ilk satış değerinin %64'ü yetiştiricilik ürünü kaynaklı olmak üzere, 362 milyar USD olarak tahmin edilmiştir. Ek olarak, 1961 ve 2016 yılları arasında küresel balık tüketimindeki yıllık ortalama artış (%3,2), nüfus artışını (%1,6) geride bırakmış ve tüm karasal hayvanlardan temin edilen kırmızı ve beyaz et oranını (%2,8) aşmıştır. 2015 yılında 20,2 kg olan kişi başına balık tüketimi %1,5 artışla, 2016 yılında 20,3 kg

miktara ulaşmıştır. Avcılık üretimi geçen yüzyılın son çeyreğinden itibaren nispeten sabit kalmıştır ve gelecek yıllarda artış beklenmemektedir. Son 10 yılda avcılık yoluyla elde edilen üretimin büyüme hızı iki haneli rakamların altına gerilemiş olmasına karşın, devam eden büyümesiyle yetiştiricilik üretimi insan tüketimi için balık teminindeki katkısını artırmaktadır (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, 2018).

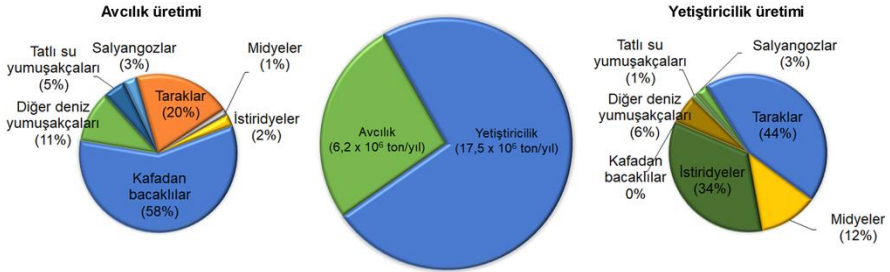
Dünyada 2018 yılı toplam yumuşakça üretimi 23,7 milyon tonu aşmıştır (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, 2020). Kafadan bacaklılar, salyangozlar ile diğer deniz ve tatlı su yumuşakçaları önemli kaynaklar olmakla birlikte, küresel yumuşakça üretimini büyük oranda çift kabuklular (taraklar, istiridyeler ve midyeler) temsil etmiştir. Denizel çift kabuklular 2018 yılı, küresel yumuşakça üretiminin yaklaşık %73'ünü oluşturmuştur (Şekil 1).



Şekil 1: 2018 yılında başlıca kabuklu yumuşakça tür grupları için küresel üretimin oransal dağılımı (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, 2020)

Dünya Gıda ve Tarım Örgütü verilerine göre (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, 2020) son 10 yılda dünya yumuşakça üretiminin

toplam balıkçılık üretimindeki (sucul bitkiler ve algler, memeliler ve hayvansal türlerden elde edilen ürünler hariç) payı %13,3-14,5 arasında değişmiştir. Küresel yumuşakça üretimini ise büyük oranda yetiştiricilik üretimi (%73,7) desteklemiştir (Şekil 2).



Şekil 2: 2018 yılı yumuşakça tür grupları küresel üretiminin avcılığa ve yetiştiriciliğe göre dağılımı (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, 2020)

Yumuşakçalar insanlık tarihi boyunca dünya su ürünleri üretimi sektörünün önemli bir bileşeni olmuştur (Yang vd., 2016). Denizel yumuşakçaların avcılık üretimini büyük oranda kafadan bacaklılar temsil etmektedir. Dünyada 2018 yılı denizel çift kabukluların avcılık yoluyla üretimi yaklaşık 1,48 milyon ton olarak rapor edilmiş ve en yüksek üretim Amerika Birleşik Devletleri tarafından gerçekleştirilmiş olup Japonya ile birlikte toplam avcılık üretiminin yarısını elde etmişlerdir (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, 2020) (Tablo 1).

Tablo 1. 2018 yılında avcılıkla çift kabuklu üretiminde lider ilk 10 ülke (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, 2020)

Ülke	Üretim (ton/yıl)
Amerika Birleşik Devletleri	382.764
Japonya	343.300
Kanada	97.814
Güney Kore	84.283
Meksika	81.209
Fransa	75.643
Endonezya	69.070
Türkiye	45.138
Danimarka	43.089
Şili	38.530

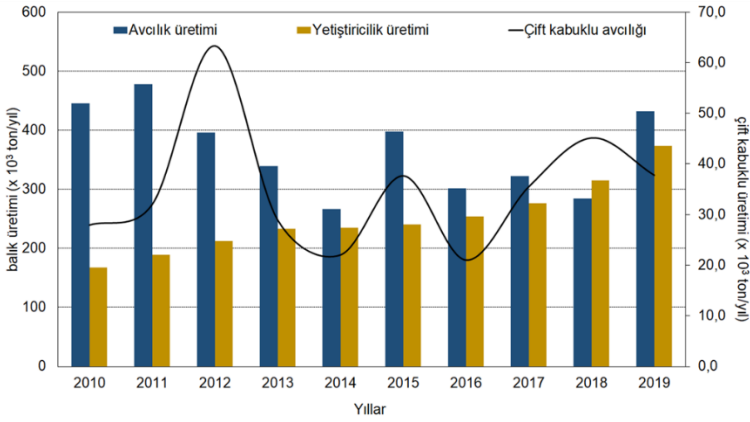
Denizel çift kabukluların yetiştiricilik üretimi, 2018 yılında, yaklaşık 15,8 milyon ton olarak raporlanmış ve en yüksek üretim Çin tarafından gerçekleştirilmiştir (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, 2020). Çift kabuklu üretim istatistiklerinde Çin'in kitlesel üretiminin rolü büyüktür ve toplam yetiştiricilik üretiminin büyük kısmını (%84) temsil etmiştir. Çin hariç tutulduğunda, diğer 9 ülke yetiştiricilik üretiminin büyük kısmını (%79) gerçekleştirmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: 2018 yılında yetiştiricilikle çift kabuklu üretiminde lider ilk 10 ülke (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, 2020)

Ülke	Üretim (ton/yıl)
Çin	13.281.440
Güney Kore	391.091
Şili	376.883
Japonya	350.400
İspanya	287.013
Amerika Birleşik Devletleri	181.074
Fransa	144.838
İtalya	93.171
Tayland	93.074
Yeni Zelanda	88.168

Çift kabuklu yetiştiriciliğinde lider ülke olan Çin’de farklı istiridyeye, midye ve tarak türleri üretimi gerçekleştirilirken, Pasifik istiridyesi (*Crassostrea gigas*) ile tarak (*Patinopecten yessoensis*) Japonya’da ve Pasifik istiridyesi, Kore midyesi (*Mytilus coruscus*) ile akivades (*Ruditapes philippinarum*) Güney Kore’de yetiştiriciliği yapılan başlıca türlerdir. Türkiye çift kabuklu ihracatında önemli bir pazar olan Avrupa’nın başlıca üreticileri arasından İspanya’da kara midye (*Mytilus galloprovincialis*), Fransa’da Pasifik istiridyesi ile mavi midye (*Mytilus edulis*) ve İtalya’da kara midye ile akivades yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan türlerdir.

Dünyada geçen yüzyılın son çeyreğinden beri süregelen nispeten sabit avcılık miktarlarına karşın, Türkiye’de avcılıkla elde edilen ürün miktarında düşme eğilimi gözlenmektedir (Şekil 3). Çift kabuklu üretimi ülkemizde neredeyse tamamen avcılığa dayanmaktadır ve çift kabuklu üretiminin toplam balık üretimindeki payı %10’un altındadır. 2010 ve 2019 yılları arasındaki periyotta avcılıkla elde edilen çift kabuklu ürün miktarı $21-63 \times 10^3$ ton arasında değişim göstermiştir. Elde edilen ürünün oldukça büyük bir kısmını (>%94) ise kum midyesi [beyaz kum midyesi (*Chamelea gallina*)] oluşturmuştur (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020).



Şekil 3: Türkiye’de avcılık ve yetiştiricilikle elde edilen balık ve çift kabuklu üretimi miktarlarının yıllara göre değişimi (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020)

Çift kabuklu yetiştiriciliği, Türkiye için henüz yeni bir alan olmakla birlikte, kısa zamanda büyüme potansiyeline sahiptir. 2018 yılı itibariyle projeli kapasitesi 10.330 ton/yıl ve yaklaşık 80 ha alanda kara midye (*Mytilus galloprovincialis*) ve akivades (*Ruditapes decussatus*) yetiştiriciliği yapılan 12 çift kabuklu yetiştiricilik tesisi bulunmaktadır. Proje aşamasında 16 işletmenin yatırımlarının tamamlanması ile 2020 yılında proje kapasitesinin 25 bin ton/yıla ulaşması beklenmektedir (Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, kişisel iletişim).

2. TÜRKİYE’DE ÇİFT KABUKLU AVCILIK ALANLARININ YÖNETİMİ

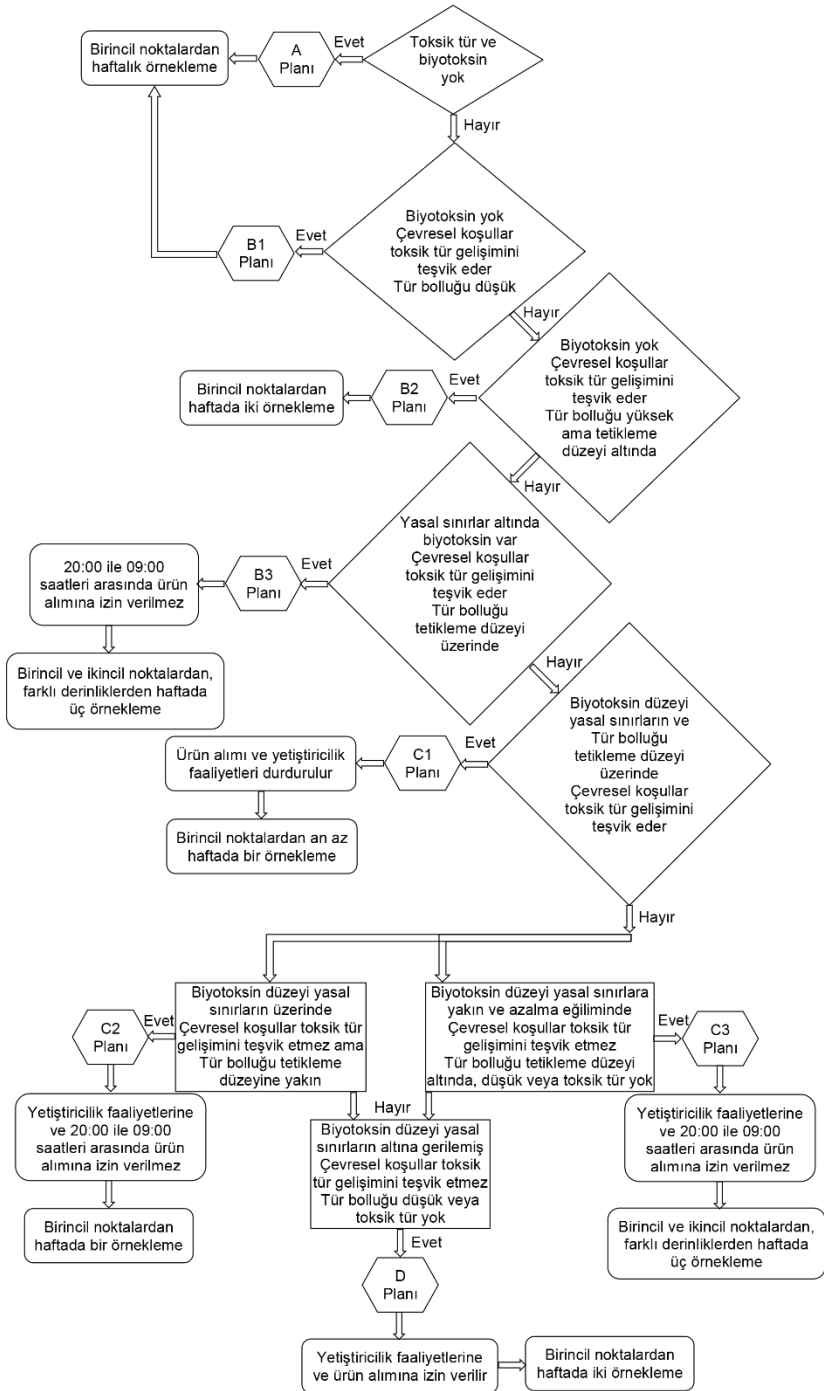
27 Aralık 2011 Tarih ve 28155 sayılı Resmi Gazetede mülga Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı’ndan yayınlanan Hayvansal Gıdalar İçin Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği’nin getirdiği gıda güvenliği ve halk sağlığı kuralları gereğince, çift kabuklu üretim alanları, 2012 yılında yayınlanan ve 2016 yılında güncellenen, Avcılık veya

Yetiştiricilik Yoluyla Elde Edilen Çift Kabuklu Yumuşakça Üretim Alanlarının Belirlenmesi, Sınıflandırılması, Ürün Alımına Açılıp Kapatılması ve Numune Alımına İlişkin Uygulama Talimatına göre belirlenmekte ve sınıflandırılmaktadır. Tebliğ'e göre izleme programı yürütülmemiş veya yürütülen program sonucunda ürün alımı uygun görülmeyen alanlarda canlı çift kabuklu avcılığı ve yetiştiriciliği yapılmasına izin verilmemektedir.

Bir üretim alanı, koliform grubu bakterilerin neden olduğu fekal kontaminasyon riskinin değerlendirilmesi ve toplanan ürüne uygulanacak işlemlerin belirlenmesi amacıyla sınıflandırılmaktadır. Üretim alanları canlı çift kabuklu et ve kabuklar arası sıvısında bulunan *Escherichia coli* sayısına göre üç sınıfta değerlendirilir (Şekil 4). Buna göre, A sınıfı üretim alanları, herhangi bir işlem uygulanmadan piyasaya canlı arz edilebilecek veya ihracatı yapılabilecek canlı çift kabukluların üretildiği alanlardır. B sınıfı üretim alanları, bir arındırma tesisinde işlem uygulandıktan veya yatırma alanında kısa süreli bekletildikten sonra gıda olarak tüketilebilecek canlı çift kabukluların üretildiği alanlardır. C sınıfı üretim alanları ise, yatırma alanında uzun süreli olarak bekletildikten sonra canlı veya ısıl işlem uygulandıktan sonra işlenmiş gıda olarak tüketilebilecek canlı çift kabukluların üretildiği alanlardır. Analizi yapılan numune sayısı veya izleme süresine bağlı olarak üretim alanları öncelikle “ön sınıflandırma” (en az 12 numune) ve ardından “ilk tam sınıflandırma” (en az 24 numune) sürecini tamamlar. Üretim alanının “tam sınıflandırması” için 3 yıllık izleme döneminin tamamlanması gerekir (Şekil 4). Bununla birlikte, ilk

tam sınıflandırma ardından 6 ve 12 aylık dönemlerde (sırasıyla 12 ve 24 numune) analiz sonuçlarına bağlı olarak üretim alanlarının yeniden sınıflandırması yapılır.

Bir üretim alanında canlı çift kabuklu et ve kabuklar arası sıvısında bulunan *E. coli* sayısı 46.000 EMS/100 g veya üzerinde belirlenirse, alan üretime kapatılarak ürün alımına izin verilmez ve 48 saat aralıkla ardışık iki numune alınır. Sonuçlar alan için daha önce belirlenmiş sınıflandırma ile uyumlu ise alan ürün alımına açılır ve ürünler sonuçların temsil ettiği sınıfa göre değerlendirilir. Ardışık iki numunedeki analiz sonucundan birinde *E. coli* sayısı 46.000 EMS/100 g veya üzerinde ise bakteriyel sörvey yapılmak üzere alan beklemeye alınır. Bakteriyolojik sörveye sürecin olağandışı bir duruma dayandığı belirlenirse alan tekrar ürün alımına açılır. Yürütülen izleme sürecinde bakteriyolojik riskler yanı sıra, çift kabuklu etinde biyotoksin birikiminin halk sağlığı için tehdit oluşturuyorsa, üretim alanındaki yetiştiricilik faaliyetleri ve ürün alımına ilişkin birtakım planlar uygulanır (Şekil 5).

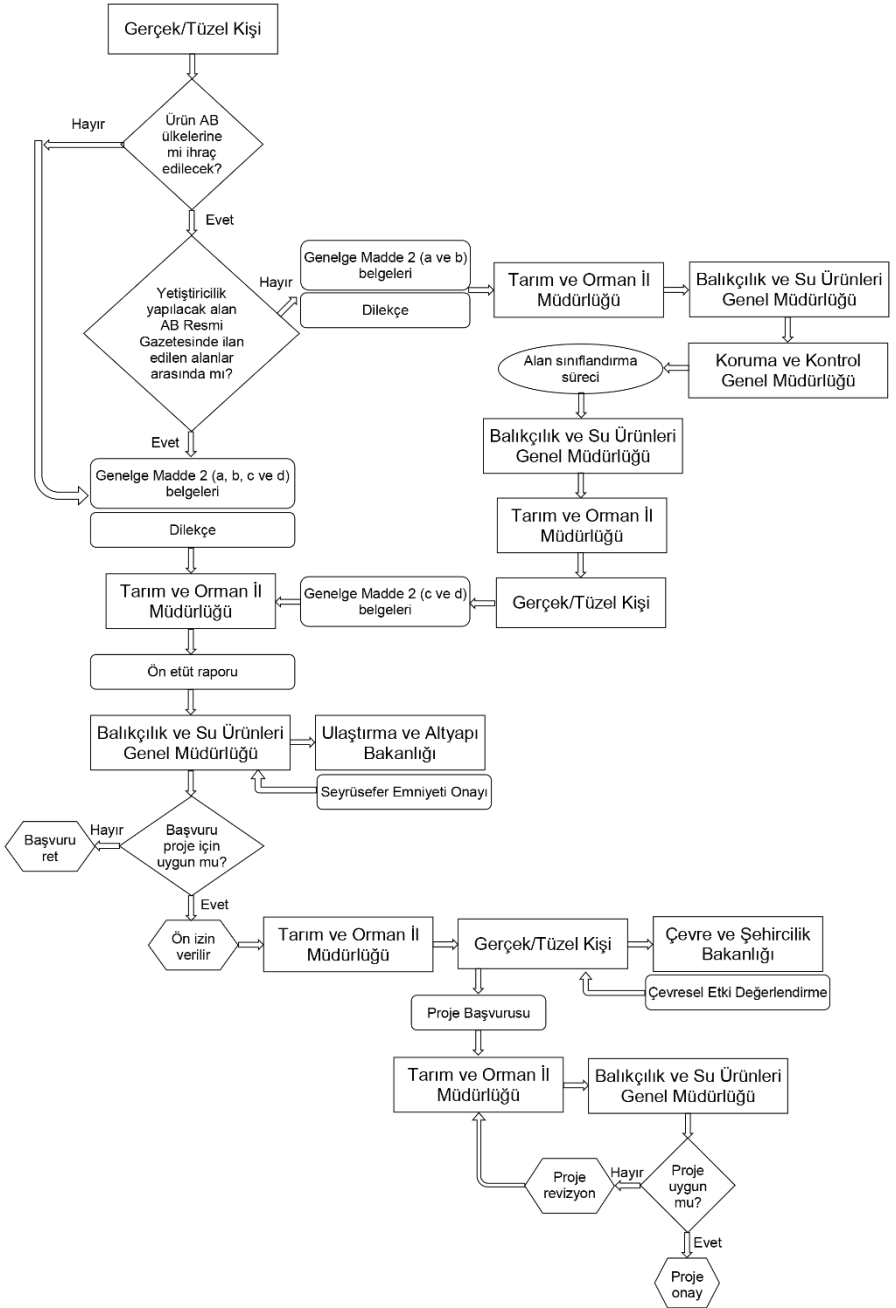


Şekil 5: Biyotoksin Kontrolü Eylem Planı süreci

3. TÜRKİYE’DE ÇİFT KABUKLU YETİŞTİRİCİLİĞİ YÖNETİMİ

Türkiye’de çift kabuklu yetiştiriciliği yönetimi Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği kapsamında yürütülmektedir. Yönetmeliğin “tesislerin kurulma yerleri ve aranacak şartları” başlığı altında tesis yerlerine ilişkin genel hususları açıklayan ikinci bölüm Madde 5 (ö) bendinde kabuklu, eklembacaklı ve yumuşakça yetiştiriciliğine ilişkin usul ve esasların Bakanlık Merkez Teşkilatınca hazırlanan genelge ile belirleneceği belirtilmektedir. 18.06.2007 tarih ve 26556 sayılı Resmî Gazetede değişikliği yapılan Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği’nin ilgili maddesine açıklık getirmek ve uygulamada bütünlük sağlanmak amacıyla ise Çift Kabuklu Yumuşakça Yetiştiriciliğine İlişkin Uygulama Esasları Genelgesi (2010/1) yayınlanmıştır.

Genelgeye göre, çift kabuklu yetiştiriciliğinin yönetimine ilişkin sürecin aşamaları asıl olarak ürünün Avrupa Birliği üyesi ülkelere ihraç edilip edilmeyeceğine göre değişiklik göstermektedir (Şekil 6). Ön izin sonrası işlemler, yönetmeliğin ilgili hükümlerine uygun olarak yürütülür. Üretim amacı ve yöntemine bakılmaksızın, yetiştiricilik yapılan alanda materyalin doğadan teminine ilişkin olarak Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü’nün olumlu görüşünün alınması gerekmektedir.



Şekil 6: Çift kabuklu yetiştiriciliği yönetim süreci

Başvuru sürecinde yetiştiricilik yapılacak denizel alanın fiziksel ve oşinografik karakteristikleri yanı sıra 5 km çapındaki alan içerisinde yer alan karasal alanda arazi kullanımı bilgileri de istenilmektedir. Alan seçiminde su kalitesi, 2 Haziran 2008 tarih ve 26894 sayılı Resmî gazetede yayınlanan Kabuklu Su Ürünlerinin Yetiştigi Sulara İlişkin Kalite Standartları Hakkında Tebliğ’de belirtilmiş olan parametrelere göre değerlendirilmektedir. Bu temel gereklilikler yanı sıra, yetiştiricilik yapılması öngörülen alan, tür ve yonteme ilişkin olarak, su ürünleri konusunda eğitim veren fakülteler veya su ürünleri araştırma enstitüleri tarafından bir teknik rapor düzenlenmesi gerekmektedir. Düzenlenecek teknik rapor alandaki toksik alg bolluğu ve biyotoksin birikim olasılığı ile denizel çevrenin besin miktarı bakımından uygunluğu da değerlendirilmelidir.

Proje onayını takiben başvuru sahibi işletme süresince uyması gereken kuralları içeren her sayfası Tarım ve Orman İl Müdürlüğü yetkilisi ve başvuru sahibi tarafından paraflanan ve noter tarafından onaylanan bir teknik şartname imzalar. Teknik şartnameye uygun olarak kurulumaya tesis projeleri Tarım ve Orman İl Müdürlüğü’nün gerekçelerini açıkladığı teklifle Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından iptal edilebilir.

4. SONUÇ

Küresel olarak yaklaşık yüzde 4 oranında ticaret hacmi olduğu bilinen çift kabuklular (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, 2012), ülkemiz balıkçılık sektörü içinde ekonomiye küçümsenemeyecek boyutlarda katkı vermektedir. Türkiye çift kabuklu üretiminin

neredeyse tamamı doğal alanlardan avcılık yolu ile yapılmaktadır. Çift kabuklu yetiştiriciliği, ülkemiz için henüz yeni bir üretim sahası olmakla birlikte, kısa zamanda büyüme potansiyeline sahiptir. Karadeniz, Marmara Denizi ve Ege Denizi kıyıları avcılık faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı alanlardır. Yetiştiricilik faaliyetleri ise özellikle Marmara Denizi'nde ve Çanakkale Boğazı'nda yoğunlaşma eğilimi göstermektedir.

Avrupa Komisyonu Regülasyonu 854/2004 (Avrupa Komisyonu, 2004), insan tüketimine yönelik hayvan kökenli ürünlerin resmi kontrollerinin organizasyonu için özgün kurallar koymaktadır. İzleme programları için uygun temsil edici izleme noktaları belirlemek için çift kabuklu üretim alanları ve ilişkili su toplama havzaları ile kıyı sularının sağlık sörveylerinin hazırlanmasını gerektirmektedir. İlgili regülasyon gereğince, Türkiye'de çift kabuklu üretim alanları ve ürünler "Avcılık veya Yetiştiricilik Yoluyla Elde Edilen Çift Kabuklu Yumuşakça Üretim Alanlarının Belirlenmesi, Sınıflandırılması, Ürün Alımına Açılıp Kapatılması ve Numune Alımına İlişkin Uygulama Talimatı" kapsamında Tarım ve Orman Bakanlığı adına Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü tarafından düzenli olarak izlenmektedir (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2012).

Hasat edilen ürünün canlı olarak ihraç edilmesi ekonomik karlılık bakımından önem taşımaktadır. Çift kabuklu ihracatı ise büyük oranda Avrupa Birliği ülkelerine gerçekleştirilmektedir. Ancak izleme ve denetleme sisteminde belirlenen eksiklikler nedeniyle Avrupa Birliği ülkelerine canlı çift kabuklu ihracatı 4 Ağustos 2013 tarihinden beri

askıya alınmıştır. Avrupa Komisyonu'nun gıda denetim faaliyetlerini yürüten Gıda ve Veterinerlik Ofisi'nin belirttiği eksiklikler giderilemediğinden, devam eden süreçte askı kararı günümüze kadar uzatılmıştır. Belirlenen eksikliklerin kısa zamanda giderilerek canlı ve soğutulmuş ürün ihracatının önünün açılması, 2018 yılında avcılıkla elde edilen ürün miktarı bakımından en yüksek üretim yapan ilk 10 ülke arasına girmiş olan ve yakın zamanda yetiştiricilik üretimiyle benzer bir sıralamaya ulaşma potansiyeline sahip olan Türkiye'de çift kabuklu sektörünün gelişimi bakımından önemli görünmektedir.

KAYNAKÇA

- Avrupa Komisyonu. (2004). Regulation No 854/2004 of The European Parliament and of The Council of 29 April 2004 laying down specific rules for the organisation of official controls on products of animal origin intended for human consumption. Off. J. Eur. Communities, (24), 83-127.
- Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü. (2012). The State of World Fisheries and Aquaculture 2012. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü. (2018). The state of world fisheries and aquaculture: Meeting the sustainable development goals. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü. (2020). Fisheries and Aquaculture Statistics. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/fishery/statistics/en> adresinden edinilmiştir.
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2012). Avcılık veya Yetiştiricilik Yoluyla Elde Edilen Çift Kabuklu Yumuşakça Üretim Alanlarının Belirlenmesi, Sınıflandırılması, Ürün Alımına Açılıp Kapatılması ve Numune Alımına İlişkin Uygulama Talimatı. http://www.tarim.gov.tr/GKGM/Belgeler/Mevzuat/Talimat/cift_kabuklu_yumusakca_talimati.pdf adresinden edinilmiştir.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2018). Su Ürünleri İstatistikleri Veri Tabanı. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr> adresinden edinilmiştir.
- Yang, H., Sturmer, L.N., Baker, S. (2016) Molluscan Shellfish Aquaculture and Production. UF/IFAS Extension Document FA191. Florida: University of Florida.

BÖLÜM 3

ÇİFT KABUKLU YETİŞTİRİCİLİĞİNDE ALAN SEÇİMİ VE ÖNEMİ

Prof. Dr. Deniz ÇOBAN¹

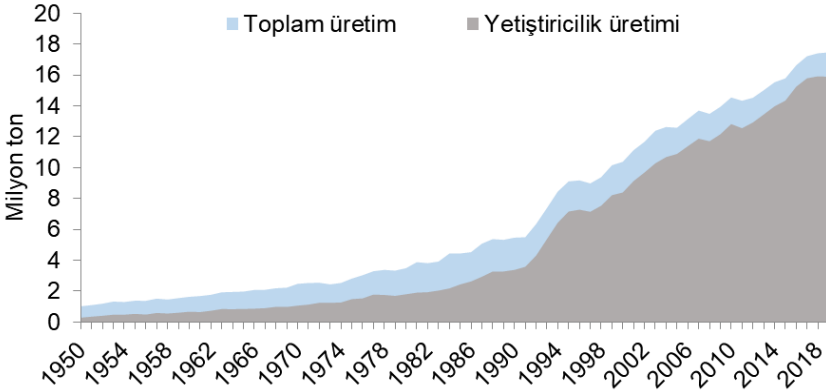
Doç. Dr. Mehmet GÜLER²

¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye. ORCID: 0000-0001-7058-3123
e-posta: deniz.coban@adu.edu.tr

² Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye. ORCID: 0000-0001-8257-1138
e-posta: mehmetguler@adu.edu.tr

GİRİŞ

Çift kabuklu yetiştiriciliği, yem kullanılmaması, basit, maliyeti düşük sistemler kullanılarak yapılması ve denizde yapılan balık türlerinin yetiştiriciliklerine kıyasla çevre ile daha uyumlu olması gibi özelliklere sahip bir yetiştiriciliktir. Bu türlerin yetiştiricilik sistemlerinin avantajlı yönlerinden dolayı, insanoğlunun besin ihtiyacını karşılama konusunda, özellikle 1990'lı yıllardan itibaren, dünya çapında hızla artmıştır (Şekil 1). Fakat bu avantajlı yönler, ancak uygun alanlarda yapılacak yetiştiricilikle ortaya çıkabilmektedir. Yetiştiricilik alanlarının belirlenmesinde, çift kabukluların suyu süzerek beslenmeleri, yetiştiricilik sistemlerinin tipi, predatör organizmaların etkisi ve hastalıklar konusunda aktif önlemlerin henüz belirsiz ve yetersiz olması gibi birçok etken henüz çalışma aşamasındadır. Yetiştiricilik sistemlerinde biyolojik olarak ele alınabilecek önlemler, bunların başarısını belirleyicisi konumundadır.



Şekil 1. Dünya çift kabuklu üretim miktarı (FAO 2021)

Yetiştiriciliği yapılan ticari olarak değerli çift kabuklular midyeler, istiridyeler, taraklar ve kum midyeleri olarak ele alındığında (Şekil 2), farklı fizyolojik özellikleri sebebi ile her bir grubun farklı yaşam ortamları ve çevresel istekleri olduğu görülmektedir. Örnek olarak kum midyeleri kısmen veya tamamen sedimentte gömülü yaşarken, midyeler dibin yanı sıra dik yüzeylerde de, daha çok gelgit bölgesi yakınında hatta üstünde birbirlerine ve eğer mevcut ise sert bir zemine tutulu halde yaşarlar (Gosling 2003). Bu sebeple yetiştiricilikte alan seçimi yetiştiriciliği yapılacak türe göre yapılmalıdır.



Şekil 2. Yetiştiriciliği yapılan veya yapılması potansiyel olan çift kabuklu türleri (Fotoğraf D. Çoban)

Bu bölümde alan seçimi ve ilgili faktörler ele alındıktan sonra türler üzerinden de değerlendirme yapılacaktır. Ek olarak çift kabuklu alan seçimini etkileyen faktörler birbiri ile ilişkili ve birbirinin içinde olabilmektedir. Örneğin, çift kabuklularda beslenme faaliyeti biyolojik bir faktör olmakla beraber, beslenmeyi sıcaklık, tuzluluk, askıdaki maddelerin konsantrasyonu (Winter 1978) ve besinin kalitesi (Bayne et al. 1987) gibi birçok çevresel faktör etkileyebilmektedir (Şekil 3 ve 4). Bu durumda bahsedilen faktörlerden dolayı yetiştiricilik sahaları arasında kesin sınırlar olmayacaktır. Burada beslenme en önemli yetiştiricilik unsuru olduğu için bu sistemler birlikte değerlendirilmek zorundadır. Ayrıca, yine bu bölüm içerisinde çift kabuklu yetiştiriciliğinde alan seçimi ve önemi, yetiştiriciliğe etki eden biyolojik faktörlerin yanı sıra fiziksel, kimyasal, sosyal ve yasal düzenlemeler gibi genel su ürünleri yetiştiriciliği konuları üzerinden de değerlendirilmeye çalışılacak ve çeşitli öneriler sunulacaktır.

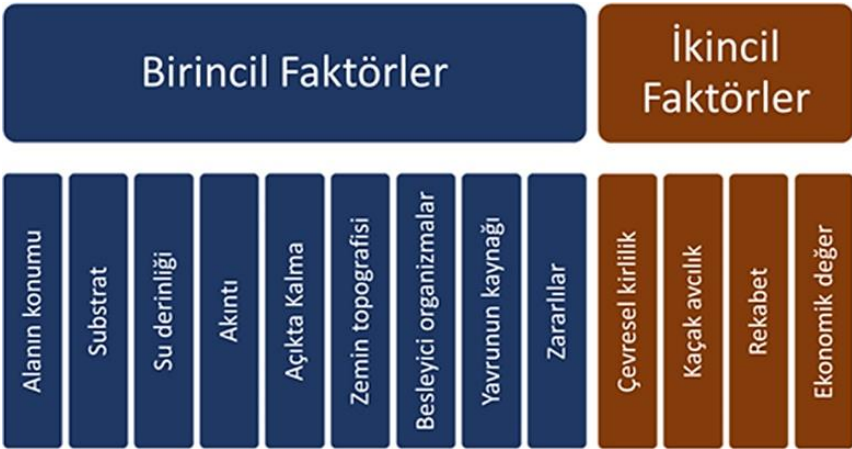
1. BİYOLOJİK FAKTÖRLER

Çift kabuklu su ürünleri suyu süzerek beslendikleri için yetiştiriciliğin yapılacağı alan canlıının metabolizma faaliyetlerini karşılamının yanı sıra hızlı büyümesini de sağlayabilecek miktarda besin maddesi (örneğin fitoplankton) bulundurulmalıdır. Besin maddesi, yetiştiriciliği yapılan çift kabukluların tüketimi ile doğru orantılı olarak süreklilik arz etmelidir (McKindsey 2013). Eğer besin yenilenme hızı tüketim hızının gerisinde kalacak olursa üretim düşecek, beslenme eksikliğine bağlı olarak et verimi azalacaktır. Ortamdaki bu besinin yenilenme hızı, stok

yoğunluğu, üretim miktarının büyüklüğü ve hasat zamanı üzerinde belirleyici etken olarak kabul edilebilir (McKindsey et al. 2006).



Şekil 3. Çift kabuklu yetiştiriciliği için alan seçiminde dikkat edilmesi gereken ana etkenler

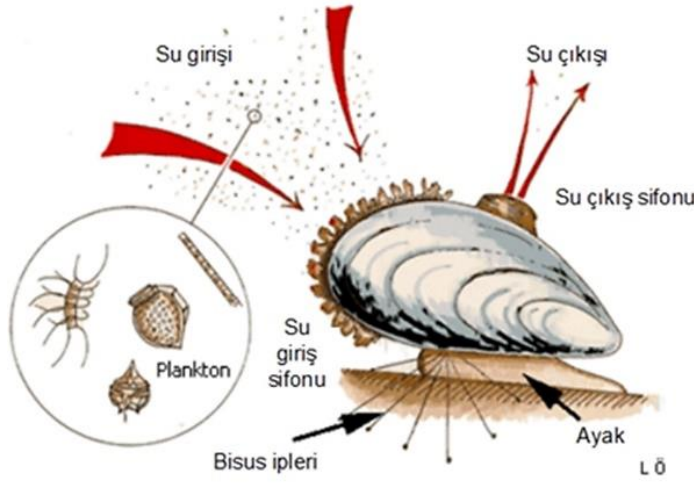


Şekil 4. Çift kabuklu yetiştiriciliğinde alan seçimini ve buna bağlı olarak türün gelişimini etkileyen faktörler

Genel olarak fitoplankton, çift kabukluların temel besin maddesi olarak kabul edilir. Bununla beraber çift kabuklular bakteri, zooplankton, sudaki organik maddeler ve detritusdan da büyümede ve üremede kullanılmak üzere enerji elde etmektedirler (Stuart et al. 1982; Stirling and Okumuş 1994; Dame 1996; Davenport et al. 2000). Manto boşluğundan giren yiyecek, seleksiyonun yapıldığı palial organa gelir. Burada besin olarak kullanılmayan genellikle inorganik partiküller yalancı dışkı olarak dışarıya geri atılır (Shumway et al. 1985; Arapov et al. 2010). Diğer partiküller özofagustan mideye geçer ve burada sindirim başlar. Sindirim sonrasında kalan parçalar bağırsağı geçerek diğer sindirilmemiş partiküllerle birlikte anüs ve çıkış açıklığından dışarıya dışkı peletleri olarak atılır (Gosling 2003). Bu olay tüm türlerde otomatik bir şekilde gerçekleşir (Jørgensen 1996). Çift kabuklular, sudaki maddelerin besin kalitesine ve miktarına göre ve ayrıca kendi ihtiyaçlarına göre bir seçim yapar (Bayne 1998). Dolayısıyla yetiştiricilik ortamında suda bulunan besin maddeleri, miktarının yanında kalitesi ile de canlının gelişmesinde temel belirleyici rolü oynar.

Fitoplankton bolluğu ve çeşitliliği üzerinde besin tuzları ile birlikte çeşitli iklimsel ve hidrolojik faktörlerin etkisi öncelikli olmakla beraber, fitoplanktonun doğal ortamdaki kontrolünde çift kabukluların varlığı oldukça önemlidir (Ogilvie et al. 2000). Çift kabukluların büyümesinde fitoplankton miktarı doğrudan etkili olmakla beraber (Page et al. 1987), yetiştiriciliği yapılan birçok tür için fitoplankton temel bir besin maddesidir (Xu and Yang 2007). Bununla beraber çift

kabukluların besin olarak tükettikleri fitoplankton türleri farklılık gösterebilir (Şekil 5). Örnek olarak yayınlanan bir çalışmada, yetiştiriciliği yapılan tarak türlerinden *Chlamys farreri*'nin diatom ağırlıklı beslendiği, bunun yanında yine en çok yetiştiriciliği yapılan türlerden Pasifik istiridyesi (*Crassostrea gigas*) ve Akdeniz midyesinin (*Mytilus galloprovincialis*) besininde dinoflagellatlarında oldukça fazla olduğu görülmüştür (Xu ve Yang, 2007). Bu durum, denizel ortamda hangi fitoplanktonun bol bulunduğuna göre de değişebilir. Örnek olarak dinoflagellat patlaması olan bir bölgeden alınan Akdeniz midyesi mide içeriği örneklerinde beklendiği üzere dinoflagellatların yoğun bulunduğu, başka bölgede yapılan bir örneklemede ise dinoflagellat ve diatomların diğer gruplara göre az olduğu tespit edilmiştir (Prato et al. 2010). Ayrıca çift kabukluların buldukları derinliklerde, canlının hangi tür fitoplanktonlar ile beslendiklerini doğrudan etkiler. Bununla ilgili olarak yetiştiriciliği yapılan taraklardan *Placopecten magellanicus*'un mide içeriğinde, derin bölgelerden gelen örneklerde bentik diatomlar baskınken, sığ bölgelerden alınan örneklerde pelajik diatomların fazla olduğu görülmüştür (Shumway et al. 1987). Sonuç olarak yetiştiricilik yapılacak alanın seçiminde hızlı bir büyüme için ortamda bulunan fitoplankton biyokütlesi yanında, fitoplanktonun türü de önem arz etmektedir. Uygun ve kaliteli besin, çift kabukluların büyümesini dolayısı ile yetiştiricilik için önemli olan et verimini arttıracaktır (Arapov et al. 2010). Kabuk boyunun gelişmesi ile birlikte, et veriminin de fazla olması yetiştiricilikte üreticiler tarafından istenen en büyük özelliklerin başında gelir.



Şekil 5. Çift kabuklu beslenmesi (Anonim 2020a).

Çift kabuklu yetiştiriciliğinde alan seçimi ile ilgili en önemli biyolojik faktörlerden bir diğeri de yetiştiricilik alanındaki predatör organizmalardır. Predatör organizmalar ve etkileri, bu kitabın ilgili bölümünde detaylı olarak işlenmektedir. Fakat yine de kısa bir değerlendirme yapılacak olunursa, çift kabuklu predatörleri birçok farklı taksonomik gruptan olabilir. Genel olarak en büyük etkiye belirli yengeç, denizyıldızı, deniz salyangozu, balık ve kuş türlerinin sahip olduğu rapor edilmektedir (Şekil 6 ve 7). Bu canlılarla mücadelede ilk adım yer seçimi ile ilgilidir ve eğer olanak varsa predatör hayvanların yoğun olarak bulunduğu bölgelerden kaçınmak gerekir (Lovatelli 1988). Bunun dışında fouling organizmaların çift kabuklu gelişimi üzerine olumsuz etkisi yüksektir. Bu organizmalar da aynı predatörleri gibi çift kabukluların ölümüne yol açmaktadır (Bussani 1983). Fouling organizmalar file veya tepsilerde yapılan yetiştiricilik sistemlerini tıkayabilmekte ve su akışını engelleyebilmektedir. Çift kabuklu

yetiştiricilik sistemlerinde bazı durumlarda özellikle Tulumlular (*Tunicata* sp., Lamarck, 1816), yetiştiriciliği yapılan çift kabuklulardan daha büyük biokütleyle ulaşabilmektedir (McKindsey 2013). Bu durum suyu süzerek beslenmeleri sebebi ile ortamdaki yetiştiricilik sistemi üzerine büyük bir ağırlık oluşturacak ve sistemde su akışını engelleyen tıkanıklıklara sebep olabilecektir. Dolayısıyla suyu süzerek beslendiklerin için, yetiştiricilik sistemlerinde çift kabukluların yetersiz beslenmesinden dolayı toplu ölümler veya gelişimde yetersizlikler ortaya çıkabilecektir.



Şekil 6. Başlıca çift kabuklu predatörleri (Anonim 2020b ve 2020c).



Şekil 7. Kara midye çiftliğindeki su kuşları (Fotoğraf D. Çoban)

2. FİZİKSEL FAKTÖRLER

Yetiştiricilik alanının coğrafi özellikleri ile birlikte, yetiştiriciliği yapılacak türün yetiştiricilik yöntemi (dip kültürü, uzun halat, sal, raf vb. kültürleri) (Şekil 8) ve besin kompozisyonu istekleri çift kabuklu türü için uygun olmalıdır. Derinlik, akıntı hızı, tuzluluk, sıcaklık, sediment yapısı gibi ortamın fiziksel koşulları, faaliyetin başarısı açısından öncelikli öneme sahiptir (McKindsey 2013). Fiziksel koşullar konusu altında yetiştiricilik faaliyetinin sadece büyütme yöntemi değil, faaliyetin tümü göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin su seviyesi, derinlik ve dip yapısı, çift kabuklu yetiştiriciliğinde hasadın nasıl yapılacağı üzerine belirleyici etmenlerdir. Gelgit alanında bulunan bir bölgede hasat kazıcı ve toplayıcı araçlar veya özel traktörlerle yapılabileceği gibi, birçok dip üstü kültür yönteminde hasat, tekneler yardımı ile yapılmaktadır. Yetiştiricilik girişimi öncesi birçok farklı fiziksel koşul (tuzluluk, sıcaklık, derinlik, sediment yapısı vb.) ayrı ayrı ele alındıktan sonra bir araya getirilerek yetiştiricilik sahasının uygunluğu değerlendirilmelidir.

Yetiştiricilik yapılacak alanın seçimini etkileyecek diğer bir fiziksel faktör deniz suyu sıcaklığıdır. Yetiştiricilik alanında yıl boyu görülen sıcaklık seviyeleri, yetiştiriciliği yapılacak türün tolerans sınırları içinde olmalıdır. Sıcaklık, çift kabukluların yem alması ve büyümesini doğrudan etkiler. Bu sebepten dolayı, yetiştiricilik sahasında istenilen en uygun sıcaklık seviyesi aralığı daha da daralmış olur (Gilbert 1973; Heck et al. 2002). Bunlara ek olarak çift kabuklularda gametogenez ve sperm üretimi de sıcaklığa bağlıdır ve genel olarak belirli bir sınır

sıcaklık aşıldığı zaman üreme faaliyetleri başlar (Loosanoff and Davis, 1963). Doğadan toplanacak yavrular ile yürütülecek bir yetiştiricilik faaliyeti bu canlıların üreme dönemine ve dolayısıyla deniz suyu sıcaklığına bağlı olacaktır.



Şekil 8. Sal sisteminde yapılan yetiştiricilik çalışması (Karaburun Yarımadası, İzmir) (Fotoğraf D. Çoban)

Gelgit seviyesi ve sediment yapısı da çift kabuklularda büyümeyi etkileyen faktörlerdendir (Carmichael et al. 2004). Denizel yumuşakçalar, su ortamından çıkarıldıklarında strese girerek gelişimlerini yavaşlatırlar ve uzun süre dışarıda kalmaları genellikle ölüme yol açar. Açıkta suyun dışında kalma, denizel yumuşakçaların büyümesini ve ölüm oranını etkileyen en önemli çevresel koşullardan biridir. Hem büyüme hem de ölüm oranı, kıyı yüksekliğine ve suyun dışında kalma süresine göre değişir. Doğada gelgit seviyesi bölgesinde yaşayabilen midye gibi çift kabuklular ve dipte yaşayan istiridye veya kum midyesi gibi canlılar su dışında kalmaya karşı birçok farklı adaptasyona sahip olsalar da, genel olarak toleransları yüksek değildir

ve günlük değişimlerden uzun süren kuraklıklara karşı dayanıklı değillerdir (McMahon 1988). Güneşe maruz kalma da çift kabuklular üzerine doğrudan etkilidir. Çift kabuklu yetiştiriciliğinde su derinliği genellikle bir sınırlayıcı etken olmamasına rağmen kültür metoduna ve yerine karar vermede etkilidir. Özellikle dalyan sahalarında bentik alanda yapılan yetiştiricilikte düşük gelgit zamanında çift kabuklular beslenmeyi durdurmakta, bu da gelişimlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bununla birlikte sırıkta, salda ve uzun halat sisteminde yapılacak sistemlerde, zemin ile yüzey arasındaki mesafe maksimum dalga boyu hesaplanarak kurulmalıdır. Ayrıca derin sularda fitoplanktonik aktivitenin az olması da gelişimi olumsuz etkilemektedir (Lovatelli 1988).

Yer seçiminde dikkate alınacak diğer önemli bir unsurda askıda katı madde seviyesidir. Asılı maddelerden kaynaklanan bulanıklık, ışık geçirgenliğinin azalmasına neden olarak fitoplankton gelişimi üzerine olumsuz etkiye sahiptir. Kil, kum ve diğer organik ve inorganik partiküllü materyaller suda askı durumuna geçtiklerinde, süzerek beslenen çift kabuklular için ölümcül sonuçlar doğurabilmektedir. Düşük büyüme, azalan beslenme süreleri ve sınırlı besin sebebiyle yüksek miktarda askıda katı madde midyeler için ölümcüldür (Tiensongrusmee et al. 1986).

Yetiştiriciliği yapılacak türün biyolojisi alan seçimi için oldukça önemlidir. Substrat bileşimi ve kararlılığı, türün çoğalmasına ve gelişiminde doğrudan etkilidir. Bazı türler çamurlu veya killi çamurlu alanlarda gelişim gösterirken, bazıları da kumlu çamurlu alanları tercih

etmektedir. Mytilidae türleri ise bisusları vasıtasıyla kaya benzeri alanlara tutunur. Sırık veya uzun halat sistemi kurulumunda da zeminin önemi yüksektir.

Çift kabuklu kültüründe şiddetli akıntılar hem besin açısından hem de kültürün devamlılığı açısından istenmez. Çift kabukluların beslenme adaptasyonları nedeniyle, deniz tabanında yapılan yetiştiricilik sistemlerinde akıntının az olması 0,02-0,1 m/sn gibi hızlarda kabukluların beslenmesi için uygunken, su yüzeyine yakın sistemlerde yapılan yetiştiricilikte bu hızın 0,1-0,3 m/sn olması tercih edilir. Akıntı ve dalga yüksekliğinin fazla olması kültürü yapılan çift kabukluların tutunduğu yerlerden tabana düşmesine sebep olur. Böyle yerlerde yetiştiricilik yapılacaksa deniz yüzeyinin altından başlanmalıdır (Lovatelli 1988).

Çift kabuklu yetiştiriciliğine etki eden bir diğer önemli fiziksel faktör ortamın tuzluluğudur. Birçok çift kabuklu türü belirli bir tuzluluk seviyesini tolere etmesine karşın, bazı türler eurihalin özellik göstermezler. Tuzluluk seviyesinde değişim genellikle yağışlı mevsim boyunca büyük miktardaki tatlı su akışı sonucunda görülür ve bu durum kültür ortamı için büyük bir problemdir. Birçok çift kabuklu türü genellikle 20-38 ppt arasında yaşama şansı bulurken, optimum koşullar bu tuzluluk değerleri içerisinde 25-30 ppt olarak bilinir (Lovatelli 1988).

Genel olarak yetiştiricilik yapılacak alanın konumu (hakim rüzgarlar, seyrüsefer vb.) yetiştiriciliğin başarısını etkiler (Şekil 9). Yetiştiricilik

sahasının yerini belirlemek, yetiştiriciliği yapılacak çift kabuklu türüne ve kültür sistemine göre farklılık gösterir. Örnek olarak, uzun halat sisteminin uygun olduğu bir bölge, dip yetiştiriciliği için uygun olmamaktadır. Güçlü rüzgârların bölgeye ciddi şekilde hâkim olmadığı korunaklı alanlarda (koy, körfez vb) çift kabuklu yetiştiriciliği daha verimlidir. Özellikle rüzgâr hareketi sonucu oluşan akıntının zemindeki birikintiyi hareketlendirerek askıdaki katı madde miktarını artırması çift kabuklular üzerinde ölümcül etkilere sebep olmaktadır (Lovatelli 1988). Nehir ağızlarında yağmur sularının getirmiş olduğu katı partiküller de kabukluların gelişimi ve yetiştiriciliği üzerine olumsuz etki yaratmaktadır. Ayrıca nehirler ani tuzluluk ve sıcaklık değişimlerine sebep olmalarından dolayı, nehir ağızları veya nehirin etkisi altında olan sahalarda yetiştiricilik için uygun değildir (Broom 1982).



Şekil 9. HDPE boru sistemi üzerinde yapılan kara midye çiftliği (Karaburun Yarımadası, İzmir) (Fotoğraf D. Çoban)

3. EKOLOJİK FAKTÖRLER

Su ürünleri yetiştiriciliği, gıda endüstrisinin en hızlı büyüyen sektörlerinden biridir ve yetiştiricilik faaliyetlerinin ekosistemle uyumlu bir şekilde yürütülmesi sürdürülebilirlik açısından gereklidir. Özellikle artan insan nüfusuna karşı sağlıklı gıda ihtiyacının temini önemli olup, bilim insanları için öncelikli bir amaç haline gelmiştir. Genel olarak çift kabuklu yetiştiriciliğini de kapsayacak şekilde yetiştiricilik sahasındaki kaynakların kullanımı ve yetiştiricilik faaliyetinin, çevreye etkisinin kabul edilebilir sınırlar içinde olması ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır (Karakassis et al. 2000; Borja et al. 2009; McKindsey 2013; Tsikopoulou et al. 2018). Su ürünleri yetiştiriciliğinde ekolojik konular günümüzde daha çok balık yetiştiriciliği ve ortamdaki besin birikimi ile ilgili değerlendirilmekle beraber, yem kullanılmamasına rağmen çift kabuklu yetiştiriciliği ile ilgili de ele alınması gereken çok sayıda konu vardır (McKindsey 2013). Bir çift kabuklu yetiştiriciliği tesisinde farklı birçok faaliyet bir arada veya peşi sıra olarak yürütülür. Bu faaliyetler tek bir organizasyon altında aynı bölgede yürütülebileceği gibi, farklı müteşebbisler hatta farklı sektörlerin bir araya gelmesi ile de yapılabilir. Bu yetiştiricilik sistemlerinin her aşamasında ekosistem ile beraber ele alınması gereken pek çok farklı konu bulunmaktadır (Tablo 1). Bu konular yetiştiricilik projesinde, seçilen alan ile birlikte değerlendirilmelidir.

Tablo 1. Çift kabuklu yetiştiriciliği aşamaları, kullanılan farklı teknikler ve her bir aşamada ekosistem ve çevre ile ilgili üzerinde durulması gereken konular (Mc Kindsey et al. 2006; Mc Kindsey 2013).

Aşama	Yöntem	Karşılaşılabilecek problem veya ekosisteme etkiler
1. Yavru elde etme	a) Dreç ile	Bentik topluluklara zarar verilmesi ve uzun süre yaşayan canlıların yok olması Hedef türün yavrularının ortamda azalması Hedef alınmayan türlerin toplanarak ortamda azaltılması Sedimentin askıya alınması Ortamdaki diğer canlıların besinlerinin azalması H ₂ S ve nutrient salınımı ve ortamdaki çözülmüş oksijen miktarının azalması
	b)Yapay kolektörler kullanarak	Hedef türün yavrularının ortamda azalması Hedef türün yanı sıra diğer türlerin toplanması Hidrodinamik düzenin değiştirilmesi Yapay resif yapısı oluşumu Büyük omurgalıların takılma riski Sorunlu türlere odaklanma
	c) Kuluçkahane	Olası kimyasal yük Genetik seçim Hastalık yayılımı
	d) İthal etme	Yabancı türlerin girişi Genetik kirlilik Hastalıkların yayılımı
2. Büyütme	a) Tüm yöntemler için genel	Deniz tabanının organik maddelerce zenginleşmesi Resif benzeri yapıların oluşması Hidrodinamik akışın değişmesi (akıntı hızı, türbülans) Besin zinciri üzerine etkiler: Ortamda bulunan diğer çift kabuklularla rekabet, besin tuzlarında dönüşüm hızının artması, bentik organizmaların yumurta ve larvalarının azalması Çift kabuklu larvalarının ortama salınımı

		<p>Predatörler için besin miktarının artması</p> <p>Predatörlerin kontrolü ve zararlıların uzaklaştırılması</p> <p>Kültüre hazırlık girişimleri (predatörlerin dreç benzeri araçlarla uzaklaştırılması)</p> <p>Koruyucu yapıların kurulması (su altı çiti ve koruyucu örtüler gibi)</p> <p>Dreç ve benzeri aletlerle hedef olmayan canlıların uzaklaştırılması</p> <p>Diğer dip canlıları ile kültürü yapılan canlıların rekabeti</p> <p>Yapay resif benzeri yapı oluşturma (canlıları cezbetme, çekme, mevcut canlıları arttırma veya canlıları yerinden etme)</p> <p>Büyük omurgalı canlıların bu yapılara dolanması (köpek balıkları, deniz memelileri, kuşlar)</p> <p>Sorunlu türlere odaklanma</p>
3. Hasat	a) Tüm teknikler için genel	<p>Ortamdaki biyokütlenin ve nutrientlerin uzaklaştırılması</p> <p>O bölgedeki filtrasyon kapasitesinin bir anda azalması</p> <p>Hedef olmayan türlerin uzaklaştırılması</p> <p>Predatörlerle rekabet</p>
	b) Dreç ile	<p>Bentik topluluklara zarar verilmesi ve uzun süre yaşayan canlıların yok olması</p> <p>Sedimentin askıya çıkması</p> <p>H₂S ve nutrient salınımı ve ortamdaki çözülmüş oksijen miktarının azalması</p>
	c) Yetiştiricilik sistemleri ile birlikte	-
4. İşleme		<p>İstenmeyen canlıların uzaklaştırılması</p> <p>Depurasyon</p> <p>Kabukların boşaltılması ve boş kabuklar</p> <p>İşleme tesisinden çıkan atık maddeler</p> <p>Yabancı türlerin veya hastalıkların yayılması</p>

4. SOSYAL, ÇEVRESEL VE YÖNETİM İLE İLGİLİ FAKTÖRLER

Çift kabuklu yetiştiricilik uygulamalarının hayata geçirilmesinde uygun sahaların bulunması ve bu sahaların taşıma kapasitelerinin belirlenmesi önemli yer tutar. Taşıma kapasiteleri belirlenirken önceki maddelerde değinilmiş olan fiziksel koşullar, biyolojik koşullar ve ekoloji konularının yanı sıra sosyal beklentiler de ele alınmalıdır ve “sosyal taşıma kapasitesi” olarak isimlendirilebilir (Kluger et al. 2016).

Sosyal taşıma kapasitesi, belirlenen “kabul edilemez sosyal etkiler” seviyesinin üstü olarak tanımlanır (Inglis et al. 2000). Burada bahsedilen sosyal etki, bölgede mevcut olan geleneksel avcılık, diğer sektörlerdeki iş gücü ve istihdam odaklıdır. Ayrıca bölge halkının istekleri, çevreye duyarlılığı ve çevre konuları da bu kategori altında ele alınabilir. Günümüzde ortak alanı kullanan su ürünleri sektörü, diğer sektörler ile zaman zaman çatılmalar yaşamaktadır. Öyle ki, ikincil konutlar (yazlıklar vb.) ile turizm baskısı deniz yüzeyinin ekonomiye kazandırılmasında öne çıkan en önemli direnç olarak karşımıza çıkmaktadır. Çevre ve sosyal konular ile ilgili, su ürünleri yetiştiriciliği üzerine hazırlanmış örnek bir yönergede konu 3 başlık altında ele alınmıştır (Soto et al. 2008). Bunlar:

1. Yetiştiricilik girişiminin ekosistemin fonksiyonları ve hizmetleri ile ilgili esneklik sınırları ötesinde bir bozulmaya yol açamayacağının garantisi verilmeli ve bunun sonucunda toplumda endişeye yol açmalı;

2. Müteşebbislerin konu ile ilgili olarak bölgede oturan ve çalışan insanların refahını gözetme gerekliliği;
3. Söz konusu girişimin ilgili diğer sektörler, politikalar ve hedefler bağlamında birlikte geliştirilmesi.

Bu yapının merkezinde, kıyılarda yapılan diğer birçok faaliyette olduğu gibi, “Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi” (Integrated Coastal Zone Management; ICZM) yer alır ve karar verme aşamalarında birlikte hareket edilir (McKindsey 2013). Ülkemizde de hayata geçirilen “Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi ve Planlaması”nın Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen hedefleri:

1. Ülkemizdeki kıyı planlama ve uygulama çalışmalarına yeni bir yaklaşım getirmek,
2. Kıyılarda koruma ve denetimle ilgili tedbirleri belirlemek,
3. Kıyı alanlarında yerel beklenti ve talepleri yönlendirmek,
4. Kıyılarda örtüşen yetki alanlarını düzenlemek,
5. Kıyı alanlarının uyumlu ve dengeli bir şekilde korunarak kullanımını teşvik etmek üzere tüm sektörleri dikkate alan bütüncül politika ve karar alma süreçlerinin sağlanması ve kıyı alanlarında yapılacak kıyı yapılarına ilişkin uygulamalar için yol gösterici strateji ve hedefler üretmek

olarak verilmiştir.

Birçok farklı yaklaşım mevcut olmakla birlikte, çift kabukların yetiştiriciliğinde sosyal faktörlerin ilişkilendirilmeleri dünyada henüz

yaygın olarak uygulanmamaktadır (McKindsey 2013). Sosyal faktörlerin tam olarak belirlenebilmesi ve tarafsız değerlendirmeler yapılabilmesi için sistemin uygulanmaya başlamış ve veri elde edilebilir hale gelmiş olması gereklidir. Bunun yanında veri akışı yaratacak bağlantılar kurulmalı ve konunun uzmanları tarafından sürekli bir takip sistemi oluşturulmalıdır (McKindsey et al. 2006). Çift kabukluların yetiştiriciliği ile ilgili entegrasyon ve iyileştirme faaliyetleri üzerine yapılmış olan Akdeniz Genel Balıkçılık Komisyonu Akdeniz ve Karadeniz'de sürdürülebilir kabuklu deniz ürünleri yetiştiriciliği toplantısında (Massa et al. 2016, Scientific Advisory Committee on Aquaculture. FAO Expert meeting on sustainable shellfish aquaculture in the Mediterranean and the Black Sea) sunulan bildirgede:

1. Çift kabuklu yetiştiriciliğinin ulusal gelişimle entegrasyonu,
2. Karar alma sürecinde etkin bir şekilde katılım ihtiyacı (alan planlama, yasal çerçeve vb.),
3. Müteşebbisler açısından çift kabuklu deniz ürünleri yetiştiriciliği konusunda araştırma ve teknolojik gelişme programlarının eksikliği,
4. Kabuklu deniz ürünleri yetiştiriciliği için, ruhsatlandırma, izleme vb. gibi konularda özgün ve açık prosedürlerin ve kuralların eksikliği,
5. Ulusal düzeyde çift kabuklu deniz ürünleri yetiştiriciliği için özgün stratejilerin olmaması

ele alınması gereken yönetsel ve sosyal konular olarak belirlenmiştir.

Buna ek olarak,

1. Çift kabuklu yetiştiriciliği için izinli bölgelerin tanımlanması,
2. Gerekli izinlerin alım sürelerinin kısaltılması,
3. Danışmanlıkla ilgili bir mekanizmanın oluşturulması,
4. Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi ile entegrasyon,
5. Çift kabuklu yetiştiriciliği ile ilgili araştırma fonlarının artırılması,
6. Çift kabuklu yetiştiriciliği için gelişim stratejileri hazırlanması

şeklinde tavsiye niteliğinde kararlar verilmiştir.

Aynı komitede çift kabuklu yetiştiriciliğinin sosyal boyutu da ele alınmış, yüksek seviyede bir sosyal kabul edilebilirlik, topluma yerleşmiş, mal olmuş bir yetiştiriciliğin olmazsa olmaz bir önkoşulu olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda aşağıda sıralanmış konuların önceliğine işaret edilmiştir (Massa et al. 2016):

1. Sektörün imaj, sosyal farkındalıklar ve sorumluluklarla ilgili olarak rolünün güçlendirilmesi,
2. Çift kabuklu deniz ürünleri yetiştiriciliğinin sosyal refaha katkısını teşvik etme,
3. Çift kabuklu su ürünleri yetiştiriciliğinin yerel gelişim ve iş yaratmadaki rolünü güçlendirmek.

Türler ve yetiştiricilik yöntemlerine göre alan seçimi

Yetiştiriciliği yapılan çift kabuklular pek çok tür ve farklı taksonomik gruba ait olsa da genel olarak midyeler, istiridyeler, taraklar ve kum midyeleri olarak ele alınabilir. Bu canlıların her birinin farklı yetiştiricilik yöntemleri ve farklı ihtiyaçları vardır. Dolayısıyla yetiştiricilik sahası seçimleri de farklı olacaktır.

Ülkemiz ve Akdeniz'in en çok tüketilen ve yetiştiriciliği yapılan çift kabuklu türlerinden Akdeniz midyesi (*Mytilus galloprovincialis*) genel olarak uzun halat ve/veya sal sistemi kullanılarak yapılabilir (FAO 2019a) (Şekil 10 ve 11). Bu sistemlerden kollektörler denizel ortama sarkıtılarak yavru toplama işlemi gerçekleştirilir ve alan seçiminde yavru midye temininin verimi önemli kriterler arasındadır.



Şekil 10. Uzun halat sisteminde kullanılan şamandıra tipi yüzdürücüler (Erdek, Balıkesir) (Fotoğraf D. Çoban).



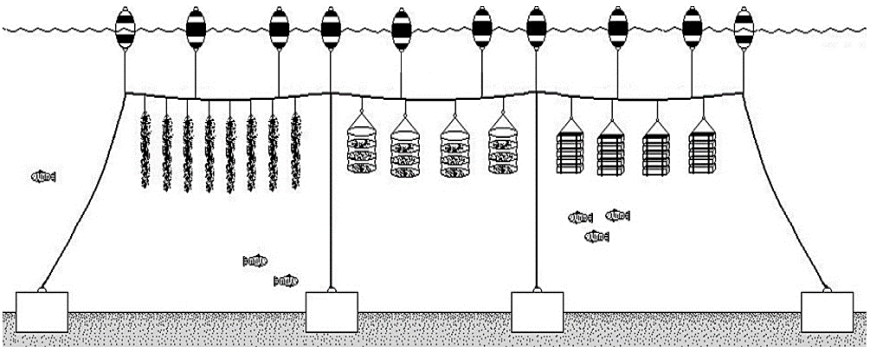
Şekil 11. Uzun halat sisteminin sualtı görüntüsü
(Karaburun, İzmir) (Fotoğraf D. Çoban).

Ülkemizde yetiştiricilik potansiyeli olan diğer bir çift kabuklu akivadestir. Denizlerimizde yerel olarak bulunan *Ruditapes decussatus* (Linnaeus, 1758) ve son yıllarda görülmeye başlanmış uzak doğu kökenli *Ruditapes philippinarum* (Adams and Reeve, 1850) yüksek ticari değere sahiptir (Lopes et al. 2018). Her iki tür için de yavrular doğadan toplanır veya kuluçkahanelerden elde edilir. Akivades yetiştiriciliği genel olarak sığ sularda ve deniz zemininde gerçekleştirilmektedir. Büyütme için seçilecek alan aşırı rüzgâr ve akıntıya karşı korunaklı olmalıdır. Akivadesler farklı tiplerde sediment içinde yaşayabilse de, fazla yumuşak zemin yetiştiriciliğin her aşamasında sorun yaratabilir; özellikle hasat sırasında kullanılacak hasat araçlarını kısıtlar (Şekil 12).



Şekil 12. Gel-git sahasından çift kabuklu hasadı (Anonim 2020d).

İstiridye, birçok farklı türü ile dünyada yetiştiriciliği en yaygın yapılan çift kabuklulardandır (FAO 2019b). Özellikle uzak doğuda farklı yetiştiricilik sistemleri geliştirilmiştir (Şekil 13). Ülkemiz sularında doğal olarak bulunan *Ostrea edulis* (Linnaeus, 1758) türü yetiştiriciliği ele alınabilecek bir diğer çift kabuklu türüdür. İstiridye türlerinin kendi arasında biyolojik özellikleri ve ortam şartlarına tolerans değerleri farklı olsa da, genel itibarı ile yetiştiriciliklerinde kullanılan yöntemler yakındır. İstiridyelerde yavru temini hem doğadan hem de kuluçkahanelerden (İspanya, İngiltere, İtalya, Fransa vb.) yapılabilmektedir (Şekil 14).



Şekil 13. Uzun halat sisteminde üç farklı yetiştiricilik yöntemi (Saba 2011).



Şekil 14. İngiltere’de gel-git sahasında yapılan *O. edulis* yetiştiricilik faaliyeti (Anonim 2020 e ve f).

Doğadan yavru toplamada kollektörler kullanılır. Bu kollektörler temel olarak yüzdürülen halatlar ve üzerlerine tutturulmuş yüzey artırıcı materyalden oluşur. İstiridye yetiştiriciliğinde verimli bir üretim için kollektörlerin bırakılacağı alanın seçimi ve büyütme alanı farklı bölgelerde de gerçekleştirilebilir. Bu aşamada önemli olan faktör ortamdaki besin varlığı ve istiridyelerin üreme aktivitesidir (Tablo 2).

Tablo 2. *O. edulis*’in abiyotik ve biyotik çevresel faktörlere tolerans değerleri (Smaal et al. 2008; Kamermans et al. 2018)

Çevresel Faktörler	Değişkenler	Aralık	Optimum
Sıcaklık	Ergin yaşama	<30	
	Ergin büyüme	6-19	7-14
	Gonad gelişimi	7-14	
	Larva yaşama ve büyüme	10-31	25-27
	Spat dökümü	>18,5	
Tuzluluk (‰)	Spat yaşama	>3	
	Larvanın büyümesi	20-39,5	25-35
Su derinliği (m)	Ergin büyümesi	>19	
	Ergin gelişimi	<80	
Su akıntısı (m/sn)	Ergin gelişimi	<0,25	0,03
Askıda katı madde (mg/L)	Besin girişi	<90	
Besin miktarı (Chl a µg/L)	Gonad gelişimi için	1,68	
Çözünmüş oksijen (mg/L)	Ergin gelişimi	>0,5	

5. SONUÇ

Çift kabuklu yetiştirmek üzere ilgili bakanlığa başvuruda bulunacak müteşebbislerin ve kanun koyucuların, alan seçilmesinde ve bu alanların değerlendirilmesinde, ayrıca bu yetiştiriciliğin herkes için maksimum fayda ile yürütülmesi ve sürdürülebilir bir yetiştiricilik sisteminin bir bölgeye kazandırılması için dikkat edilmesi ve göz önünde bulundurulması gereken hususlar aşağıda bahsedilmiştir:

- Başvuru yapacak firmaların kapasiteleri ve sayıları bölgenin ekolojik ve yetiştiriciliği yapılacak türün biyolojik özellikleri göz önüne alınarak belirlenmelidir,
- Başvuru yapacak firmaların birbirine olan uzaklıklarının yani iki çiftlik arasındaki mesafe ekolojik koşullar, bölgenin hidrodinamik yapısı, deniz trafiği ve uluslararası örnekleri gibi faktörler göz önüne alınarak tespit edilmeli ve bu konuda üniversitelerin ve/veya enstitülerin ilgili bölümlerinden destek alınmalıdır,
- Üretimi yapacak firma, yetiştiriciliği düşünülen türe ve bölgenin yapısına uygun en başarılı yetiştiricilik sistemini belirlemeli ve buna uygun projeyi konu uzmanlarına su ürünleri mühendislerine hazırlatmalıdır,
- Çift kabuklu yetiştiriciliğinde sorunların başında yavru temini gelmektedir. Ülkemizde bu yönde bir kuluçkahane olmadığı için firma yetkilileri başvuru sırasında yavru

teminini nasıl, hangi dönemde ve hangi yöntemleri kullanarak yapacaklarını açıklamalı ve ilgili bakanlık ve/veya bakanlıkların kontrolü sağlanmalıdır,

- Yurtdışında çift kabuklu yetiştiricilik türleri üzerine birçok hastalık ihbarı bulunmakta ve bu bölgelerdeki stoklar bu durumdan zaman zaman zarar görmektedir. Ülkemizde ise bu konuda henüz bir rapor bulunmamaktadır. Bu sebepten, yetiştiricilik yapılması planlanan bölgedeki stoklara dışarıdan özellikle yurtdışından bir popülasyon girişi yapılmamalıdır,
- Çift kabuklu yetiştiriciliği yapan ülkelerin birçoğunda depurasyon (arındırma) ünitesi veya birimi olması zorunludur. Ülkemizde de bu tip çift kabuklulara yönelik depurasyon tesislerinin yapılması, desteklenmesi ve teşvik edilmesi zorunlu hale getirilmelidir. Bununla birlikte bu tesislerden elde edilen ürünlere barkot uygulaması yapılarak izlenebilirliğin sağlanması, ürünlere güvenilirliğin artmasına katkıda bulunacaktır,
- Yetiştiriciliğe açılması düşünülen bölgelerdeki çiftlikler ve ilgili bakanlık izleme alanlarını ve kontrol noktalarını “Kabuklu Su Ürünlerinin Yetiştigi Sulara İlişkin Kalite Standartları” (02.06.2008-26894) hakkındaki tebliğde belirtilen kriterlere göre yaygınlaştırmalı ve izleme noktaları artırılmalıdır,

- Yetiştiriciliği yapılan türün süzerek beslenmesinden dolayı, bünyesinde insan sağlığı üzerinde olumsuz etki yapabilecek çeşitli patojen mikroorganizmaları doğal olarak barındırabilmektedir ve bu değerin hem canlının etinde hem de suda ne kadar olacağı yani sınır değerleri çeşitli kanun, yönetmelik ve tebliğler ile belirlenmiştir. Yetiştiricilik yapılan bölgede hasat sırasında veya öncesinde suda veya canlının etinde “Kabuklu Su Ürünlerinin Yetiştigi Sulara İlişkin Kalite Standartları” (02.06.2008-26894) tebliği Ek 2’de belirtilen parametrelerde olumsuz değişimlerin olması durumunda üreticiler ve ilgili bakanlık tarafından izlenecek yöntem, insan sağlığı üzerinde negatif bir etkiye sebep olmayacak aynı zamanda üreticinin de ekonomik bir kayba uğramayacağı şekilde belirlenmelidir. Bu bölgede yetiştiricilik yapan işletme sahipleri tarafından da gerekli önlemler alınacağı taahhüt edilmelidir,
- Özellikle “Akivades” stokları üzerinde büyük bir av baskısı bulunmaktadır. Buna ilaveten stokların yoğun bulunduğu bölge/bölgelerin yetiştiriciliğe açılması ile yavru ve anaç ihtiyacı doğacaktır. Bu durumun bölgedeki doğal stoklara mümkün olan en az zararı vermesi için üniversiteler, kamu kurumları ve enstitüler ile birlikte stratejik planlar geliştirilmelidir.

Mülga Devlet Planlama Teşkilatı (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı) tarafından hazırlanan Dokuzuncu Kalkınma Planı

2007-2013, kapsamında hazırlanan Balıkçılık Özel İhtisas Komisyon Raporunda Avrupa Birliği'nde yetiştiriciliğin önemli bir üretim kaynağı olduğu ve kırsal/kıyısal bölgelerde istihdamda önemli rol oynadığı bildirilmiştir. Raporda 25 üye ülkenin 3 milyar Euroluk bir pazara sahip olduğu ve pazar içerisinde en fazla üretilen türlerin midye, gökkuşacağı alabalığı ve somon olduğundan bahsedilmiştir. Yine aynı raporda ülkemizde az tüketilen kabuklu türlerinin yetiştiriciliğinin yapılarak bu ülkelere pazarlanması ile önemli döviz girdisi sağlanacağı bildirilmiş ve bu konuda yasal düzenleme ve teşviklerin artırılması gerektiğinden bahsedilmiştir. 2019 yılında yapılan 3. Tarım Orman Şurasında hem avcılık hem de yetiştiricilikte alternatif yeni türlerin üretiminin ve verimliliğinin sürdürülebilirlik çerçevesinde artırılması gerekliliğinin üzerinde durulmuştur. Bu hedefler doğrultusunda çalışmalar henüz tamamlanmamış olup, küresel bazda rekabet edebilir adımların bir an önce atılması gerekmektedir. Burada kısıtlayıcı faktörlerin başında aynı sahayı kullanan diğer sektörlerin engelleyici tutumları olmaktadır. Ülkenin gelişiminde ekonomiye kazandırılan deniz yüzey alanlarında yapılacak bir yetiştiriciliğe başka bir sektör tarafından ket vurulmaması ve bir sektör gelişirken diğer sektörün engel olmaması oldukça önemlidir.

Yetiştiriciliği yapılacak çift kabuklu türü için alan belirleme ve proje aşamalarında olası alanların farklı çift kabuklu türlerinin yetiştiriciliği için de uygunluğunun değerlendirilmesi yararlıdır. Kısa dönem içerisinde yeni sahalarda farklı çift kabuklu türlerinin yetiştiriciliğinin yapılması, özellikle ekstansif üretimin yanı sıra intensif ve hiper-

intensif sistemlerde çift kabuklu yetiştiriciliğinin geliştirilmesi ile doğal stoklardaki baskının azalarak daha sağlıklı ürünlerin son tüketiciye ulaşması oldukça önemlidir. Bu şekilde, ihracatın önü açılarak, ülke ekonomisine pozitif katkı kaçınılmaz olacak ve deniz balıkları yetiştiriciliğinde yakaladığımız başarı hikâyesini çift kabuklu yetiştiriciliği içinde yakalamamız mümkün olacaktır. Mavi vatan içerisinde uygun alanlarda sürdürülebilir yetiştiricilik sistemleri ile belki de polikültür çalışmaları yani aynı anda birkaç çeşit türün yetiştiriciliğe alınması ile yapılacak çift kabuklu yetiştiriciliği ülke politikası haline gelmelidir.

KAYNAKÇA

- Anonim (2020)a. <http://www.molluscs.at/bivalvia/index.html> (Accessed 21 Sept 2020)
- Anonim (2020)b https://www.marinethemes.com/swimmer-harlequin-_-mud-crabs-portunidae/#gallery/e16e90cad7dbc36c11a00f283864e8d8/26215/cart/ (Accessed 21 Sept 2020)
- Anonim (2020)c <https://www.shapeoflife.org/video/echinoderms-sea-star-time-lapse-eating-mussel> (Accessed 21 Sept 2020)
- Anonim (2020)d. <http://globedia.com/permite-pescar-almejas-pequenas-polemica-italia> (Accessed 21 Sept 2020)
- Anonim (2020)e. <https://nativeoysternetwork.org/portfolio/jersey-sea-farms/> (Accessed 21 Sept 2020)
- Anonim (2020)f. <http://londonoysterfestival.blogspot.com/2013/10/normal-0-false-false-false-en-gb-ja-x.html> (Accessed 21 Sept 2020)
- Arapov, J., Ezgeta-Balić D., Peharda M., Ninčević-Gladan Ž. (2010). Bivalve feeding — how and what they eat? *Croat J Fish* 68: 105–116.
- Bayne, B.L., Hawkins. A.J.S., Navarro, E. (1987) Feeding and digestion by the common mussel *Mytilus edulis* L. (Bivalvia: Mollusca) in mixtures of silt and algal cells at low concentrations. *J Exp Mar Biol Ecol* 111: 1-22
- Bayne , B.L. 1998 . The physiology of suspension feeding bivalve molluscs: an introduction to the Plymouth “ TROPHEE ” workshop . *J Exp Mar Biol Ecol* 219 : 1 – 19
- Borja, A., Rodríguez, J.G., Black, K., Bodoy, A., Emblow, C., Fernandes, T.F., Forte, J., Karakassis, I., Muxika, I., Nickell, T.D., Papageorgiou, N., Pranovi, F., Sevastou, K., Tomassetti, P., Angel, D. (2009) Assessing the suitability of a range of benthic indices in the evaluation of environmental impact of fin and shellfish aquaculture located in sites across Europe. *Aquaculture* 293: 231–240.
- Broom, M.J. (1982) Structure and seasonality in a Malaysian mudflat community. *Estuar Coast Shelf Sci* 15: 135–150.
- Bussani, M. (1983) Guida pratica di miticoltura. Edagricole, Bologna, Italy. 231pp.

- Carmichael, R.H., Shriver, A.C., Valiela, I. (2004) Changes in shell and soft tissue growth, tissue composition, and survival of quahogs, *Mercenaria mercenaria*, and softshell clams, *Mya arenaria*, in response to eutrophic-driven changes in food supply and habitat. *J Exp Mar Biol Ecol* 313: 75-104.
- Cáceres-Martínez, J., Figueras, A. (1997). The mussel, oyster, cockle, clam and pectinid fisheries in Spain. In: MacKenzie, C.L.jr., Burrell, V.G.jr., Rosenfield, A., Hobart, W.L., (eds.), The history, present condition, and future of the molluscan fisheries of North and Central America and Europe. NOAA Technical Report NMFS 129. NOAA/NMFS, Washington DC., USA. pp: 165-190.
- Dame, R. F. (1996): Ecology of marine bivalves: an ecosystem approach. CRC Press, Boca Raton, 254pp.
- Davenport, J., Smith, R.J.J.W., Packer, M. (2000) Mussels *Mytilus edulis*: significant consumers and destroyers of mesozooplankton. *Mar Ecol Prog Ser* 198: 131–137.
- FAO (2019)a Fisheries and Aquaculture Department, *Mytilus galloprovincialis*. [Erişim Tarihi: 01/02/2019]. Erişim Adresi: http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mytilus_galloprovincialis/en.
- FAO (2019)b Statistical Query Results. [Erişim Tarihi: 01/02/2019]. Erişim Adresi: <https://www.fao.org/figis/servlet/TabSelector#lastnodeclicked>
- FAO (2021) Statistical Query Results. [Erişim Tarihi: 01/02/2019]. Erişim Adresi: <https://www.fao.org/figis/servlet/TabSelector#lastnodeclicked>
- Gilbert, M.A. (1973) Growth rate, longevity and maximum size of *Macoma balthica* (L.). *Biol Bull* 145: 119-126.
- Gosling, E.M. (2003) Bivalve molluscs: Biology, Ecology and Culture. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. 443pp.
- Heck, K.L., Coen, L.D., Wilson, D.M. (2002) Growth of northern [*Mercenaria mercenaria* (L.)] and southern [*M. campechiensis* (Gmelin)] quahogs: Influence of seagrasses and latitude. *J Shellfish Res* 21: 635-642.
- Inglis, G.J., Hayden, B.J., Ross, A.H. (2000) An overview of factors affecting the carrying capacity of coastal embayments for mussel culture. NIWA Client

- Report CHC00/69, National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd, Auckland, New Zealand. 31pp.
- Jørgensen, C.B. (1996) Bivalve filter feeding revisited. *Mar Ecol Prog Ser* 142: 287–302.
- Karakassis, I., Tzapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K.-N., Plaiti, W. (2000) Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. – *ICES J Mar Sci* 57: 1462–1471.
- Kamermans, P., Walles, B., Kraan, M., Van Duren, L.A., Kleissen, F., Van der Have, T.M., Smaal, A.C., Poelman, M. (2018) Offshore Wind Farms as Potential Locations for Flat Oyster (*Ostrea edulis*) Restoration in the Dutch North Sea. *Sustainability* 10: 3942.
- Kluger, L.C., Taylor, M.H., Mendo, J., Tam, J., Wolff, M. (2016) Carrying capacity simulations as a tool for ecosystem-based management of a scallop aquaculture system. *Ecol Model* 331: 44-55.
- Loosanoff, V.L., Davis, H.C. (1963) Rearing of bivalve mollusks. In: Russell, F.S. (ed.), *Advances in Marine Biology*. Academic Press, London, UK. pp: 1-136.
- Lopes, M.L., Rodrigues, J.P., Crespo, D. et al. (2018) Functional traits of a native and an invasive clam of the genus *Ruditapes* occurring in sympatry in a coastal lagoon. *Sci Rep* 8: 16901
- Lovatelli, A. (1988) Status of oyster culture in selected Asian countries. FAO/UNDP, NACA, Seafarming Project RAS/86/024, Working Paper 88/2. 96 pp.
- Lutz, R., Chalermwat, K., Figueras, A.J., Gustafson, R.G., Newell, C. (1991) Mussel aquaculture in marine and estuarine environments throughout the world. In: Menzel, W. (ed.), *Estuarine and marine bivalve mollusk culture*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp: 57-97.
- Massa, F., Fezzardi, D., Kogay, L., Frisina, T., Onofri, L., 2016. FAO-GFCM Scientific Advisory Committee on Aquaculture. Expert meeting on sustainable shellfish aquaculture in the Mediterranean and the Black Sea.
- McKindsey, C.W., Thetmeyer, H., Landry, T., Silvert, W. (2006) Review of recent carrying capacity models for bivalve culture and recommendations for research and management. *Aquaculture* 261(2): 451-462.

- McKindsey, C.W. (2013) Carrying capacity for sustainable bivalve aquaculture. In: Christou, P., Savin, R., Costa-Pierce, B.A., Misztal, I., Whitelaw, C.B.A. (eds.), Sustainable Food Production. Springer, New York, NY, USA. pp: 417–448.
- McMahon, R.F. (1988) Respiratory response to periodic emergence in intertidal molluscs. *Am Zool* 28(1): 97-114.
- Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü (2019) Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi ve Planlaması. [Erişim Tarihi: 07/02/2019]. Erişim Adresi: <https://mpgm.csb.gov.tr/sss/butunles-ik-kiyi-alanlari-yonetimi-ve-planlamasi>.
- Ogilvie, S.C., Ross, A.H., James, M.R., Schiel, D.R. (2000) Phytoplankton biomass associated with mussel farms in Beatrix Bay, New Zealand. *Aquaculture* 181: 71–80.
- Page, H.M., Hubbard, D.M. (1987) Temporal and spatial patterns of growth in mussels *Mytilus edulis* on an offshore platform: relationships to water temperature and food availability. *J Exp Mar Biol Ecol* 111: 159–179.
- Prato, E., Danieli, A., Maffia, M., Biandolino, F. (2010) Lipid and fatty acid compositions of *Mytilus galloprovincialis* cultured in the Mar Grande of Taranto (Southern Italy): feeding strategies and trophic relationships. *Zool Stud* 49(2): 211–219.
- Saba, S. (2011) Bivalve culture optimisation of three autochthonous species (*Ruditapes decussatus*, *Mytilus galloprovincialis* and *Ostrea edulis*) in a central-western Mediterranean lagoon (Porto Pozzo, northern Sardinia). 182 p. PhD Thesis, University of Sassari, Italy.
- Shumway, S.E., Cucci, T.L., Newell, R.C., Yentsch, C.M. (1985) Particle selection, ingestion, and absorption in filter feeding bivalves. *J Exp Mar Biol Ecol* 91: 77–92.
- Shumway, S.E., Selvin, R., Schlick, D.F. (1987) Food resources related to habitat in the scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin, 1791): a qualitative study. *J Shellfish Res* 6: 89–95.

- Smaal, A. C., Kamermans, P., van der Have, T. M., Engelsma, M. Y., & Sas, H. (2015) Feasibility of Flat Oyster (*Ostrea edulis* L.) restoration in the Dutch part of the North Sea. (Report / IMARES Wageningen UR; No. C028/15). IMARES.
- Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J., Brugère, C., Angel, D. and others (2008) Applying an ecosystem-based approach to aquaculture: principles, scales and some management measures. In: Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J., Hishamunda, N. (eds.), Building an ecosystem approach to aquaculture. Fisheries and Aquaculture Proceeding 14. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy. pp: 15–35.
- Stirling, H.P., Okumuş, İ. (1994) Growth, mortality and shell morphology of cultivated mussel (*Mytilus edulis* L.) stocks cross – planted between two Scottish sea lochs. *Mar Biol* 119: 115–123.
- Stuart, V., Field, J., Newell, R. (1982) Evidence for Absorption of Kelp Detritus by the Ribbed Mussel *Aulacomya ater* using a new Cr-Labelled Microsphere Technique. *Mar Ecol Prog Ser* 9(3): 263-271.
- Tiensongrusmee, B., Pontjoprawiro, S., Soedjarwo, I. (1986) Site selection for the culture of molluscs. FAO/UNDP, INS/81/008/Manual/3. 17 pp.
- Tsikopoulou, I., Moraitis, M.L., Tsapakis, M., Karakassis, I. (2018) Can intensive fish farming for 20 years induce changes in benthic ecosystems on a scale of waterbody? An assessment from Cephalonia bay (Ionian Sea). *Environ Monit Assess* 190: 469.
- Winter, J.E. (1978) A review of the knowledge of suspension feeding in lamellibranchiate bivalves, with special reference to artificial aquaculture systems. *Aquaculture* 13: 1-33.
- Xu, Q., Yang, H. (2007) Food sources of three bivalves living in two habitats of Jiaozhou Bay (Qingdao, China): Indicated by lipid bio markers and stable isotope analysis. *J Shellfish Res* 26(2): 1–7.

BÖLÜM 4

AKİVADES BİYOLOJİSİ VE YETİŞTİRİCİLİĞİ

Doç. Dr. Serpil SERDAR¹

¹ Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, ORCID: 0000-0003-4042-8995
e-posta: serpil.serdar@ege.edu.tr

GİRİŞ

Kum midyeleri olarak sınıflandırılan akivades türleri ekonomik açıdan en önemli çift kabuklular arasında yer almaktadır. Hem doğadan avcılık yolu ile hem de yetiştiricilik yolu ile üretilen akivadesler son yıllarda dünyada üretimi yapılan türler arasında üst basamaklara yükselmiştir (FAO, 2018). Dünyada akuakültür yolu ile yumuşakça türlerinin yaklaşık olarak 17 milyon ton üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu miktarın 4,2 milyon tonunu *Ruditapes philippinarum* türü akivadesin üretimi oluşturmak-tadır. *R. philippinarum* balıklar dâhil akuakültür yolu ile en fazla üretilen türler arasında 4. sırada yer alırken, çift kabuklu türleri içinde 1. sıradadır. Bu üretimin yaklaşık olarak % 90 oranındaki kısmı Çin tarafından gerçekleştirilmekte, ardından İtalya, Fransa ve Amerika Birleşik Devletleri gelmektedir (FAO, 2018). *R. philippinarum* Japonya, Kore ve Filipinlerin yerli türü olup 1930'larda istiridyelerle birlikte Kuzey Amerika'ya yanlışlıkla getirilmiş ve bu sularda dağılım göstermeye başlamıştır. Avrupanın yerli türü olan *Ruditapes decussatus* aşırı avcılık, hastalıklar ve uygun olmayan düzenlemeler nedeni ile doğal stokları 1970'li ve 1980'li yıllarda oldukça azalmıştır. Bu durumda en yakın tür olan *R. philippinarum* aynı yıllarda Avrupa'ya ithal edilmeye başlanmıştır. Daha sonra bilinçli olarak Fransa, İngiltere ve İrlanda'da kuluçkahanelerde üretim denemeleri yapılmaya başlanmıştır. 1983 ve 1984 yılları arasında İtalya ve İngiltere'deki kuluçkahanelerde üretilen *R. philippinarum* yavru bireylerinden büyük miktarlarda alınarak doğrudan doğal sulara ekim yapmıştır. *R. decussatus* türüne oranla daha hızlı büyümesi ve daha dayanıklı olması nedeniyle *R. philippinarum* türü akivades Avrupanın tüm bölgelerinde

üretimiştir (Gosling, 2003, 2015). Türkiye’de doğal olarak *R. decussatus* türü dağılım göstermesine rağmen, *R. philippinarum* 2000’li yıllarda Türkiye sularında tespit edilmiştir. Ülkemiz sularına taşınımının İtalya’dan gelen gemiler ile gerçekleştiği tahmin edilmektedir (Tuncer, 2004; Albayrak, 2005; Serdar, 2015, 2016).

Türkiye’de akivades üretimi doğal stoklardan avcılık yöntemi ile yapılmaktadır. *R. decussatus*’un en önemli üretim alanı İzmir Körfezi olup buradan izin verilen dönemde (15 Mayıs – 15 Eylül) dalarak elle ya da kürek-elek ile üretimi gerçekleştirilmektedir (Şekil 1). Ülkemizde sonradan dağılım gösterip popülasyon oluşturan *R. philippinarum* türü ise özellikle Bandırma Körfezi’nden yine aynı dönemlerde toplanarak yurtdışına satışı yapılmaktadır. 2013 yılından beri Avrupa Birliği Türkiye’den canlı çift kabuklu ithalatını durdurduğu için genellikle bu türler ısıt işlem yapılarak ihraç edilmekte ya da yurtiçinde ki restoranlara canlı olarak satılmaktadır. Son yıllarda akivades yetiştiriciliği yapmak isteyen girişimciler T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı’na konu ile ilgili başvuru yapmışlar ve gerekli izinlerin tamalamasıyla önmüzdeki dönemlerde akivadesin de yetiştiricilik yolu ile üretimi başlatılmış olacaktır (Serdar 2016; Serdar 2017).



Şekil 1. İzmir Körfezinde akivades toplayıcıları (Fotoğraf S. SERDAR)

R. philippinarum ve *R. decussatus* türlerinin yetiştiriciliği için kullanılan kültür teknikleri benzer olup, aynı aşamaları ve benzer tasarımları içermektedir (Gosling, 2015). Bu nedenle bu türlerin yetiştiriciliğinin anlatıldığı kısımlarda her iki tür için akivades ismi kullanılmıştır.

1. AKİVADES TÜRLERİNİN SİSTEMATİKTEKİ YERİ

Akivadesler Bivalvia klasisinin Veneridae familyasına ait üyeler arasında yer almaktadır. Bu familya kum midyeleri olarak da adlandırılmakta ve yaklaşık olarak 500 türü içeren en geniş familya olarak bildirilmektedir. Bu grupta 12 altfamilya, 50 yaşayan ve 55 soyu tükenmiş genus bulunmaktadır (Canapa vd., 1996; Passamonti vd., 1999). Çeşitli deniz ekosistemlerinde yaşayan bu familya üyeleri her iki kabukta bulunan üç adet kardinal diş ve kabuk içerisinde iç organların bıraktığı iz ile karakterize edilirler (Serdar vd., 2009). Türlerin morfolojik özelliklerine bağlı olarak birbirlerinden ayrılmalarının yanı sıra, son yıllarda gelişen moleküler teknikler enzim elektroforezisi (Borsa vd., 1992), karyolojik analizler (Borsa ve Thiriot-Quévieux, 1990; Insua ve Thiriot-Quévieux, 1992), radyo-immünanalizleri (Harte, 1992) ve çok tekrarlı DNA analizleri (Canapa vd., 1993) ile tür ayrımı genetik olarak da yapılmaktadır.

Bu durumda akivadeslerin taksonomik sınıflandırılması aşağıdaki gibi yapılmıştır;

Filum	Mollusca
Klasis	Bivalvia
Sub-klasis	Heterodonta
Ordo	Veneroidea
Süper familya	Veneroidea
Familya	Veneridae
Sub-familya	Tapetinae

Akivadeslerin genus olarak sınıflandırılmasında ise araştırmacılar tarafından farklı isimlendirmeler yapılmış ve aynı genus için *Venerupis*, *Ruditapes* ve *Tapes* isimleri kullanılmıştır. Birbirlerinin sinonimleri olan bu isimler tür olarak nitelendirilme aşamasında üç hali ile akademik yayınlarda yazılmaktadır.

Tapes (= *Venerupis*, =*Ruditapes*) *decussatus* = Akivades veya Avrupa yerli akivadesi

Tapes (= *Venerupis*, =*Ruditapes*) *philippinarum* =Manila akivadesi veya Japon akivadesi

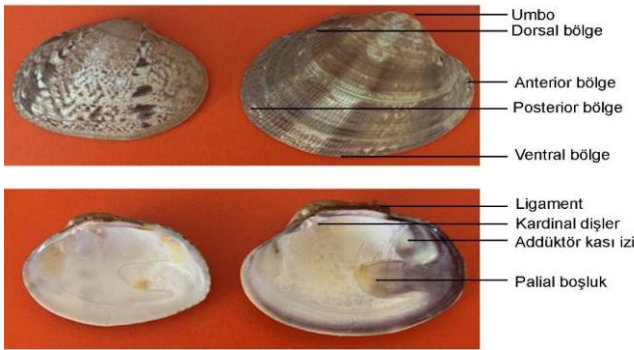
Yapılan araştırmalarda akivades türleri yaşadıkları coğrafik bölgelere göre belirlenmiş ve Avrupa akivadesleri olarak *Ruditapes decussatus*, *Venerupis pullastra*, *Venerupis aurea*, *Tapes rhomboides*, *Ruditapes philippinarum*, Pasifik akivadesleri olarak *Ruditapes philippinarum*, *Ruditapes largillierti*, *Ruditapes variegatus* ve Amerikan akivadesleri olarak da *Ruditapes staminea*, *Ruditapes philippinarum* türleri bildirilmiştir (Parache, 1982; Keane ve Gardner, 2017).

Bununla birlikte *Ruditapes decussatus* (Linnaeus, 1758) ve *Ruditapes*

philippinarum (Adams and Reeve, 1850) günümüzde üretimi en çok yapılan ve ticari değeri en yüksek akivades türleridir.

2. AKİVADES TÜRLERİNİN MORFOLOJİSİ VE ANATOMİSİ

Akivadesler iki eşit kabuk arasında yumuşak et dokusuna sahip bilateral simetrik canlılardır. Anterior kısım daha kısa ve yuvarlaklaşmış, posterior kısım ise daha uzun ve uç kısmında kütleleşme dikkati çekmektedir (Şekil 2). Kabuğun dış rengi yaşadığı ortama ve bölgeye göre değişmekle birlikte kahverengi sarımsı, siyah, zaman zaman bordo renklere görülmektedir. Kabuğun son kısmında değişik renk ve desende eşit kabartılar bulunmakta ve bu desen geçişleri diğer kum midyeleri türlerinden kolaylıkla ayırt edilmesini sağlamaktadır. Kabuklar sırt tarafta yatay uzanan elastiki bir tabakadan oluşmuş ligament ile birbirine bağlanmıştır. Her iki kabukta 3 adet kardinal diş bulunur ve sol kabuktaki orta diş ile sağ kabuktaki posterior ve orta dişlerin ucu çatallıdır. Bu türlerde lateral dişler yoktur (Gérard, 1978; Parache, 1982; Gosling, 2003; Serdar vd., 2009).

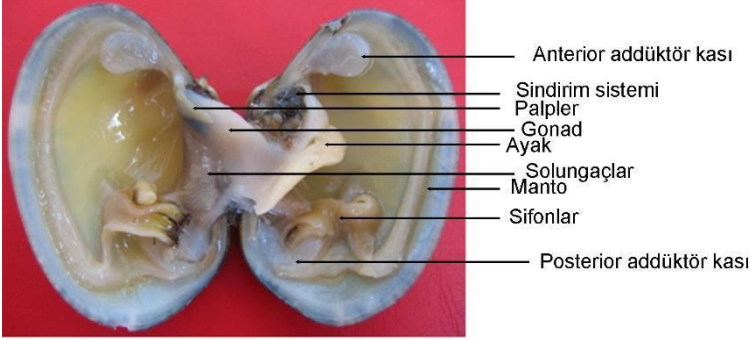


Şekil 2. *R. decussatus* (sol) ve *R. philippinarum* (sağ) türlerinin kabuklarının içten ve dıştan görünümü (Fotoğraf S. SERDAR)

Akivadeslerde anterior ve posterior olmak üzere iki adet addüktör kası bulunmakta ve canlı olan bireylerde gün içinde kabukların açılıp kapanmasını sağlamaktadır. Ayak sayesinde zemine gömülerek yalnızca sifonlarının uç kısımları dışarıda kalacak şekilde yaşamlarını sürdürürler (Şekil 3). Ayak aynı zamanda sediment içinde daha derine inmeyi veya sürünerek yer değiştirmeyi sağlar. Akivadeslerde bulunan iki adet sifonun bir tanesi ile su ile beraber besin alımını, diğer sifondan ise su çıkışı ile birlikte metabolik atıkların vücuttan uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Bir tehlike anında ise hemen sifonlarını çekerek kabuklarını sıkıca kapatırlar. Bu türlerde palial boşluk derindir ancak kabuğun merkezine kadar uzanmaz (Gérard, 1978; Parache, 1982; Serdar vd., 2009).

Akivadesler deniz suyunda asılı halde bulunan planktonik ve bentik fitoplankton türleri ile her türlü organik ve inorganik partikülleri filtre ederek beslenirler. Sifonlar sayesinde alınan deniz suyu solungaçlara doğru iletilir. Solungaçlarda bulunan sillerin titreşim hareketi ile besin parçacıkları labial palplere iletilir ve burada sindirim için uygun olan parçacıkların ayırım işlemi gerçekleşir. Sindirim temelde hücre içidir, ağzın hemen arkasında kısa bir özafagus doğrudan mideye açılır. Mide sindirim bezi ile kaplanmış geniş bir kesedir ve buraya gelen besinler ayrılarak, hücre içi enzimler ile sindirim gerçekleşir. Ayağın hemen üstünde bir ya da iki çift bağırsak yer alır ve bağırsaklar posterior manto boşluğunda rektal bağırsak olarak son bulur. Ergin bir birey büyüklüğü 2 µm ile 200 µm arasındaki organik ve inorganik partikülleri 15°C su sıcaklığında saatte 400 ml ile 900 ml olacak şekilde süzer. Filtrasyon

hızını bireyin büyüklüğü, ortamda var olan partiküllerin büyüklüğü, yoğunluğu ve türü, su sıcaklığı ve su akıntısı etkilemektedir (Nakamura, 2001; Cesari ve Pellizzato, 1990; Serdar vd., 2009).



Şekil 3. Akivadesin anatomik yapısı (Fotoğraf S. SERDAR)

Akivadesler içerisinde en ekonomik iki tür olan *Ruditapes philippinarum* ve *Ruditapes decussatus* birbirlerine çok benzemelerine rağmen, aralarında bazı morfolojik ve anatomik farklılıklar bulunmaktadır. *R. philippinarum* türünde etin rengi özellikle ayak kısmında turuncu tonlarındayken, *R. decussatus*'ta bu renk beyazdır. Ortam ile bağlantıyı sağlayan sifonlar *R. philippinarum*'da birleşikken, *R. decussatus*'ta ayrıdır (Şekil 4). *R. decussatus*'ta kabuklar ince, kırılğan ve dirençsizken, *R. philippinarum*'da kabuklar daha kalın ve dayanıklıdır (Spencer vd., 1991; Alpbaz, 1993). Bununla birlikte *R. philippinarum* dağılım gösterdiği alanlarda *R. decussatus*'a göre daha hızlı büyümekte olup, olumsuz çevresel şartlara toleransı ve adaptasyonu daha iyidir. Her iki türde de bireyler küçükken daha hızlı büyüme oranı gösterirken, boy ve yaş arttıkça büyüme hızı yavaşlamaktadır (Xie ve Burnel, 1994; Beninger ve Lucas, 1984; Serdar vd., 2009).



Şekil 4. *R. decussatus* (sol) türünde sifonların ayrı görünümü, *R. philippinarum* (sağ) türünde sifonların birleşik görünümü (Fotoğraf S. SERDAR)

3. AKİVADESLERDE ÜREME VE GAMETOGENİK GELİŞİM

Akivadeslere dıştan bakıldığında veya kabukları açıldığında maalesef makroskobik olarak dişi ve erkek ayrımı yapılamamaktadır. Bu canlılar ayrı eşeyli olup çok nadir olarak hermafrodit bireylere rastlanmaktadır. Genellikle 4-5 mm boya ulaştığında gonad bezlerinin oluştuğu bildirilmektedir. Yumurta ve sperm sifonlar vasıtası ile suya bırakılır ve döllenme suda gerçekleşir. Metamorfoz süresi yaklaşık olarak 7-15 gün arasında olup sıcaklık, tuzluluk ve besin gibi çevresel şartlara göre bu süre değişmektedir (Utting ve Spencer, 1991; Serdar vd., 2009). Planktonda kısa bir larval dönemden sonra akivades larvaları dibe doğru inmeye başlar ve bentik yaşama geçerler. Seksüel olgunlaşma ve yumurtlama Avrupa türlerinde 20°C su sıcaklığında, Pasifik türlerinde ise 15-21°C arasındaki su sıcaklıklarında gerçekleşmektedir. Bentik

hayatının ilk yılında boyları yaklaşık olarak 20 mm civarına ulaştığında ilk yumurtlama gerçekleşir (Vilella, 1950; Parache, 1982).

Diğer çift kabuklu türlerinde olduğu gibi akivadeslerde de, gonad gelişimi ve döl bırakımını içeren üreme aktivitesi hormonal devir ve genotip gibi iç faktörler ile sıcaklık, tuzluluk, ışık ve besin miktarı gibi dış faktörlere bağlı olarak değişir. Tüm bu aktivitelerin gerçekleşmesinde enerji rezervleri temel rolü oynar (Rodriguez-Moscoso ve Arnaiz, 1998; Serdar and Lök., 2009; Serdar vd., 2009).

Akivadeslerde olgun oositler ve spermatogonialar foliküllerde oluşmakla birlikte, folikülün ve kök hücrelerinin şekli yapısı ve yoğunluğuna göre gonad gelişim safhaları belirlenmektedir. Mikroskop altında incelendiğinde olgun oositler 40-50 µm çaplı sitoplazma yapısındadır ve geniş bir çekirdek ile vitellüs kesesi görülmektedir. Hücre içi materyalin sentezi açısından sitoplazma çok zengindir, çok sayıda mitokondriye ve yağ asidine sahip olan sitoplazma karmaşık bir sistem şeklinde çalışır (Bozzo vd., 1996; Serdar vd., 2009).

Mikroskop altında histolojik kesitlerin incelenmesiyle elde edilen bilgilere göre, dişi ve erkek akivadeslerin gonad özellikleri ile gelişim safhaları aşağıda verilmektedir (Şekil 5 ve Şekil 6):

Safha 0: Dinlenme safhası

Bu safhada gonadlarda herhangi bir cinsiyet ayrımı yapılamaz ve gonad tamamen dinlenme fazına geçmiştir. Fagositoz ve farklı tipteki granülositler bağ dokusu içinde yer almaktadır. Bu safhada bağ doku

baskındır (Breber, 1980; Sbrenna ve Campioni, 1994; Xie ve Burnell, 1994; Garcia-Dominguez vd., 1994; Serdar ve Lök, 2009, 2010).

Safha 1: İlk gametogenesis

Dişi: Sayılabilir oositlerin miktarında artış görülmekte ve gonad aktivitesi bu safhada başlamaktadır (Şekil 5). Oositler küçüktür ve lümen içinde serbest oosit görülmez. Ortalama oosit çapı 20 µm'den küçük olmakla birlikte 30 µm'den büyük oosite bu safhada rastlanmamaktadır. Ayrıca bu safhada folikül çevresini ayırt etmek zordur (Sbrenna ve Campioni, 1994; Xie ve Burnell, 1994; Toba vd., 2007; Serdar ve Lök, 2005).

Erkek: Gonad aktivitesi başlamıştır, spermatogonia ve spermatozidler folikül içinde görülmektedir (Şekil 6). Bununla birlikte daha ileri safhadaki örneklerde spermatidler vardır, ancak bu safhada spermatozoa görülmez (Ponurovsky ve Yakovlev, 1992; Xie ve Burnell, 1994; Serdar ve Lök, 2005, 2010).

Safha 2: Olgunlaşmaya başlama

Dişi: Bu safhada bağ doku pek görülmez ve genellikle lümenin içinde serbest oositler bulunur (Şekil 5). Çeşitli boylarda birçok genç oosit folikül duvarına yapışmıştır. Ortalama oosit çapı 20-35 µm arasında değişmekte ve oositlerin yarıdan fazlası 20 µm'den daha büyük ölçüdedir. Bu safhada folikül duvarları ayırt edilebilir ve kalınlaşmıştır (Xie ve Burnell, 1994; Serdar ve Lök, 2005, 2009; Serdar vd., 2009).

Erkek: Bu safhada foliküllerde spermatogonia, spermatosit, spermatid ve spermatozoanın tümü yer almaktadır. İyi gelişen örneklerde spermatid ve spermatozoa büyük ve hücre tipindedir. Gelişimi daha az olanlarda ise hücre tipini ayırt etmek zordur. Bu safhada foliküller büyümeye başladığı görülmektedir (Şekil 6). Spermatozoaların bir kısmı folikülde merkezselsel ve uzun bantlar şeklinde oluşturmaktadır. Bağ dokusu iyice azalmış ve görülmesi zorlaşmıştır (Xie ve Burnell, 1994; Serdar ve Lök, 2005, 2010; Serdar vd., 2010).

Safha 3: Olgun

Dişi: Bu safhada oositlerin yarısı hatta yarıdan fazlası lümen içinde serbest olarak görülür. Ayrıca bu oositler çokgen bir görünüm arzeder. Ortalama oosit çapı 35 μm 'ye eşit ya da daha büyüktür (Şekil 5). Bu safhada folikül büyüklüğü artmış, folikül duvarları incelmıştır ve bağ dokunun ayırt edilmesi zorlaşmıştır (Ponurovsky ve Yakovlev, 1992; Xie ve Burnell, 1994; Serdar ve Lök, 2005, 2010; Serdar vd., 2009).

Erkek: Gonad tamamen olgun spermatazoaları içermektedir. Merkezi ve uzun bantlar şeklinde görülen spermatozoaları ayırt etmek kolaydır (Şekil 6). Foliküller bu safhada iyice genişlemiş ve birleşmişlerdir. İyice olgunlaşmış örneklerde spermatazoa bantları folikül duvarına yakın bölgelerde yer almaktadır (Sbrenna ve Campioni, 1994; Xie ve Burnell, 1994; Serdar vd., 2009).

Safha 4: Kısmen Döl Bırakımı

Dişi: Bu safhada tüm foliküllerde serbest oositlerin sayısı düşmekte ve aynı zamanda boş foliküller ayırt edilebilmektedir (Şekil 5). Bununla birlikte bazı foliküllerin duvarları kırılmıştır (Xie ve Burnell, 1994; Garcia-Dominguez vd., 1994; Serdar vd., 2009).

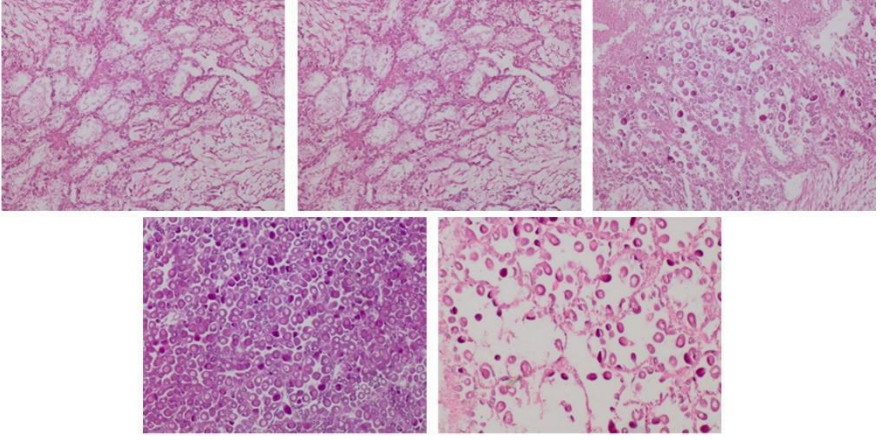
Erkek: Bu safhada gelişimini tamamlamış spermatozoalar bırakılmasıyla gonadların kısmi olarak boşaldığı gözlemlenir (Şekil 6). Folikülün % 20'sinden fazlasında merkezde boşluklar görülmektedir (Garcia-Dominguez vd., 1994; Serdar ve Lök, 2010; Serdar vd., 2010)

Safha 5: Döl Bırakımı

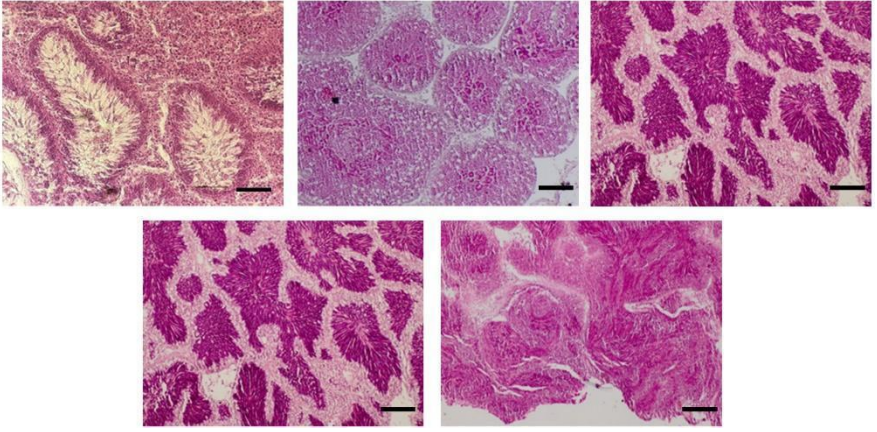
Dişi: Bu safhada foliküllerin yarısı ya da yarıdan fazlası boştur. Aynı zamanda foliküller küçülmüş, erimiş ve dağılmıştır. Bu safhada folikül duvarının kırıldığı rahatlıkla fark edilir (Şekil 5). Foliküller içinde serbest oositlerden bazı kalıntılar görülür, diğer taraftan bazı örneklerde bağ doku ve fagosit arasında sadece oogonia ve küçük oositlerin kalmıştır (Breber, 1980; Ponurovsky ve Yakovlev, 1992; Serdar ve Lök, 2005; Serdar vd., 2009).

Erkek: Döl bırakım safhasında foliküllerin iyice küçüldüğü, eridiği ve dağıldığı görülmektedir (Şekil 6). Foliküllerin ortalama %20'sini veya daha az miktarını spermatazoa yoğunluğu oluşturmaktadır. Bazı foliküllerin içi tamamen boştur ve örneklerde sadece spermatazoa kalıntısı vardır. Bağ doku ve fagositler artmış ve rahatlıkla ayırt

edilmektedir (Garcia-Dominguez vd., 1994; Xie ve Burnell, 1994; Serdar ve Lök, 2005, 2009).



Şekil 5. Dişi bireylerde gonad gelişim safhaları (Ölçü 200 μm 'dir) (Serdar vd., 2009)



Şekil 6. Erkek bireylerin gonad gelişim safhaları (Ölçü 80 μm 'dir) (Serdar vd., 2009)

4. AKİVADES YETİŞTİRİCİLİĞİ İÇİN ALAN SEÇİMİ VE ZEMİN HAZIRLIĞI

Akivades yetiştiriciliğine başlarken uygun kültür alanının seçilmesi çok önemlidir. Yüksek yaşama yüzdesi ve hızlı gelişme oranını elde edebilmek için sıcaklık ve tuzluluk gibi fiziko-kimyasal parametrelerin yanında sudaki klorofil ve seston miktarının uygun olduğu yerlerde yetiştiricilik yapmak başarıyı arttıracaktır.

Akivadeslerin doğal stok alanları sakin, şiddetli akıntıların bulunmadığı yarı korunaklı kıyı bölgeleridir. Dalga hareketinin çok görülmediği nehir ağızları, koylar, lagünler ve deniz suyuyla sürekli ya da zaman zaman bağlantısı olan littoral bölgelerde yoğun olarak bulunur. Sediment içindeki dağılımları genellikle 10 ile 12 cm arasında olup, küçük boylu bireyler yüzeye daha yakın, büyük boylu bireyler ise daha derine gömülmektedir (Gérard, 1978; Parache, 1982).

Akivadesler su sıcaklığı 5°C ile 30°C arasındaki bölgelerde rahatlıkla yaşamlarını sürdürebilirler. Tuzluluğu yüksek (%50) sulara dayanabilmelerine rağmen akarsu ve nehir ile bağlantısının yoğun olduğu bölgelerde özellikle yağmur sularının fazla olduğu zamanlarda tuzluluğun alt sınırına dikkat etmek gerekmektedir. *R. decussatus* türü için tuzluluğun %20 değerinden daha az olmaması istenirken, *R. philippinarum* türü için %15'den daha düşük olmaması gerekmektedir. Aynı zamanda bu türlerin örihalin olma sınırı coğrafik konumlarına göre de değişiklik gösterebilmektedir (Parache, 1982; Gosling, 2003).

Yetiştiricilik açısından akivadeslerin doğal olarak bulunduğu ve tercih ettiği bölgelerin özelliklerinin bilinmesinin yanında kültür alanını seçerken diğer hususlara da dikkat etmek gereklidir. Dalga hareketleri ile birlikte sedimentin yüksek derecede karıştığı alanlarda başarılı bir kültür gerçekleştirmek zordur. Aynı zamanda nehir ve akarsu etkisi ile karasal sedimentin yoğun olarak biriktiği alanlarda da akivadesin başarılı olarak büyütülmesi risk teşkil etmektedir. Bu yüzden dalga hareketlerinden ve karasal birikimlerden çok etkilenmeyecek korunaklı alanlar kültür için seçilmelidir. Genellikle akivadeslerin başarılı bir şekilde kültürünün gerçekleştirilebilmesi için koyların iç kısımları veya lagüner alanlar tercih edilmelidir. Çünkü bu alanlarda büyük dalga hareketleri gerçekleşmez ve aynı zamanda bir kara parçasıyla korunmaktadır (Britton, 1991; Spencer vd., 1991; Guerra Diaz, 2014).

Lagünlerde yapılacak akivades kültüründe lagünün hangi bölgesinin daha uygun olabileceği araştırılmış ve lagünler iç alanlar, orta alanlar ve dış alanlar olmak üzere 3 farklı bölgeye ayrılmıştır (Britton, 1991):

- Lagünlerin iç alanları genellikle çamur ya da çamurlu ince kumdur, bu bölgeler karadan gelebilecek yağmur suyu, akıntı vb. etmenlerden kolaylıkla etkilenebilir ve aynı zamanda bu tür alanlarda kültür ortamının hazırlanması için çalışılması zordur. Tuzluluk, gel-git veya yoğun yağmurlar süresince çok düşmektedir (%20 değerinin altına), bu nedenle bu alanlar akivades kültürü için uygun değildir (Britton, 1991; Spencer vd., 1991).

- Lagünlerin orta alanlarında substrat genellikle kum veya ince kumlu yapıdadır. Bu bölgedeki fauna genellikle kardium veya diğer çift kabuklu türleri ile deniz kurtlarından meydana gelmektedir. Bu alanlarda da tuzluluk değişiklik göstermesine rağmen genellikle iç alanlardan daha yüksek değerdedir ve yağmur suyundan daha az etkilendiği için daha sabit orandadır. Bu bölgeler akivades kültürü için uygun alanlardır (Britton, 1991; Guerra Diaz, 2014).
- Lagünlerin dış alanlarını lagünün denize açıldığı ağız kısmı oluşturur. Bu bölgeler kumlu yapıda olup genellikle dalga hareketlerinden etkilenmektedir. Bu nedenle zaman zaman sedimentin yoğun hareketlerine maruz kaldığı gözlemlenmektedir. Bu bölgeler akivades kültürü için uygun alanlar olabilir fakat kültürün sürekliliği için kritik alanlar olup, en büyük risk dalganın etkisidir (Britton, 1991; Guerra Diaz, 2014).

Baskın rüzgar ve dalgalardan korunaklı, tatlı su ile birlikte besin girişinin olduğu ve tuzluluğun çok fazla düşmediği alanların bulunmasından sonra bu bölgede yapılan ön çalışmalar büyüme ve yaşama oranı açısından incelenmeli ve iyi sonuçlar elde edilmelidir. Akivadesler hayatlarını zemine gömülerek geçirdikleri için uygun substratta yer seçimi çok önemlidir. Yumuşak çamurdan sert kum ve çakıla kadar birçok zeminde gelişimleri iyidir. Ancak çok yumuşak çamur veya çok sert zemin yetiştiricilik için çok uygun değildir. Ayrıca

akivadeslerin üzerindeki toprak sabit olmalıdır ve aşınım nedeniyle toprağın kaymaması gerekmektedir. Yığın halinde toprak kayması meydana geldiğinde akivadeslerin üzeri iyice sediment ile kaplanır ve sifonlardan su alış verişi sağlanamaz, bu durumda akivades stoğunun kaybedilme riski vardır. Bununla birlikte akivades yetiştiriciliği yapılacak alanda zeminin ekim ve hasatta kullanılacak makine ve çeşitli ekipmanların kolayca hareket edebileceği yapıda olup olmadığına dikkat edilmelidir (Spencer vd., 1991; Britton, 1991; Gosling, 2015).

Yetiştiricilik için seçilen bölgede substrattaki değişiklikler, farklı gelgitlerde ve hava koşullarında suyun durumunu, potansiyel rakipleri ve toksiteye neden olabilecek organizmaların yerleşim düzenlerini belirleyebilmek için 1 yıl süresince izlenmesi tavsiye edilmektedir. Ayrıca bölgede yapılan ön çalışmalarda akivadeslerin büyüme hızı ve yaşama oranı iyi sonuç vermelidir (Gosling, 2015).

Seçilen kültür alanında sistemin üzerine tutunacak fouling organizmaların varlığına dikkat edilmesi gerekmektedir. Su değişimini sınırlayacak olan fouling organizmaların fazlalığı hem büyüme oranını hem de yaşama oranının düşmesine neden olabilir, bu da kültürün başarısını doğrudan etkiler (Britton, 1991; Gosling, 2015).

Akivades yetiştiriciliği için yer seçerken dikkat edilmesi gereken diğer nokta, seçilecek bölgenin bir yerleşim alanına yakın olup olmadığı ve evsel atıkların suya karışıp karışmadığıdır. Sağlık örgütleri tarafından sınıflandırılan bakterilerin suda bulunması akivadeslerin büyümesini etkilemez fakat akivadeslerin hasatından sonra pazarlama aşamasında

risk teşkil edebilir. Bu yüzden tüketime sunulmadan önce insan sağlığına uygun olup olmadığının analiz edilmesi gerekmektedir (Britton, 1991; Spencer vd., 1991; Gosling, 2015).

5. AKİVADES YETİŞTİRİCİLİK YÖNTEMLERİ

Akivades yetiştiriciliği için uygun yer tespit edildikten sonra bu alanda bazı hazırlıkların yapılması ve bölgede ki su ve zemin şartlarına göre uygun yetiştirme metodunun da belirlenmesi gerekmektedir. Hangi kültür metodu uygulanırsa uygulansın genellikle ilk olarak seçilen alanda büyük taşların, otların, midye ve yengeçlerin uzaklaştırma işlemi yapılmalıdır. Zeminin sistem kurulumu ve makine kullanımı için yeterince sağlam olduğu kontrol edilmelidir. Geçici olarak ip ve kazıklar ile sistemin kurulacağı bölgenin sınırları işaretlenmelidir (Spencer vd., 1991; Gosling, 2015).

Akivades yetiştiriciliğinde 1990'lerden önce genellikle Park Sistemi ve File Sisteminin kullanımı yaygın iken, daha sonra Kasa Sistemi ile de yetiştiricilik çalışmaları başlamıştır (Şekil 7). Günümüzde kültür yapılacak ortamın su koşulları ve bölgeye göre bu 3 temel sistem kullanılmaktadır (Spencer vd., 1991; Britton, 1991; Christophersen, 1994; Serdar vd., 2007; Gosling, 2015).

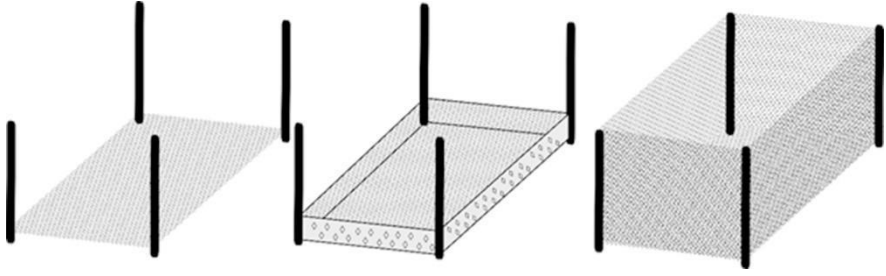
Park sistemi, basitçe bir alanın çitler ile çevrilmesiyle oluşturulmaktadır. Çitler yaklaşık olarak 80 cm yükseklikteki tahta veya PVC direklerden ağların geçirilmesiyle sistem hazırlanmakta ve aynı zamanda yengeçlerin park alanına girmesini engelleyecek şekilde tasarlanmaktadır. Fakat bu sistemde predatörlere özellikle iki önemli

predatör yengeç ve deniz kuşlarına karşı koruma için dikkatli bakım ve düzenli kontrol yapılması gerekmektedir, bu durum işçiliği ve maliyeti arttırabilir (Christophersen, 1994; Serdar vd., 2007)

File sistemi, yatırım maliyetinin daha düşük olması nedeniyle birçok ülkede tercih edilen yetiştiricilik sistemidir. Bu yöntem temelde tabana yerleştirilen bir ağ üzerine akivades yavrularının dağıtılması ve üstünün tekrar ağ ile örtülmesi prensibine dayanır. Sistem kurulurken sınır çizgileri boyunca çukur kazmamak gerekir, yumuşak toprakta toprak içine bir belle basınç yapılı ve dışarıya doğru bir “V” şekilli oluk oluşturulur, kenarda kalan ağları gömmek için 10-15cm genişlik ve 20-25 cm derinlik uygundur. Bu bölgede akivadesler her yere dağıtılır ve ağla ile akivadeslerin üstü kaplanır. Oluklardaki ağların kenarları da toprak ile örtülür ve alanın çevresi boyunca 1-2 m aralıklar ile ağ toprağa sabitlenir (Spencer vd., 1991; Gosling, 2015). Çalışma esnasında ekim yapan ya da hasatta kullanılan makinelerin akivadeslere zarar vermeden arazi üzerinde hareket edebilmesini sağlamak için her bir ağ arasına yaklaşık olarak 50 cm boşluk bırakılır. Genellikle bu sistemde ağ boyutunun 10x10 m’den fazla olmaması tavsiye edilir. Bu metotta en büyük problem deniz kurtları ve çamur birikmesi ile ağların üzerinin iyice kaplanması ve ağların gömülmesidir. Yaz aylarında fouling organizmaların artması da su değişimi için problem olabilir ve bu dönemde ağların değişmesi gerekebilir. Ağların üzerinde bitkilerin gelişmesi tehlikeli olmamasına rağmen, su değişimini azaltabilir veya ortama daha fazla çamur birikmesine neden olabilir, bu yüzden yetiştiricilik alanının ve ağların periyodik olarak kontrolü yapılmalıdır

(Britton, 1991; Spencer vd., 1991; Serdar vd., 2007). Son zamanlarda file sisteminde ağ file yerine sert plastik filelerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu materyalde file ağ göz açıklığı su değişimi açısından hemen tıkanmamakta ve alg birikimi minimum düzeyde olmaktadır. Ayrıca yengeçlerin bu materyale müdahaleleri ve akivades predasyonu daha az oranda olduğu için yüksek yaşama oranı ile kültür başarılmaktadır (Serdar vd., 2007)

Kasa sistemi 50x50x5 cm veya daha büyük boyutlarda plastik ya da tahta kasalar içerisinde akivades yavrularının büyütülmesi için geliştirilen diğer bir yöntemdir. Bu kasalar sert ve bükülmezdir, aynı zamanda akivadeslerin dağılması için düz bir taban oluştururlar. Kasaların sert rüzgarlardan ve su hareketlerinden etkilenmemeleri için deniz ortamına çakılacak kazıklara sabitlenmeleri tavsiye edilir. Kasa sisteminde akivadeslerin uzun süre tutularak büyütülmesinde bazen kabuk deformiteleri ile karşılaşılabilir. Bu durumun akivadeslerin pazarlanmasında sorun yaratma ihtimali olsa da, akivadesleri zararlılardan korumak için kasa sistemi uygun bir yöntemdir. Bu sistemde kasa kenarlarının ve gözeneklerin tıkanma ve alg veya diğer organizmaların tutunma ihtimali olduğundan, zaman zaman su değişiminde problemler çıkabilmektedir. Bu yüzden kasaların düzenli kontrollerinin yapılması gerekmektedir (Spencer, 1991; Serdar vd., 2007).



Şekil 7. Akivades yetiştiriciliğinde en yaygın olarak kullanılan file, kasa ve park metodları şeması (Serdar vd., 2007).

Akivades yetiştiriciliğinde bir sonraki adım yavru temininin yapılmasıdır (Şekil 8). Kuluçkahanelerde üretilen bireylerden ya da doğal ortamdan elek altı olarak ayrılan ve 10 mm kabuk uzunluğundan daha büyük bireylerin hazırlanan sisteme ekimi ile kültür başlatılmaktadır. Yapılan çalışmalarda ilkbahar döneminde ekilen bireylerin sonbahar döneminde ekilenlere göre daha hızlı büyüdükleri ve yaşama oranlarının daha iyi olduğu belirtilmektedir (Serdar ve Lök 2007a). İlkbahar döneminde su sıcaklığının artması ile birlikte ortamda var olan besin miktarı da artmakta ve bu durum büyümeyi teşvik etmektedir. Diğer taraftan sonbaharda ekilen akivades yavruları şiddetli yağmur ve fırtınaya maruz kalmanın yanında bazı bölgelerde ördek predasyonuna uğramaktadır. Yeterince büyük olmayan bu bireyler çevresel şartlardan kolaylıkla etkilenmekte ve bu yüzden yavaş büyüme göstermekte veya ölmektedir. Bununla birlikte, ilkbaharda ekilen bireyler tüm yaz mevsimini iyi beslenerek geçirdiği için hem boyca büyümekte hem de çevresel koşullara karşı direnç kazanmaktadır (Chan, 1951; Orive vd., 1984; Serdar ve Lök, 2007a). Yavru temini yapıldıktan sonra verimli bir üretim için *R. decussatus* stoklarının bulunduğu alanlara *R. philippinarum* (Manila akivadesi) türüne ait

bireylerin ekilmemesine mevcut tür ile kültürün devam etmesine dikkat edilmelidir.



Şekil 8. Japonya'da akivades üretim alanı ve bu alanda büyüme bırakılan akivades yavruları (Fotoğraf Serpil SERDAR)

Başarılı bir yetiştiricilik yapmak ve aynı zamanda birim alandan maksimum ürün elde etmek için akivadeslerin yetiştiricilik alanlarına ekim yoğunluğu çok önemlidir. Genellikle yavru akivadesler yetiştiricilik alanına 200-500 birey/m² oranında ekilebilirler. Burada önemli olan hangi yetiştiricilik sistemi kullanılırsa kullanılsın su değişiminin iyi ve ortamda akivadeslerin beslenebileceği miktarda besin bolluğu olmasıdır (Spencer vd., 1991). Bununla birlikte yüksek birey yoğunluğu ile yapılan ekimlerin hasatında da yüksek miktarda akivades elde edilmesi mümkündür. Yapılan çalışmalarda 1000, 2000, 3000 ve 4000 birey/m² yoğunluğunda yapılan ekimlerde büyüme oranlarında farklılık tespit edilmiş, fakat yaşama oranlarında farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir. Akivadesler besinlerini sudaki organik ve inorganik maddeleri süzerek aldıkları için

özellikle yetiştiricilik alanındaki besin miktarı ve diğer su koşulları akivades ekim miktarını belirlemede en kritik faktördür. Çünkü ekim yoğunluğu arttıkça besin için rekabet artmakta ve büyüme hızında yavaşlama meydana gelme ihtimali olmaktadır (Spencer vd., 1991; Serdar ve Lök, 2007b; Serdar vd., 2013).

Akivadeslerin büyüme ve yaşama oranı kullanılan kültür sistemine ve bölgeye göre değişiklik göstermektedir. Tablo 1’de farklı bölgelerde yapılmış çalışmalara ait sonuçlar görülmektedir.

Tablo 1. Farklı bölgelerde kültüre alınan akivadeslerin büyüme ve yaşama oranları (Serdar vd., 2007)

Tür	İlk ağırlık (g)	Son ağırlık (g)	Yaşama oranı (%)	Kültür metodu	Süre	Yer	Referans
<i>T. decussatus</i>	3.85	9.09	64	Sert Plastik ağ	1 yıl	SUFA Dalyanı, İzmir, Türkiye	Serdar vd., 2007
<i>T. decussatus</i>	3.87	8.02	42	Kasa	1 yıl	SUFA Dalyanı, İzmir, Türkiye	Serdar vd., 2007
<i>T. decussatus</i>	3.93	7.24	32	Poliamid ağ	1 yıl	SUFA Dalyanı, İzmir, Türkiye	Serdar vd., 2007
<i>T. decussatus</i>	3.82	6.79	42	Park	1 yıl	SUFA Dalyanı, İzmir, Türkiye	Serdar vd., 2007
<i>T. decussatus</i>	2.7	9.5	-	Park	10 ay	Conwy, İngiltere	Walne, 1976
<i>T. decussatus</i>	1.4	5.5	90	Park	8 ay	Venedik Lagünü, İtalya	Breber, 1985
<i>T. decussatus</i>	6.2	11.5	75	Park	8 ay	Venedik Lagünü, İtalya	Breber, 1985
<i>T. decussatus</i>	0.287	0.343	40	Park	120 gün	Ebro’s Delta, İspanya	Puigcerver, 1996
<i>T. decussatus</i>	0.287	0.698	80	Polikültür havuzu	120 gün	Ebro’s Delta, İspanya	Puigcerver, 1996
<i>T. semidecussatus</i>	1.9	18.35	88-90	Balık havuzu	13 ay	Eilat, İsrail	Shpigel ve Fridman, 1990
<i>T. philippinarum</i>	0.0078	0.8	-	Park	1 yıl	Donegal Körfezi, İrlanda	Britton, 1991
<i>T. philippinarum</i>	0.8	25	-	Park	2.5 yıl	Donegal Körfezi, İrlanda	Britton, 1991
<i>T. dorsatus</i>	0.64	4.1	84	Kasa	4 ay	Port Stephans, Avustralya	Paterson ve Nell, 1997
<i>T. dorsatus</i>	0.64	2.8	81	Yüzer kasa	4 ay	Port Stephans, Avustralya	Paterson ve Nell, 1997

6. YETİŞTİRİCİLİKTE KARŞILAŞILAN ZARARLI ORGANİZMALAR

Yetiştiricilik alanlarında akivadeslerin en yaygın predatörü kıyı yengeçleridir. Eğer akivadeslere herhangi bir koruma olmadan deniz tabanına yerleştirilirse su hareketlerinden hemen sonra yengeçler tarafından tüketilir. Kullanılan yetiştiricilik sisteminde ağ ile hazırlanan ortamlarda yengeçler en fazla predasyonu yapmaktadır. Bununla birlikte sert plastik ile hazırlanmış sistemlerde ise yengeç plastiği kıvrıramaz ve akivadeslere ulaşamazlar (Spencer vd., 1991; Serdar vd., 2007). Yengeç dışında çeşitli deniz kuşları, deniz yıldızları ve bazı balıklar akivadeslerin doğal düşmanlarını oluşturmaktadır.

7. HASAT VE PAZARLAMA

Yetiştiricilikte en son safha hasat aşamasıdır. Akivadesler yetiştirildiği alanın su sıcaklığı ve besin miktarına bağlı olarak 2 ile 4 yılda hasat boyuna ulaşmaktadır. Yapılan çalışmalar *R. decussatus*'un *R. philippinarum*'a oranla pazar boyuna ulaşması 1 yıl daha fazla sürede gerçekleştiğini göstermiştir. *R. decussatus* yılda 6-10 mm büyürken, *R. philippinarum* yılda 10-15 mm büyümektedir (Christophersen, 1994). Hasat işlemi genellikle elle toplama, emme direçleri veya mekanik traktörler kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Spencer vd., 1997).

Akivadesler birçok çift kabuklu türüne göre yüksek fiyatlarda pazar değeri bulmaktadır. Örneğin Avrupa'da ki balık marketlerinde yada pazar tezgahlarında *R. philippinarum* büyüklüğüne ve kalitesine göre değişmekle birlikte yaklaşık olarak 10-15 € /kg fiyatında satılırken, *R.*

decussatus türü yine büyüklüğüne ve kalitesine göre değişmekle birlikte 20 - 30 € /kg değerinde satışa sunulmaktadır. Bununla birlikte kültür yolu ile üretilmiş akivadeslerin doğadan toplananlara oranla daha yüksek fiyatlarda pazarda yerini bulmaktadır. Türkiye’de balık hali yada balık satış tezgahlarında akivades satışına pek rastlanılmasa da çift kabuklu toplayıcılarının aracı firmalara satış fiyatı 2 – 3 €/kg (*R. decussatus* için) arasında değişmektedir.

SONUÇ

R. decussatus ve *R. philippinarum* türleri başta olmak üzere tüm akivades türleri ticari açıdan yüksek pazar değerine sahip canlılardır. Suların kirlenmesi, hastalık, aşırı avcılık gibi nedenlerden dolayı akivades stoklarının azalmasıyla birlikte gerek Avrupa’da gerekse Uzak doğu ve Amerika ülkelerinde akivades türlerinin yetiştiriciliği yıllar önce başlamıştır. Günümüzde de zemini uygun alanlarda üretimleri başarıyla sürdürülmektedir. Bununla birlikte son yıllarda özellikle Japonya’da akivades üretimini arttırmak amacıyla zeminde kültüre alternatif olarak asma kültür metodu geliştirme çalışmaları başlamıştır (Higano ve Asao, 2017). Diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye sularında da sadece doğal populasyonlardan avcılık yolu ile üretime bağlı kalmayıp uygun alanlarda akivades yetiştiriciliğinin yapılması önemli bir konudur. Akivades gibi diğer çift kabuklu türlerinin ticari ölçekte üretimlerinin yapılması ile hem balık türlerine alternatif olarak yeni türlerin yetiştiriciliği başlamış olacak hemde halkımızın tüketimi için yeni protein kaynakları piyasaya sürülecektir. Aynı zamanda bu türlerin üretiminden pazarlanmasına kadar olan tüm

aşamaları ile birlikte malzeme, ekipman, sistem kurulumu, lojistik ve benzeri alanlarda da yeni iş kolları yaratılmış olacaktır. Üretilen türlerin gerek canlı ve gerekse işlenmiş ürün olarak yurtdışına ihraç edilmesiyle de yeni döviz kaynaklarının ortaya çıkacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak çift kabuklu türleri dışarıdan beslemeye gerek duyulmadan büyütülen canlılar oldukları için birçok ülkede yetiştiriciliği cazip türler arasında yer almaktadır.

KAYNAKÇA

- Albayrak, S., 2005. First record of *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) (Bivalvia: Veneridae) from the Sea of Marmara. *Zoology in the Middle East*, 35: 108-109.
- Alpbaz, A. G., 1993. Kabuklu ve Eklembacaklılar Yetiştiriciliği. Ege Üniversitesi Su ürünleri Fakültesi Yayınları No.26, İzmir, 317 sayfa.
- Beninger, P. G., Lucas, A., 1984. Seasonal variations in condition index, reproductive activity, and gross biochemical composition of two species of adult clam reared in a common habitat: *Tapes decussatus* L. (Jereys) and *Tapes philippinarum* (Adams and Reeve). *J Exp Mar Biol Ecol*, 79: 19-37.
- Borsa, P., Jousselin, Y., Delay, B., 1992. Relationships between allozymic heterozygosity, body size, and survival to natural anoxic stress in the palourde *Ruditapes decussatus* (Bivalvia: Veneridae). *J Exp Mar Biol Ecol*, 155: 169-181.
- Borsa, P., Thiriot-Quiévreux, C., 1990. Karyological and allozymic characterization of *Ruditapes philippinarum*, *R. aureus* and *R. decussatus* (Bivalvia, Veneridae). *Aquaculture*, 90: 209-227.
- Bozzo, M. G., Poquet, M., Durfort, M., 1996. Ultraestructura de los oocitos maduros de *Tapes decussatus* (Bivalvia). *Estudio preliminar. Iberus*, 14(2): 179-188.
- Breber, P., 1980. Annual gonadal cycle in the carpet-shell clam, *Venerupis decussata* (L.), in Venice Lagoon, Italy. *Proceedings of the National Shellfisheries Association*, 70: 31-35.
- Breber, P., 1985. On-growing of the carpet shell clam (*Tapes decussatus* (L.)): Two years' experience in Venice Lagoon. *Aquaculture*, 44: 51-56.
- Britton, W., 1991. Clam cultivation manual. *Aquaculture explained No.8. Shelfish file. Aquaculture Technical Section, An Bord Iascigh Mhara, Ireland. A special publication in conjunction with Taighde Mara Teo. 60pp.*
- Chan, A. R., 1951. Clam culture in Japan. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, FL-399. 103pp.

- Canapa, A., Marota, I., Rollo, F., Olma, E., 1996. Phylogenetic analysis of Veneridae (Bivalvia): Comparison of Molecular and Palaeontological data. *J Mol Evol*, 43: 517-522.
- Canapa, A., Nisi Cerioni, P., Olmo, E., Sabelli, B., Capriglione, T., 1993. Composizione del genoma e DNA altamente ripetuti in *Chamelea gallina*. Atti del 55°congresso U.Z.I.Torino 27 settembre, pp: 275.
- Cesari, P., Pellizzato, M., 1990. Biology of *Tapes philippinarum*. In: Agostini, D., Alessandra, G (eds). *Tapes philippinarum: Biologia e Sperimentazione*, Trieste, Italy: Ente di Sviluppo Agricolo Veneto. pp: 22-45.
- Christophersen, G., 1994. Aquaculture production of the carpet shell, *Tapes decussatus*. SMR-report 12/94. Universitetet I Bergen Senter For Miljo-Og Ressursstudier,43 pp.
- Guerra Diaz, A., 2014. Clam Production and Cultivation in Galicia (NW Spain): The Role of Hatcheries. In: da Costa González, F. (ed.), *Clam Fisheries and Aquaculture*. Nova Science Publishers, Inc. New York, USA. pp: 255-272.
- FAO, 2018. FAO yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2016. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy. 104pp.
- Garcia-Dominguez, F., Garcia-Gasca, S. A., Castro-Ortiz, J. L. 1994. Spawning cycle of the Red Clam *Megapitaria aurantiaca* (Sowerby, 1831) (Veneridae) at Isla Espiritu Santo, Baja California Sur, Mexico. *Journal of Shellfish Research*, 13(2): 417-423.
- Gérard, A., 1978. Recherches sur la variabilité de diverses populations de *Ruditapes decussatus* et *Ruditapes philippinarum* (Veneridae, Bivalvia). Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Océanographie, Biologie, Brest, 149pp.
- Gosling, E., 2003. *Bivalve Molluscs. Biology and Culture*. Oxford, Fishing News Books, Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK. 443pp.
- Gosling, E., 2015. *Marine bivalve molluscs*. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, UK. 524pp.
- Harte, M. E., 1992. A new approach to the study of Bivalve evolution. *Am Malac Bull*, 9: 199-206.

- Insua, A., Thiriot-Quiévreux, C., 1992. Karyotypes of *Cerastoderma edule*, *Venerupis pullastra* and *Venerupis rhomboides* (Bivalvia, Veneroidea). *Aquat Living Resour*, 5: 1-8.
- Keane, J. P., Gardner, C., 2017. Small Bivalve Fishery Assessment. Institute for Marine and Antarctic Studies Report, University of Tasmania, Hobart. 18pp.
- Nakamura, Y., 2001. Filtration rates of the Manila clam, *Ruditapes philippinarum*: dependence on prey items including bacteria and picocyanobacteria. *J Exp Mar Biol Ecol*, 266: 181-192.
- Orive, E., Santiago, J., Villate, F., 1984. Variabilidad de algunos parametros fisicos y biologicos en la ria de Mundaka. *Cuad. Área Ciencias mar., Semin. Estud. Galegos*, 1:129-138.
- Parache, A., 1982. La palourde. *La Pêche Maritime*, 20 Septembre. pp: 496-507.
- Passamonti, M., Mantovani, B., Scali, V., 1999. Allozymic analysis of some Mediterranean Veneridae (Mollusca: Bivalvia): preliminary notes on taxonomy and systematics of the family. *J Mar Biol Ass UK*, 79: 899-906.
- Paterson, K. J., Nell, A. J., 1997. Effect of different growing techniques and substrate types on the growth and survival of the clams *Tapes dorsatus* (Lamarck) and *Katelysia rhytiphora* (Lamy). *Aquac Res*, 28: 707-715.
- Ponurovsky, S. K., Yakovlev, Y. M., 1992. The reproductive biology of the Japanese littleneck, *Tapes philippinarum* (A.Adams and Reeve, 1850) (Bivalvia: Veneridae). *Journal of Shellfish Research*, 11(2): 265-277.
- Puigcerver, M., 1996. Analysis on individual growth of juvenile carpet shell clams, *Tapes decussatus* (L.), in three different rearing conditions employed in the Ebro's Delta, Spain. *Aquac Res*, 27: 399-404.
- Rodriguez-Moscoso, E., Arnaiz, R., 1998. Gametogenesis and energy storage in a population of the grooved carpet-shell clam, *Tapes decussatus* (Linné, 1787), in northwest Spain. *Aquaculture*, 162: 125-139.
- Sbrenna, G., Campioni, D., 1994. Gametogenic and spawning patterns of the Manila clams *Tapes philippinarum* (Bivalvia: Veneroidea) in two lagoons of the river Po Delta, Italy. *Journal of Shellfish Research*, 13(1): 37-46.

- Serdar, S., 2015. Shellfish Production and New Approaches in Turkey. The Third International Symposium on Manila (Asari) Clam, Tsu, Mie, Japan, 01-02 June 2015, pp: 37.
- Serdar, S., 2016. Country report from Turkey. Bull Jap Fish Res Edu Agen, 42: 125-127.
- Serdar, S. 2017. Shellfish Production: Turkish Experiences. TRAINING COURSE on Development of Aquaculture Production and Technologies in the INOC Member States. 15-20 May, Tunisia, pp 155-162
- Serdar, S., Lök, A., 2005. Çakalburnu Dalyan'ından Toplanan Akivadeslerin (*Tapes decussatus* L. 1758) Mevsimsel Olarak Gonad Gelişimi. E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 22 (3-4): 389-397.
- Serdar, S., Lök, A., 2007a. Impact of Planting Season on Growth and Survival of the Carpet Shell Clam (*Tapes decussatus*, Linnaeus 1758). The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh, 59(1): 43-47.
- Serdar, S., Lök, A., 2007b. Effect of high stocking density on growth and survival rate of carpet shell clam (*Tapes decussatus* Linnaeus, 1758). Aquaculture Europe 2007, October 24-27, İstanbul, Türkiye. pp: 515.
- Serdar, S., Lök, A., 2009. Gametogenic cycle and biochemical composition of the transplanted carpet shell clam *Tapes decussatus*, Linnaeus 1758 in Sufa (Homa) Lagoon, Izmir, Turkey. Aquaculture, 293: 81-88.
- Serdar, S., Lök, A., 2010 Monthly variations in gonadal development and biochemical composition of the carpet shell clam *Ruditapes* (*Tapes*) *decussatus*, Linnaeus 1758 in Mersin Bay, Aegean Sea, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 19(6a): 1055-1063.
- Serdar, S., Lök, A., Kırtık, A., Acarlı, S., Küçükdermenci, A., Güler, M., Metin, G., Yıldız, H., 2009. Çakalburnu Dalyan alanında akivadeslerin (*Tapes decussatus* Linnaeus, 1758) büyüme ve üreme özellikleri. Proje Final Raporu, Proje No: 105Y256-TÜBİTAK.
- Serdar, S., Lök, A., Köse, A., Yıldız, H., Acarlı, S., Gouletquer, P., 2007. Growth and survival rates of carpet shell clam (*Tapes decussatus* Linnaeus, 1758)

- using various culture methods in Sufa (Homa) Lagoon, Izmir-Turkey. *Aquacultural Engineering*, 37: 89-99.
- Serdar, S., Lök, A., Kırtık, A., Acarlı, S., Küçükdermenci, A., Güler, M., Yiğitkurt, S., 2010. Comparison of Gonadal Development of Carpet Shell Clam (*Tapes decussatus*, Linnaeus 1758) in Inside and Outside of Çakalburnu Lagoon, Izmir Bay. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10: 395-401.
- Serdar, S., Lök, A., Küçükdermenci, A. 2013. Culture of *Tapes decussatus* in High Stocking Density in Mersin Bay, Izmir-Turkey. 40th CIESM Congress Marseille, France, 28 October - 01 November 2013.
- Shpigel, M., Fridman, R., 1990. Propagation of the Manila clam (*Tapes semidecussatus*), in the effluent of fish aquaculture ponds in Eilat, Israel. *Aquaculture*, 90: 113-122.
- Spencer, B. E., Edwards, D. B., Millican, P. F., 1991. Cultivation of Manila clams. Laboratory Leaflets, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Directorate of Fisheries Research, Lowestoft (65): 29pp.
- Spencer, B. E., Kaiser, M. J., Edwards, D. B., 1997. Ecological effects of intertidal Manila clam cultivation: observations at the end of the cultivation phase. *Journal of Applied Ecology*, 34: 444-452.
- Toba, M., Yamakawa, H., Kobayashi, Y., Sugiura, Y., Honma, K., Yamada, H., 2007. Observations on the maintenance mechanisms of metapopulations, with special reference to the early reproductive process of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* (Adams&Reeve) in Tokyo Bay. *Journal of Shellfish Research*, 26(1): 121-130.
- Tuncer, S., Ismen P., Onal, U., 2004. A new record of Manila clam in the Sea of Marmara (*Ruditapes philippinarum*, Adams & Reeve). In: Öztürk, B., Salman, A. (eds.), *Proceedings of the 1st National Malacology Congress*, September 1–3, Izmir, Turkey. pp: 211–215.
- Utting, S. D., Spencer, B. E., 1991. The hatchery culture of bivalve mollusc larvae and juveniles. Laboratory Leaflets, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Directorate of Fisheries Research, Lowestoft (68): 31pp.

- Vilella, H., 1950. Vida Bentonica de *Tapes decussatus* (L.). Travaux de la Station de Biologie Maritime de Lisbonne. 53: 139pp.
- Walne, P. R., 1976. Experiments on the culture in the sea of the butterflyfish *Venerupis decussata*. Aquaculture, 8: 371-381.
- Xie, Q., Burnel, G. M., 1994. A comparative study of the gametogenic cycles of the clams the South Coast of Ireland. Journal of Shellfish Research, 13(2): 467-472.

BÖLÜM 5

MİDYE YETİŞTİRİCİLİĞİ

Doç. Dr. Şükrü YILDIRIM¹

¹ Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, İzmir, Türkiye.
ORCID: 0000-0002-2802-5213. e-posta: sukru.yildirim@ege.edu.tr

GİRİŞ

Midyeler, Mollusca şubesinin Bivalvia sınıfı içinde yer alan Mytilidae ailesine ait önemli türler olup, dünyada oldukça geniş bir dağılım gösterirler. Bu türlerin en belli başlıları *Mytilus galloprovincialis* (Kara Midye veya Akdeniz Midyesi), *Mytilus edulis* (Mavi Midye veya Avrupa Midyesi), *Mytilus chilenses* (Şili Midyesi), *Modiolus barbatus* (At Midyesi), *Perna perna* (Afrika Midyesi), *Mytilus californianus* (Kaliforniya Midyesi), *Mytilus trossulus* (Pasifik Mavi Midyesi), *Perna viridis* (Yeşil Midye) ve *Perna canaliculus* (Yeni Zelanda Midyesi) olarak sıralanabilir. Bu türler içerisinde ülkemiz sularında en bol bulunan tür Kara Midyedir (*Mytilus galloprovincialis*) (Şekil 1).



Şekil 1. Kara midye (*Mytilus galloprovincialis*) (Fotoğraf Ş. YILDIRIM)

1. MIDYELERİN COĞRAFİK DAĞILIMI

Mytilus cinsi midyeler hem ılıman hem de serin kıyısal suların baskın türleridir ve yaygın olarak dağılım gösterirler. *Mytilus galloprovincialis* İngiltere, İspanya ve Fransa'nın Atlantik kıyıları, Portekiz ve Akdeniz'in kuzey kıyıları ile Karadeniz'de yayılım göstermektedir.

Ayrıca günümüzde bu türün Çin, Kore ve Japonya, ABD'nin batısı, Avustralya, Yeni Zelanda ve hatta Güney Afrika'da bulunduğu bildirilmektedir. Akdeniz'deki tüm kuzey kıyılarında 40 metre derinliğe kadar sıklıkla görülür (Kumlu, 2001). *Mytilus edulis* türü midye ise hafif subtropikalden Kuzey Kutbuna kadar olan bölgelerde geniş dağılım göstermektedir. Bununla birlikte diğer *Mytilus* cinsi midyelerin dağılım alanları kısıtlıdır. Örneğin *M. californianus* Kuzey Amerika'nın Pasifik sahili ile sınırlıdır. *M. trossulus* ise Kuzey Yarımkürenin soğuk bölgeleri ile sınırlı kalmıştır. Perna cinsleri ise güney yarım kürede subtropikal ile tropikal bölgelerde dağılım göstermektedir (Gosling, 2003). Ülkemizde *M. galloprovincialis* İzmir'den kuzeye doğru Ege, Marmara, Karadeniz kıyılarında, *Modiolus barbatus* (At midyesi) ise özellikle Ayvalık Körfezi olmakla birlikte Ege kıyılarında dağılım gösteren 2 ekonomik midye türüdür (Uysal, 1970; Alpbaz, 1993).

2. MİDYELERİN YAŞAMA ALANLARI

Denizel ortamda özellikle sert zeminde yaşarlar. Bisus iplikleri ile kaya veya benzeri sert zeminlere tutunurlar. Haliç ve limanlardaki korunaklı bölgelerde, kayalık açık sahillerde, dalgakıran benzeri yapılarda ve bunlar gibi tutunmaya müsait çok çeşitli bölgelerdeki uygun zeminlerin üzerinde düşük veya yüksek yoğunluklarda görülebilirler. *Mytilus galloprovincialis*, bulunduğu zemin üzerinde ayağı yardımı ile hareket edebilir. Bisus bezlerinden salgıladığı bisus iplikleri ile uygun zemine veya bir başka midye üzerine tutunarak (küme oluşturarak) yaşarlar.

3. MİDYELERİN MORFOLOJİSİ

Midyelerin vücutları morfolojik olarak Anterior (ön), posterior (arka), ventral (karın) ve dorsal (sırt) olmak üzere dört ayrı kenardan oluşur. Karın tarafından bisus iplikleri çıkar ve bu iplikler midyelerin çeşitli zeminlere tutunmasını sağlar. Kabuklar üzerinde ön kenardan başlayıp arka kenara doğru paralel olarak ilerleyen küçük eliptik daireler yaş halkaları veya büyüme çizgileri olarak adlandırılır. Farklı çevre koşullarında midyeler siyah, siyahımsı mavi, koyu morumsu, kahverengi veya kahverengiye yakın renk çeşitliliğinde bulunabilirler (Uysal, 1970; Alpbaz, 1993).

4. MİDYELERİN ANATOMİSİ

Midyelerde kabuk içerisine yerleşmiş manto loplari arasında solungaçlar, palpler, ayak ve beyaz renkli kapama kası yer almaktadır. Ayağın alt tarafında bisus iplikleri yer almaktadır (Şekil 3). Mide vücudun ortasında bulunan kahverengi–yeşil renkteki bölgedir. Kabuğun iç kısmıyla bağlantılı olan manto bölgesi, kabuğu oluşturan maddeleri (kalsiyum) salgılar ve ayrıca yumurta veya sperm üreten gametleri de içinde bulundurur (Uysal, 1970; Bilecik, 1989).

5. MİDYELERDE BESLENME VE SİNDİRİM

Midyeler suyu süzen canlılar olup, su sütununda bulunan fitoplanton türlerini ve asılı haldeki organik ve inorganik maddeleri süzerek beslenirler. Su ağız kısmından vücuda alındıktan sonra solungaçlara iletilir. Solungaç tarafından ayrılan yiyecekler labial palplar ile ağıza

taşınır. Labial palpler ağıza gönderilecek yiyecek miktarını düzenler. Ağıza taşınan yiyecekler yemek borusundan geçerek mideye giderler. Midede ayrıştırılan yiyecekler küçük sindirim tüpüne veya bağırsaklara gönderilir ve burada sindirim gerçekleşir Olgun bir midye günde ortalama 40 litre suyu filtre etmektedir. (Uysal, 1970; Bilecik, 1989).

6. MİDYELERDE ÜREME

Kara midyede üreme yılın her döneminde gerçekleşmektedir. Sadece su sıcaklığının yükseldiği yaz aylarında üreme yavaşlar. Midyeler, glikojen rezervlerinin önemli miktarını kullanarak milyonlarca sperm veya yumurta üretirler ve et ağırlıklarında azalma olur. Bu sebeple midye çiftliklerinde yeni döl atmış midyelerin hasadı ve pazarlanması gelir kaybına neden olur. Midyeler, değişen büyüme oranına bağlı olarak cinsi olgunluğa altı ay ile bir yıl arasında ulaşırlar. Üreme döneminde bireylerin erkek veya dişi olduğu gonad renklerinden ayırt edilebilir. Olgun erkeklerde gonadlar krem-beyaz, dişilerde ise sarı-portakal rengi tonlardadır. Dünyada en çok yetiştiriciliği yapılan Şili Midyesi dişisi (turuncu renk) ve erkeği (beyaz renk) Şekil 2’de görülmektedir.

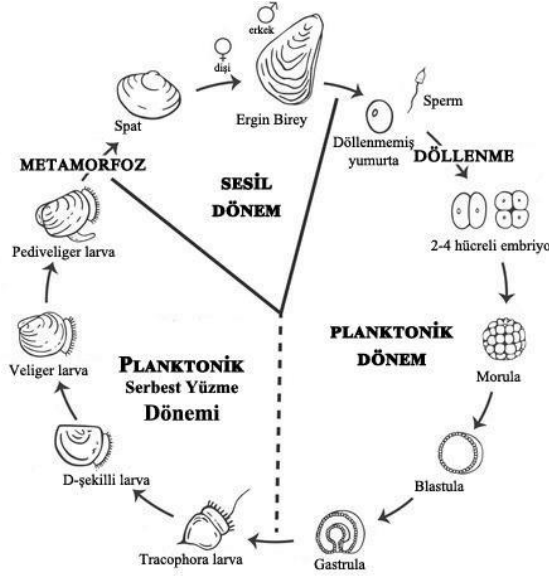
Kara midyelerin yumurta ve sperm salımı doğrudan genital açıklıklarından su içine doğrudur. Fertilizasyon suda gerçekleşir. Fertilize olmuş (döllenmiş) yumurtalar (yaklaşık 60–90 µm) su akıntıları ve kendi hareketleri ile ortamda yayılan trokofor ve veliger larvalara dönüşürler. Trakofor larva silleri vasıtası ile oldukça hızlı bir şekilde hareket eder ve tüm vücut döllenmeden 40 saat sonra kabuklarla

kaplanır. Veliger denilen bu safhada larvanın yaklaşık boyu 95 µm, eni 70 µm ve kalınlığı 70 µm'dir. Veliger safhasının asıl karakteristik özelliği olan velum organı üzerinde uzun bir kamçı ve bunun etrafında siller vardır. Midye larvaları yaklaşık olarak 2–4 hafta planktonik bir yaşam sürer, su içerisinde sil hareketleri ile yüzerler ve beslenirler. Larva 140–150 µm boya ulaştığında kabukların bağlandıkları noktada umbo görülür. Bu değişim ile larva umbo safhasına geçer. Larva 195–210 µm iken ayak oluşur ve 215–240 µm boya ulaşan larvalarda ise ayaklarını kullanmaya başlar. Yaklaşık 260 µm'ye ulaşan larvalara pediveliger adı verilir. Pediveliger larvalar 0,25–0,27 mm boya ulaştıklarında spat halini alırlar, velum organları ortadan kaybolur, bisus iplikleri vasıtası ile uygun yüzeye tutunurlar ve metamorfoz tamamlanmış olur. Tutunmuş olan bireyler tutundukları yüzeyden ayrılmak durumunda kaldıklarında başka bir yüzeye tekrar tutunma kabiliyetine sahiptirler (Şekil 3) (Bayne, Widdows, Thompson, 1976; Dare, 1976; Vogeler, Bean, Lyons, Galloway, 2016).



Şekil 2. Şili Midyesi dişi (turuncu renk) ve erkek (beyaz renk)

(Fotoğraf Ş. YILDIRIM)



Şekil 3. Kara midyenin yaşam döngüsü (Bayne et al., 1976; Vogeler et al., 2016)

7. MİDYE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE SUYUN FİZİKO-KİMYASAL PARAMETRELERİ

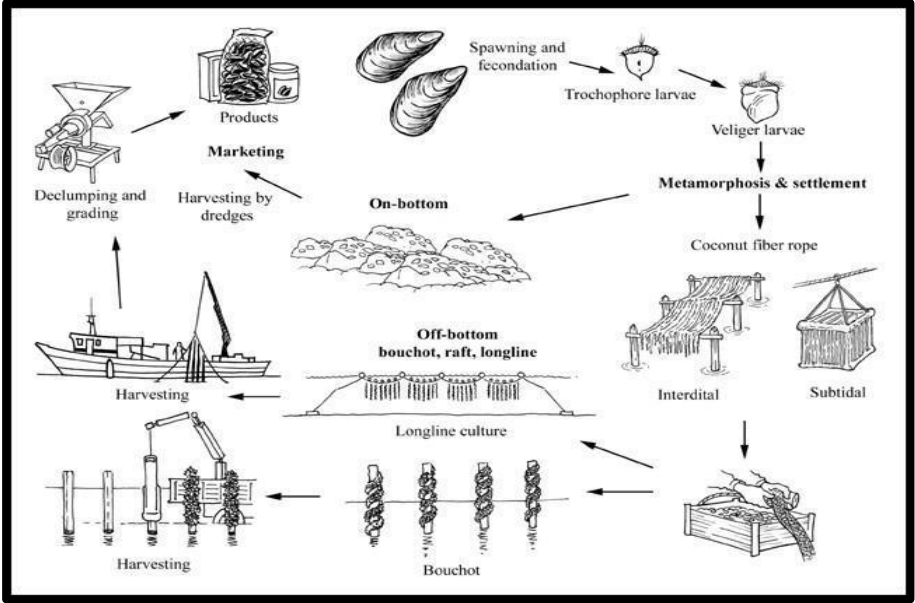
Midyelerin biyolojik aktivitelerini gerçekleştirebilmelerinde ortamın su koşulları çok önemlidir. Bu yüzden çözünmüş oksijen, sıcaklık, tuzluluk, klorofil *a*, Toplam Partikül Madde (TPM), Partikül İnorganik Madde (PIM), Partikül Organik Madde (POM) ve fitoplankton tür çeşitliliği de takip edilmelidir.

Su Sıcaklığı; Bilindiği üzere midyeler geniş bir sıcaklık toleransına sahiptir. Ülkemiz Karadeniz kıyı şeridinde, Marmara Denizin de ve Ege Denizinin orta ve kuzey kısmında yoğun olarak bulunur. Bu bölgelerde deniz suyu sıcaklığı 5 derece ile 28 derece arasında değişim

göstermektedir. Tuzluluk; Midyeler tuzluluğun %5–40 olduğu bölgelerde yaşamalarına rağmen en uygun tuzluluk değerinin %18-20 olduğu ve geniş bir sıcaklık toleransı gösterdikleri bilinmektedir. Bulanıklık (türbidite); Asılı madde içeren sular bulanıktır. Dolayısıyla su ortamındaki ışık miktarının azalmasına neden olur bu da ortamdaki fotosentez miktarını ve fitoplankton artışını etkileyebilir. Besleyici elementler; deniz suyunda çözülmüş halde bulunan besleyici elementler, fitoplankton türlerinin büyüme ve gelişmeleri için önemlidir. Klorofil *a*; ortamda fotosentetik canlıların yani fitoplanktonun yoğunluğunu gösteren bu parametre 4 µg/L ile 9 µg/L arasında değişim gösterdiği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir.

8. MİDYE YETİŞTİRİCİLİĞİ

Midye yetiştiriciliği ilk defa 1235 yılında İrlandalı bir kaptan olan Patrick Walton tarafından Fransa'nın Aiguillon Körfezinde yapılmıştır. Avrupa'da en çok midye yetiştiriciliği yapan ülkelerin başında İspanya, Fransa, Hollanda, İtalya, İngiltere, Norveç ve Yunanistan gelmektedir. Örneğin, bu yetiştirici ülkeler arasında yer alan İspanya'nın yıllık üretimi 200.000 tona yakındır. Bu rakam Türkiye'nin yetiştirdiği toplam yıllık alabalık, çipura ve levrek üretimine yakın bir değerdir. Şekil 4'de kara midyenin üretim döngüsü görülmektedir.



Şekil 4. Kara midye üretim döngüsü (FAO 2020,

http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mytilus_galloprovincialis/en).

Ticari olarak midye yetiştiriciliği, bölge ve ülke bazında farklılıklar gösterse de tamamı için semi-ekstansif uygulanma olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz. Ticari olarak midye yetiştiriciliği, Fransa, İspanya ve Hollanda gibi birçok ülkede yüz yıllardan beri yapılmaktadır. Her ülke kendi deniz şartlarına uygun olan yetiştiricilik sistemini geliştirmiştir. Üreme faaliyetleri yaz aylarında azalmakla birlikte yıl boyunca devam eder. Böylece yetiştiricilik için gerekli olan yavru bireyler uygun sistemler kullanılarak kolaylıkla temin edilebilmektedir (Yıldırım vd., 2017). Bu sebeple tam kontrollü, yumurtadan pazara yetiştiricilikten ziyade yarı kontrollü olarak yavru aşamadan pazara kadar yetiştiricilik uygulamaları yaygın olarak yapılmaktadır. Midye yetiştiriciliğinin temelde 4 yöntemle yapılmaktadır;

- Dipte
- Sırıklar üzerinde
- Sallarda
- Uzun halat

8.1. Dipte Yetiştiricilik

Genellikle Hollanda ve Almanya’da pratik olarak geniş bir biçimde uygulanan bu yöntemde sığ suların olduğu bölgeler kullanılır. Doğal üreme sahalarından alınan ve boyları 10 mm civarında olan midyeler yetiştiriciliğin yapılacağı ve su derinliği 5 m civarında olan bölgelere alınırlar. Midyeler, boyları 5 ila 6 cm’ye geldiğinde (bu süre 20 ay civarındadır) pazara sunulurlar. Hollanda da bu yöntemle yılda 100 bin ton midye ve bu midyelerden 30 bin ton midye eti elde edilmektedir. Üretilen midyenin % 80’i çiğ olarak tüketilir. Bu sistemle midye üretebilmek için planktonca zengin, açık deniz özelliğinde olmayan ve uygun kumlukta zemin yapısına sahip olan bölgelere ihtiyaç vardır. Şekil 5’te zeminde yapılan midye yetiştiriciliği görülmektedir.



Şekil 5. Zeminde yapılan midye üretiminden görünüm (Fotoğraf Ş. YILDIRIM).

8.2. Sırıklar Üzerinde Üretim

Fransa'nın Güney Atlantik kıyılarında Aiguillon Körfezinde 13. yüzyıldan beri uygulanan bir yöntemdir. Bu bölgedeki kıyılar korunaklı ve doğal afet olasılığı az olan yerlerdir. Su sıcaklığı 4°C ile 21°C arasında, tuzluluk ise %29 ile %34 arasında değişmektedir. Bu bölgede büyük gelgitler olmaktadır. Midye üretiminde 20 cm çapında ve 3 m uzunluğundaki meşe kazıklarından faydalanılmaktadır. Kilometrelerce uzunluktaki sahillerde her kazıktan ortalama 4,5 kg midye eti elde edilir ve gerekli olan süre 12 ile 18 aydır. Fransa'nın yıllık ortalama midye eti üretimi 50 bin ton civarındadır (Şekil 6).



Şekil 6. Fransa'da sıırıklar üzerinde yapılan midye üretimi (Fotoğraf S. SERDAR).

8.3. Sallar Üzerinde Üretim

Özellikle İspanya'nın Kuzey Atlantik kıyılarında uygulanmaktadır. Bu yöntemin uygulandığı Galicia Körfezinin kıyı uzunluğu 24 km, ortalama su derinliği 30 m, ortalama gel-git 3 ile 4 m, su sıcaklığı 9 °C ila 21 °C arasında, deniz suyu tuzluluğu da ortalama ‰ 35 civarındadır (Şekil 7). Yetiştiricilik ahşap orjinli olan ve fiberglas büyük variller ile yüzdürülen sallardan sarkıtılan ipler üzerinde yapılmaktadır. İspanya'da bu sistem kullanılarak yapılan yetiştiricilikte midyelerin hasat boyuna gelmesi 12-18 ay sürmektedir.



Şekil 7. İspanya'da sal üzerinde yapılan midye üretimi (Fotoğraf S. SERDAR).

8.4. Uzun Halat

Bu tür sistemler yaygın olarak Şili, Yeni Zelanda, Brezilya, İsveç, İngiltere ve Yunanistan'da kullanılmaktadır (Şekil 8 Florianpolis, Santa Katarina, Brezilya). Sistem midyelerin hızlı gelişim göstereceği fitoplanktonca zengin bölgelere kurulur. Sal metodu ile büyük benzerlik gösterdiğinden bu yöntem içinde yer alabilir. İspanya'daki sal metodundan farklı olarak salın yerini yüzdürücüler (şamandıralar)

almıştır. Derinliği 10 m civarında olan sularda uzun bir hat boyunca sıralanan yüzdürücüler (bidonlar) kalın bir halat ile birbirlerine bağlanırlar ve beton tonozlar ile zemine sabitlenirler. Bu kalın halatlardan sarkıtılan daha ince halatlar üzerinde midye yetiştiriciliği gerçekleştirilir (Serdar vd., 2017).



Şekil 8. Brezilya’da uzun halat ile yapılan midye üretimi (Fotoğraf Ş. YILDIRIM).

Dünyada en çok midye üretimi yapan ülke Şili’dir. Uzun halat sistemi ile üretim yapan irili ufaklı çok sayıda işletme bulunmaktadır. Ve bu ülkedeki midye yetiştiriciliği özellikle son 10 yıl içinde hızla artarak yıllık 1 milyon ton miktarına yaklaşmıştır. Şekil 9’da Şili’nin Puerto Montt şehrinde uzun halat sistemi ile üretim yapan küçük bir işletmede gerçekleştirilen hasat operasyonu görünmektedir. Bu ülkede midye yetiştiricilik sahaları yıllık üretim kapasitesi düşük olan işletmeler, üretim kapasitesi yüksek olan işletmelere göre tahsis edilmiştir. Ayrıca yavru midye üretim çiftlikleri ve midye midyelerin büyütüldüğü (semirtildiği) sahalar ayrı yerlerde olup birbirlerine birkaç kilometreyi aşmayan mesafedelerdir. Midye çiftlikleri ve somon çiftlikleri bir çok

kapalı koy ve körfezde entegre üretim olarak adlandırabilecek mesafelerde başarılı olarak üretim faaliyetlerini sürdürmektedirler.



Şekil 9. Şili’de uzun halat yöntemi ile yapılan midye üretimi
(Fotoğraf Ş. YILDIRIM)

9. TÜRKİYE’DE MİDYE YETİŞTİRİCİLİĞİ

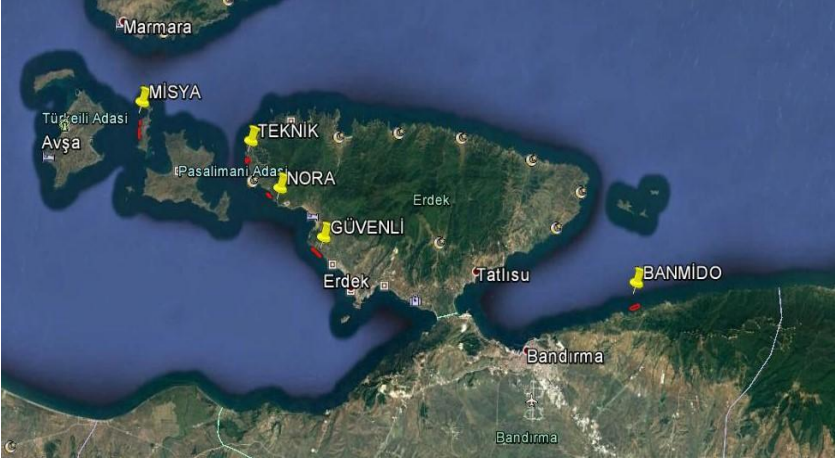
İspanya, İtalya, Hollanda ve Fransa gibi birçok Avrupa ülkesinde midye yetiştiriciliği yaygın olarak yapılmakta ve her bir ülke için yılda 50.000 ton ile 200.000 ton arasında üretim olduğu bilinmektedir. Bazı Avrupa ülkelerinde üretilen midye, tüketimlerine yetişmemekte ve başka ülkelerden ithalat yolu ile bu tüketimi karşılama yoluna gitmektedirler. Türkiye’de midye özellikle Ege, Marmara ve Karadeniz’de hem dolma hem de tava olarak tüketilmektedir. Ayrıca midye işleme teknolojisinin gelişmesi ve soğuk zincir kargo firmalarının yaygınlaşması ile birlikte,

başta Ankara olmak üzere İç Anadolu'daki şehirlere hem taze hem de işlenmiş olarak sevkiyatı yapılmaktadır. Midyeler doğal ortamdan avcılık yolu ile elde edildiğinde; hem sağlık açısından güvenilir olması hususunda, hem de istenildiği zaman istenildiği miktarda ürün bulma konusunda sıkıntılar yaşanmaktadır. Midyeler suyu süzerek beslenen canlılar olduğu için denizlerde izlenmeyen bölgelerden toplanması durumunda, insan sağlığı açısından riskli durumlar oluşabilmektedir. Bu yüzden yetiştiricilik yolu ile yapılacak üretim, hem güvenilir olacak hem de pazar ihtiyacını düzenli olarak karşılayacaktır. Ülkemizde yetiştiricilik yolu ile midye üretiminin daha fazla zaman kaybetmeden başlatılması ve geliştirilmesi uluslararası rekabette yer alabilmek için gereklidir. Midye çiftliklerinde üretilen midyeler sayesinde, Türk insanının sağlıklı midyeye ulaşabilmesi mümkün olacaktır.

Bilindiği üzere Türkiye de çift kabuklu su ürünlerinin kültürü hakkında girişimler geçmiş yıllarda çok düşük seviyelerde kalmıştır. Maalesef Ülkemizde midye üretimi uzun yıllardır insan sağlığı açısından sakıncalı olan yasaklanan deniz sahalarından avcılık yolu ile yapılmaktadır. Ülkemizde iç piyasada kayıt dışı olarak, özellikle midye dolma şeklinde satılan midye miktarının 50.000 tondan fazla olduğu tahmin edilmektedir. Özellikle son yıllarda yetkili devlet kurumları ve kolluk kuvvetleri işbirliğinde alınan sıkı önlemler ile bu kaçak midye avcılığı ile güçlü bir mücadele başlatılmıştır. Aynı zamanda midye yetiştiriciliği ile ilgili özel sektörün de çok sayıda girişimi kamu kurumları nezdinde mevcuttur. Eğer bu girişimlerin midye yetiştiricilik faaliyetine dönüşmesi mümkün olursa, böylece yasadışı midye

avcılığının önüne geçilmesi mümkün olacaktır. Daha da önemlisi Türk Milletinin sofrasında sağlıklı koşullarda üretilen midyenin yer alması sağlanacaktır. Ayrıca kayıt altında olan ve izlenebilir bu yetiştiricilik faaliyeti ile mali açıdan kayıt dışılığında önüne geçilmesi mümkün olacaktır.

Günümüz itibarıyla Türkiye’de en çok midye yetiştiriciliği yapılan bölgeler Marmara Denizi’nin güney kıyıları ve İzmir Körfezi’nin dış kısımlarında kalan deniz sahalarıdır. Ayrıca Karadeniz kıyı şeridinde ve Çanakkale ilinin kıyılarında da çok sayıda kara midye yetiştiricilik başvuruları bulunmaktadır (Serdar ve Yıldırım 2018). Şekil 10’da Marmara Denizi’nin güney kısmında uzun halat yöntemi kullanarak fiili üretim yapılan sahaların uydu görüntüleri görülmektedir. Bu çiftliklerin yıllık resmi üretim kapasiteleri 10.000 ton civarında olmasına rağmen, 2019 yılı fiili yetiştiricilik miktarlarının toplamı 2.000 ton civarında gerçekleştirilebilmiştir. İzmir Körfezi’nin en dış kısmında bulunan deniz sahalarında üretim yapan kara midye çiftliklerinin uydu görüntüleri Şekil 11’de verilmektedir. Bu çiftliklerin yıllık resmi üretim kapasitelerinin toplamı 2.000 ton civarındadır. Maalesef bu çiftliklerin de 2019 yılı fiili üretim miktarları resmi kapasitelerinin çok altında kalmıştır.



Şekil 10. Marmara Denizi'nin güneyinde üretim yapan kara midye yetiştiricilik işletmeleri



Şekil 11. İzmir Dış Körfezi'nde üretim yapan midye yetiştiricilik işletmeleri

Yukarıdaki uydu fotoğraflarından da görüldüğü üzere sahalar Türkiye'de midye yetiştiriciliğinin en yoğun yapıldığı sahalardır. Bu

bölgelerde üretilen çiftlik midyesinin miktarı yıllık 1.500-2.000 ton civarında gerçekleşmiştir (Serdar ve Yıldırım 2020). Sadece İspanya'nın yetiştiricilik yolu ile ürettiği midye miktarı Türkiye'de üretilenin 100 katı kadardır.

Düşük kolesterol ve zengin besin içeriği açısından kıymetli bir protein kaynağı olan midye, suyu süzerek beslenmekte dışarıdan yemlemeye gereksinim duyulmadan üretimi yapılabilir. Planktonca zengin uygun sahalarda yetiştiricilik yapıldığında 1 ila 1.5 yılda hasat boyuna erişmektedir.

Midye yetiştiriciliğinde en önemli konulardan biri olan yavru temininin kolay olması, bu amaçla hedeflenen yavru midye miktarına, kullanılan materyale ve bu materyalin denizel ortama bırakılma zamanı değişkenlerine göre ulaşılabilir (Yıldırım, 2004; Yıldırım vd., 2017) Bu yetiştiriciliğin balık yetiştiriciliğine kıyasla dışarıdan beslemeye gereksinim duyulmaması en önemli avantajıdır. Deniz ortamında var olan fitoplanktonu süzerek ete çevirmesi, aynı zamanda kısa sürede pazar boyuna ulaşması gibi avantajlarından dolayı midye yetiştiriciliğinin Türkiye kıyı şeridinde önümüzdeki yıllarda hızla yaygınlaşması beklenmektedir.

Midye gerek yurtiçinde ve gerekse yurtdışında sevilerek tüketilen deniz ürünlerinden olduğu için pazar problemi bulunmamaktadır. Yetiştiricilik yolu ile elde edilen midyeler doğadan avcılık yolu ile elde edilenlere kıyasla daha sağlıklı olduğu için yurtdışına kolaylıkla ihraç edilebilir.

10. MİDYE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR

Türkiye’de midye yetiştiricilik uzun yıllardır konuşulmasına rağmen bir türlü hayata geçirilememiştir. Kısaca, 8333 km kıyı şeridine sahip olan ülkemizde midye yetiştiriciliği için uygun olan sahaların belirlenmesi ve hızla üretime açılması gereklidir. Bu sahalar belirlenirken, midye yetiştiriciliğini başarıyla gerçekleştiren ülkelerdeki gibi yavru midye üretim sahaları ve midye büyütme sahaları olarak detaylandırılarak belirlenmelidir. Ayrıca seçilen sahalara uygun olan yetiştiricilik sistemi ve yıllık üretim kapasitesi kamu üniversite işbirliği içerisinde belirlenmelidir. Aksi takdirde, yüksek kapasiteli ve son teknoloji çiftliklerin kurulması gereken sahalara, küçük kapasiteli çiftlikler için izin verilmesi durumunda sahanın heba olmasına neden olunacaktır. Tam tersine küçük kapasiteli çiftliklerin kurulması gereken sahalara yüksek üretim kapasiteli çiftlik kurabilecek yatırımcıları yönlendirmekte yatırım sermayesinin yok olması ile sonuçlanacaktır.

Özellikle son yıllarda midye çiftliği yatırımı girişimlerinin yoğunlaşması ile birlikte Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım İl Müdürlüklerine midye yetiştiriciliği yapmak amacıyla başvuran girişimcilerin sayısı günden güne artmaktadır. Bu girişimcilerin başvuruları değerlendirilirken müteşebbisin daha önce yasadışı midye avcılığı konularına karışıp karışmadığı konularına dikkat edilmelidir. Mümkün olduğunca su ürünleri yetiştiricilik sektöründe uzun yıllardır faaliyet gösteren yetiştiricilikte tecrübeli firmalara öncelik tanınmalıdır. Ayrıca yeni kurulan midye çiftliklerine doğadan anaç midye toplama

izni verilmesi uygulamasına da son verilmelidir. Çünkü bilindiği üzere döllenmiş midye yumurtaları su hareketleri ile kilometrelerce uzaktaki bölgelere taşınmaktadır. Bu konunun diğer bir sakıncası da doğadan toplanan anaç midyeler ile birlikte midye yetiştiriciliği için çok sakıncalı olan ve midyelerin yetiştiricilik sistemlerine tutunmasını engelleyen *Balanus* sp., *Poliketa* sp. vb. türlerinin de çiftliğe taşınması ve çoğalmaları söz konusu olabilir (Serdar vd., 2019). Böyle bir durumda o çiftlikte üretim yapmak imkansız hale gelebilir.

Türkiye’de midye yetiştiriciliği ile ilgili yatırımcıların aşmakta zorlandığı bazı sorunları özetlemek ve sağlıklı bir şekilde midye yetiştiricilik sektörünün temelini atmak gerekir. Bu amaçla bundan sonraki paragraflarda karşılaşılan bazı sorunlar ve çözüm önerilerine değinilecek olup amaç çipura, levrek ve alabalığın yanında ihracat potansiyeli yüksek olan midye yetiştiriciliğinin gelişmesi ve yaygınlaşarak ülke ekonomisine katkı sağlamasıdır.

Tüm dünyada bilindiği üzere midye yetiştiriciliği çevre dostu bir yetiştiricilik yöntemi olup, eko-turizm ve günübirlik turizm için bir sakınca teşkil etmemektedir. Gerek AB ülkelerinde gerekse uzak doğu ülkelerinde bu tip bölgelerde, sorunsuz bir şekilde üretim faaliyetleri çok uzun yıllardır gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde ise hali hazırda kıyı şeridinde turizm yatırımı yapılmamış bölgelerimizde midye yetiştiriciliği için uygun alanlar olmasına rağmen, bu alanlarda, “*ileride turizm yatırımı yapılabilme ihtimali*” gerekçesiyle midye yetiştiriciliği lisansı verilmemektedir. Türkiye’nin tüm kıyı şeridini turizme tahsis etmek ekonomik ve ekolojik açıdan sağlıklı bir yaklaşım değildir. Kaldı

ki midye çiftliği ile turizm birbirini bütünleyecek faaliyetlerdir. Örneğin İspanya da en çok turistin ziyaret ettiği yerlerden biri Galicia bölgesindeki midye çiftlikleridir. Şekil 12.'de İspanya, Galicia Bölgesinde bulunan Vigo, Moana da sal sistemi ile midye yetiştiriciliği yapan işletmeler görülmektedir. Aynı sahada midye sallarına 200-300 m mesafede yerleşim yerleri ve yat limanı bulunmaktadır. Ayrıca Brezilyada en çok midye ve istiridyenin üretildiği Florianopolis kıyı şeridi ve Şili'nin Puerto Montt bölgeleri aynı zamanda bu ülkelerin en turistik şehirlerindedir.



Şekil 12. İspanya, Galicia Bölgesi, Vigo, Moana da Sal Sistemi ile Üretim Yapan Midye Yetiştiricilik İşletmeleri

Yetiştiricilik çiftliklerinde midyenin üretimi ve hasadının yapılabilmesi için AB direktiflerine uyumlu olarak saha izleme programı yürütülmektedir. Bu program kapsamında çiftlik sahasından bölgeye ait su ve midye eti numuneleri alınmakta ve T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı laboratuvarlarında bu örneklerin analizi yapılmaktadır. Fakat bu analiz ücretlerinin (izlemesi ilgili ilgili bakanlık tarafından yapılan İzmir Dış Körfez sahası dışına) çiftlik sahipleri tarafından karşılanması istenmektedir. Analiz ücretleri çok yüksek olduğu için üreticiler üzerinde ekonomik baskı oluşturmaktadır. Şüphesiz bu durum büyüme potansiyeli yüksek olan sektörün ilk başlarda gelişebilmesine engel olacaktır. Ayrıca midye üretimi Türkiye için yeni bir konu olması itibarıyla yüzyıllardır üretimin yapıldığı A.B. ülkelerindeki standartları bir anda Türk girişimcilere uygulamak doğru değildir. Kademeli olarak A.B. standartlarına ulaşmak hedefi daha gerçekçi olacaktır. Tarım ve Orman Bakanlığın midye yetiştiricilik ruhsatı verdiği her bir çiftlik sahası için izleme çalışmalarını en azından ilk beş yıl süreyle bedelsiz olarak yürütmesi yetiştiricilik üretiminin hızla artmasına katkıda bulunacaktır.

Midye yetiştiricilik çiftliklerinin yaygınlaşması ile birlikte yoğun üretimin olduğu sahalara yakın mesafelerde depurasyon (arındırma) tesislerinin kurulması ihtiyacı söz konusu olacaktır. Türkiye de hali hazırda var olan birkaç tane çift kabuklu depurasyon ve işleme tesisi artan üretimi karşılayabilecek potansiyele sahip değildir. Türkiye'nin denizlerine kıyısı olan şehirlerinde ve diğer tüm büyük şehirlerinde hemen her köşe başında kayıt dışı olarak pazarlanan midye dolmanın

modern işleme fabrikalarında üretilmesinin de önü açılacaktır. Ayrıca işleme tesislerinin yaygınlaşması gerçekleştirildiğinde midye daha yüksek katma değer ile pazarlanabilecektir. Böylece A.B üyesi ülkelerin Türkiye ye 10 yılı aşkın süredir uyguladıkları çift kabuklu deniz canlıları ithalat yasağının kaldırılması da mümkün olacaktır. Depurasyon ve işleme tesisi kurulması konuları ile ilgili devletimizin verdiği hibe, kredi ve teşviklerin arttırılması ile birlikte hiç şüphesiz kısa sürede olumlu geri dönüşler sağlanması mümkün olacaktır.

Sonuç olarak yetiştiricilik yolu ile midye üretimi birçok ülkede çok uzun yıllardır başarı ile yapılmaktadır. Türkiye'nin adaları dahil 8333 km kıyı şeridinde var olan uygun sahaları kullanarak birkaç yıl sonra 100 bin tonun üzerinde midye yetiştiriciliğini yapıyor olması hayal değildir. Sağlıklı midyenin Türk insanına sunulabilmesi için yetiştiricilik yolu ile üretimin yaygınlaştırılması bir zorunluluktur. Türkiye'nin kısa sürede endüstriyel anlamda midye yetiştiriciliğini konusu ne kadar başarılı olabileceği hâli hazırda var olan yatırımcıların yetkililer tarafından hızlı ve doğru sahalara yönlendirilmeleri ile mümkün olacaktır. Ayrıca konu ile ilgili teknik bilgiye sahip Su Ürünleri Fakültelerinde Akademik Personel ve bu fakültelerden mezun Su Ürünleri Mühendisleri mevcuttur. Midye yetiştiricilik çiftliklerinin yaygınlaşması ile birlikte yeni istihdam sahaları açılmasının ve iç piyasadaki talebin sağlıklı olan çiftlik midyesi ile karşılanması mümkün olacaktır. Son olarak ciddi ihracat miktarlarına ulaşılması ile birlikte ülkemize ciddi miktarlarda döviz girdisi sağlanacaktır.

KAYNAKÇA

- Alpbaz, A.G. (1993) Kabuklu ve Eklembacaklılar Yetiştiriciliği. Ege Üniversitesi Su ürünleri Fakültesi Yayınları. No.26, 317s.
- Bayne, B.L., Widdows, J., Thompson, R.J. (1976) Physiology: I. In: Bayne, B.L.(ed.). marine mussels: their ecology and physiology. Cambridge University Press. pp. 122-159.
- Bilecik, N. (1989) Midye ve yetiştiriciliği. T. C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Su Ürünleri Araştırma Müdürlüğü, Bodrum. Seri A, No: 2, 38s.
- Dare, P. J, (1976) Settlement, growth and production of the mussel, *Mytilus edulis* L., in Morecambe Bay, England. Fish. Invest. (Ser.2), 28:1.
- FAO (2020) http://www.fao.org/figis/servlet/SQServlet?file=/usr/local/tomcat/8.5.16/figis/webapps/figis/temp/hqp_8023534404931109274.xml&outtype=html (Erişim tarihi: 20 Temmuz 2020)
- Gosling, E. (2003) Bivalve Molluscs. Biology and Culture. Oxford, Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications, 443p.
- Kumlu, M. (2001) Karides, İstakoz ve Midye Yetiştiriciliği, Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:6, 305s.
- Uysal, H. (1970) Türkiye Sahillerinde Bulunan Midyeler (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck) Üzerine Biyolojik ve Ekolojik Araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi İlmî Yayınları, No:79.
- Serdar, S., Yıldırım, Ş., Ertan, A., Gökvardar, A., Sabancı, F. 2017. Erdek Körfezi, Marmara Denizi'nde Ağ Filelerde Midye Kültürü. 19. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu 12-15 Eylül 2017, Sinop.
- Serdar S., Yıldırım Ş. 2018 An Increasing Trend in Turkey: Mussel Culture. The 2nd International Fisheries Symposium, Girne, KUZHEY KIBRIS TÜRK CUM., 4-8 Kasım 2018, pp.1-2
- Serdar, S., Ulaş, A., Yıldırım, Ş. 2019. Determination of some species of invertebrate on mussel culture units in Balıklıova, İzmir Bay. International Biodiversity & Ecology Sciences Symposium (BIOECO2019). September 26-28, 2019, İstanbul.

- Serdar S., Yıldırım Ş. 2020. General Perspectives of Shellfish Aquaculture in Turkey. Marine Aquaculture in Turkey: Advancements and Management, Deniz Çoban, Didem Demircan, Deniz Tosun, Editör, Turkish Marine Research Foundation, İstanbul, ss.127-139.
- Vogeler, S., Bean, T.P., Lyons, B.P., Galloway T.S. (2016) Dynamics of nuclear receptor gene expression during Pacific oyster development, BMC Dev Biol, 16, 33.
- Yıldırım, Ş. (2004) Ağ Kafeslerde Balık Yetiştiriciliği Yapılan Mersin Körfezi'nde (Urla-İzmir) Akdeniz Midyesi'nin Değişik Materyallere Tutunma Oranının Araştırılması Üzerine Bir Ön Çalışma. Su Ürünleri Dergisi, 21.3
- Yıldırım, Ş., Serdar, S., Ertan, A., Gökvardar, A., Ulaş, A. 2017. Marmara Denizi'nin Güney Batısında (Erdek-Balıkesir) Kara Midye Yavrularının Kollektörlere Tutunma Zamanlarının Belirlenmesi. 19. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu 12-15 Eylül 2017, Sinop.

BÖLÜM 6

ÇİFT KABUKLU ÜRETİM ALANLARINDA MİKROBİYAL KİRLİLİK

Prof. Dr. ASLI KAÇAR¹, BURCU OMUZBÜKEN²

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Deniz Bilimleri Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye ORCID: 0000-0002-8705-3695
e-posta: asli.kacar@deu.edu.tr

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye ORCID: 0000-0002-6681-7174
e-posta: burcuomuzbuken@gmail.com

GİRİŞ

Dünya genelinde deniz kirliliği arttıkça, kontrol stratejileri ve deniz ortamındaki kirletici maddelerin rutin izlenmesi gerekli hale gelmiştir. Kabuklu deniz canlılarının dokularında biyolojik birikimin olması nedeniyle bu organizmalar yoğun bir şekilde araştırılmış ve çevresel kalite değerlendirmesi için biyoindikatör kavramının benimsenmesine yol açmıştır (Bat vd 1999; Machado vd 1999; Yarsan vd 2007; Küçüksezgin vd 2010). Genel olarak, çevresel bozulmanın erken uyarı sistemi olarak kullanılabilen ve kirleticilerin yarattığı çevresel baskının tespitinde rol oynayan sucül organizmalar biyoindikatör olarak tanımlanırlar (Almeida vd 2013).

Kıyısal alanların yüzey sularında meydana gelen mikrobiyal kirlenme; körfezlerin ve nehirlerin, rekreasyonel ve ticari kullanımlarını etkileyen bir problemdir (Gersberg vd 1995). İnsan faaliyetleri, kentleşme ve sanayileşmedeki aşırı artışlar, kıyı ortamının dengesini bozmakta ve evsel endüstriyel atıkların kıyısal alanlara deşarjı nedeniyle kirlenmektedir (Demir-Yetis ve Selek 2015). Fekal kirlenme kaynaklı su kalitesindeki düşüş, rekreasyonel kullanıcılar için sağlık tehlikelerinin artmasına neden olabilmektedir. Deniz suyundaki fekal kaynaklı kontaminasyon halk sağlığı için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bunun nedeni, fekal atıklar arasında yer alan bakteri, virüs ve protozoonların ağız/sindirim sistemi yoluyla alındığında insanlarda mide-bağırsak enfeksiyonlarına neden olmasıdır. Özellikle, *Escherichia coli* (*E. coli*), *Salmonella* sp., *Shigella* sp., *Campylobacter* sp., *Vibrio* sp. ve *Yersinia* sp. gibi iyi bilinen patojenik bakteriler,

Cryptosporidium sp. ve *Giardia* sp. gibi protozoonlar, norovirüs ve adenovirüs gibi virüsler, rekreasyonel kullanım sonucu su kaynaklı hastalıklar ile ilişkili ana faktörleri oluşturmaktadır. Bu patojenler ve parazitler, insanlarda mide-bağırsak, cilt ve solunum yolu hastalıklarına sebep olabilmektedir. Rekreasyonel sularla yayılan patojenik mikroorganizmalar çok değişkendir. Bu nedenle, onları tek tek tanımlamak yerine, indikatör organizmalarının varlığını araştırmak tercih edilir. Çünkü indikatör organizmaların tanınması daha hızlı ve daha ekonomiktir. Toplam koliform, fekal koliform, *E. coli* ve Enterokoklar indikatör bakteriler olarak yaklaşık 100 yıldır kullanılmaktadırlar (Schwab 2007; Kacar ve Gungor 2010, Kacar 2011; Altug vd 2013; Kacar ve Kucuksezgin 2014; Kalkan ve Altug 2015). Türkiye'deki Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2004; Değişiklik Tablo 1:RG-13/2/2008-26786), su kalitesi sınıflaması kriterlerine göre 100 ml su örneği başına düşen standart toplam koliform seviyesi 100-100.000 EMS ve fekal koliform seviyesi ise 10-2000 EMS arasında olmalıdır.

Sucul organizmalardan, çift kabuklular insanlarda gıda kaynaklı hastalıklara yol açmaları açısından önemli rol oynamaktadırlar (Jaksic vd 2002). Kabuklular filtrasyon ile vücutlarına çok miktarda su pompalar, böylece çevrelerinde bulunan toksik maddeleri ve mikroorganizmaları biriktirebilirler (Cook 1991). Bu nedenle insanlar tarafından tüketildiğinde gıda zehirlenmesi meydana gelme riski yüksektir. Deniz suyunda bulunan mikroorganizmaların sayısı ve türü mevsimsel, iklimsel ve antropojenik faktörlere bağlı olarak

değişebilirken, çift kabuklular deniz suyundan patojenler dahil bir çok mikroorganizmayı biriktirebilir (Normanno vd 2006; Vernocchi vd 2007; Kucuksezgin vd 2010).

Çift kabuklulardan, *Mytilus galloprovincialis* (Kara midye) birçok organik ve inorganik maddeyi biriktirmesi nedeniyle tüketicilerini etkilemektedir (Dare 1976; Alpbaz 1993). Fekal patojenler, antibiyotiklere dirençli bakteriler, toksinler ve radyoaktif maddeleri yoğunlaştırarak dokularında biriktirmeleri nedeniyle kara midyeler iyi bir “kirlilik göstergesi” olarak kabul edilirler (APHA 1998). Kara midyeler, felç yapıcı kabuklu su ürünü toksini salgılayan mikroorganizmaları, pankreas ve karaciğerlerinde biriktirebilir. Tansiyon düşmesi, titreme, sinir ve kaslarda bozulma, kusma, tifo, solunum güçlüğü, ağrı, kolera, hafıza kaybı ve davranış bozukluğu gibi sağlık sorunlarına sebep olabilirler. İnsanlarda enfektif doz bakteriden bakteriye ve kişiden kişiye değişebilmektedir. Ege Denizi’nde yüksek oranda görülen civa gibi ağır toksik metallerin birikimi yine kara midye tüketimi açısından tehlikedir (Jeffic 1990). Organik atıkların sucul ortama girişiyle çoğalan aerobik bakteriler çözülmüş oksijenin tükenmesiyle yerini anaerobik bakterilere bırakır. Sonuç olarak, oksijensiz ortamda kara midyelerin toplu ölümleri de görülebilir (Akar 2009).

Üretim alanı, işleme ve perakende zinciri sırasında bulaşmış deniz ürünleri tüketiminden bir takım bakteriyel hastalıklar meydana gelebilir. Bu tür hastalıklar, bakteriyel enfeksiyondan veya gıda maddesinde oluşan toksinlerin tüketilmesinden kaynaklanabilir.

Clostridium botulinum ve *Staphylococcus aureus*'un toksinleri gıda üzerinde bu bakterilerin büyümesi sırasında oluşabilmektedir. Yine *Clostridium perfringens* toksinleri bağırsak duvarında sadece sporulasyon sırasında üretilirken, *Vibrio cholera* 01 serotipi ise bağırsak duvarında farklı şekillerde toksin üretebilmektedir (Lee ve Rangdale 2008).

1. MİKROORGANİZMALARIN SINIFLANDIRILMASI

Sucul ortamlarda bulunan bakterilerin, laboratuvar ortamında kültüre edilmesinde yaşanan zorluklar sebebiyle, moleküler teknikler geliştirilmiştir, ancak hala dünya genelinde sucul ortamlardaki bakterilerin %1-10'luk oranının tanılabildiği tahmin edilmektedir (Şekil 1). Klasik mikrobiyal tanılama metotları ile sınırlı sayıda denizel bakteri tanılanabilirken, sucul ortamlarda çok daha fazla bakteri türü olduğu tahmin edilmektedir (Mara ve Horan 2003).



Şekil 1: Bakteriyel Tanılama Hazırlık Aşaması (Fotograf: B. Omuzbüken)

Mikroorganizmalardan virüsler ise, parazitik patojenik organizmalardır ve konakçısı için hayli spesifiktir. Enerji kaynağı olarak konağın kompleks nükleoproteinlerini kolayca kullanabilmektedir. Virüsler konak içindeki dokuda çok hızlı büyürler. Sucul çevrelerde yayılım gösterirler ancak konak hücre dışında başarılı değildirler. Enfektif dozları bakteriyel patojenlerden çok daha düşüktür. Sular ve atık sular yaklaşık çok farklı tipte enterik virüs ile bulaşabilir. Bu virüsler oral yolla insan vücuduna girdiklerinden çok daha fazla sayıda fekal yolla atılırlar. Enterik virüsler kolay anlaşılamayan enfeksiyonlara sebep olabilir ve teşhisleri zordur. Çok farklı hastalıklara yol açabilirler (Mara ve Horan 2003).

Denizel ortamda önemli bir diğer mikroorganizma grubu ise mantarlar (funguslar) dır. İzole edilebilen maya ve küf türleri bildirilmiştir ve her geçen gün bunlara yenileri eklenmektedir. Mantarların bir kısmı hastalık yapıcı özellikte olmasına karşın, bir çoğu biyotransformasyon mekanizmasında bakteriler ile birlikte rol alarak mikrobiyal ekoloji açısından önem taşımaktadırlar (Mara ve Horan 2003).

Son olarak, deniz suyunda bulunan diğer bir organizma grubu protozoonlardır. Mikroskobik tek hücreli canlılar olup ana besin kaynakları bakterilerdir. Protozoonlara daha çok parazit denirken, bakteri ve mantar için patojen terimi kullanılmaktadır. Su sistemlerinden insana geçen en önemli protozoonlar; *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum*, *Entamoeba histolytica*'dır. Genellikle mide-bağırsak sistemini etkileyen Gastroenterite neden olurlar (Mara ve Horan 2003).

2. MİKROBİYAL DENİZ KİRLİLİĞİ

Bakteriler, organik ve inorganik kirlilikle ilişkili olarak buldukları ortamda önemli biyojeokimyasal döngülerde rol oynamaları nedeniyle, sucul mikrobiyal ekoloji açısından güncel çalışma konusunu oluşturmaktadır. Bakteriyolojik deniz kirliliği araştırmaları ortamdaki bakterilerin birbirleri ve çevreleri ile dinamik bir ilişki süreci yarattığından, bu durum deniz ortamının fizikokimyasal özellikleri yanısıra genetik, biyokimyasal ve ekolojik açıdan pek çok araştırma konusunu da beraberinde getirir. Denizel ortamdaki bakteriler, ekosistemin önemli bir parçası olarak yer alırlar ve besin ağı üzerinde önemli rolleri vardır. Ayrıca, çevresel değişkenlere bağlı olarak bakteri düzeylerinde olan değişimler, yalnızca ekosistem ve halk sağlığı üzerinde değil, aynı zamanda sucul ortamların ekonomik kullanılabilirliği üzerinde de problemlere neden olur.

“Filtre ederek beslenenler” su kolonunda, suyu süzerek besinini toplayan organizmaları tanımlamaktadır. Tunikatlar, poliketler, çift kabuklular ve süngerler, hem biyokütle hem de sayıları bakımından kıyısız alanlardaki makro filtre edicilerin büyük bir bileşenini oluşturmaktadır (Doering ve Oviatt 1986; Loo ve Rosenberg 1989; Stabili vd 2005). Su kaynaklı hastalıkların görülmesinde önemli rol oynayan çift kabuklular, vücutlarına çok miktarda su pompalayarak çevrelerinde bulunan toksik maddelerin ve bazı mikroorganizmaların birikmesine ve tüketildiklerinde ise gıda zehirlenmesine yol açabilmektedirler (Ripabelli vd 1999; Jaksic vd 2002; Normanno vd 2006; Kacar 2011).

Sucul ortamdaki kirlilik göstergelerinden fekal koliformlar, ortamda kanalizasyon atıklarının mevcudiyetinin ve çiftlik hayvanlarından (tavuklar, sığırlar, domuzlar ve atlar) gelen atıkların yüzey suyuna karıştığıının en etkili indikatörleri olarak takip edilmektedirler. Tarım arazilerinden gelen atıklar ve yine yaban hayat kaynaklı girdiler, yüzey sularındaki bu bakteri grubunun önemli kaynaklarını oluşturmaktadır (Chigbu vd 2004; Kim vd 2005). Fekal Streptokoklar ise insan, hayvan dışkısında yüksek yoğunluklarda bulunduğuından ve genellikle su ve toprak orjinli olmadıklarından, kirlilik göstergesi olarak sıklıkla izlenmektedirler. Yüzey sularındaki fekal kaynaklı bakterilerin ölüm hızları, ortamdaki besin mevcudiyeti, sıcaklık, iletkenlik, bulanıklık, U.V. radyasyon, predasyon ve rekabet gibi bir dizi faktöre bağlıdır. Ancak, sıcaklık ve U.V. radyasyon en önemli abiyotik faktörler olarak kabul edilir. Bu abiyotik faktörlere ek olarak, yüzey suyundaki fekal bakteriler ciddi yağışlardan sonra en yüksek sayılarına ulaşmaktadırlar (Chigbu vd 2004; Kacar ve Gungor 2010; Kacar 2011).

Fekal koliformlar, kabuklu deniz canlılarının da tüketimleri açısından kalitesinin bir göstergesidir ve kabukluların toplandığı suları sınıflandırmak için kullanılır (Hood vd 1983). Fekal koliformların kabuklu deniz canlıları dokusundaki konsantrasyonu, deniz ortamında bulunan fekal patojenlere bağlı olarak, tüketiciler için potansiyel sağlık tehlikesinin bir göstergesidir (Solic vd 1999). İnsanların, kontamine kabukluları tüketmelerini önlemek için yetiştiricilik yapılan tesislerin sularının sınıflandırılmasında da fekal koliform seviyeleri bilgi vermektedir (ISSC 2002).

Yapılan birçok çalışmada, farklı çift kabuklularda yüksek konsantrasyonlarda patojenlerin tespit edildiğini bildirmiştir. Çeşitli hastalıklara yol açan patojenlerden en yaygın görülenlerden biri olan *Salmonella* spp.'nin çift kabukludaki konsantrasyonu deniz suyundakinden 50 kat daha yüksek düzeyde olabilmektedir (WHO / UNEP 1988). Patojen ve indikatör bakteriler, çift kabuklularda deniz suyundan daha uzun süre hayatta kalabilir; dahası çoğalabilirler (Solic vd 1999). Çift kabukluların tüketimine uygun olarak kabul edilmesi için belirlenen A sınıfı sınır değerleri:

- 100 g et ve kabuklar arası sıvıda; 300 fekal koliform veya 230 *Escherichia coli*'den daha az,
- 25 gr ette ise *Salmonella* spp. türlerinin bulunmaması

(Feldhusen 2000; Normanno vd 2006; Vernocchi vd 2007) şeklindedir.

3. BAKTERİYOLOJİK KİRLİLİK İNDİKATÖRLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Toplam koliformlar, fekal koliformlar, *E. coli*, bağırsak enterokokları ve sporlu sülfat indirgeyen anaeroblar suların rutin analizlerinde bakteriyolojik kirlilik indikatörleri olarak kullanılırlar.

Deniz suyunun mikrobiyal kalitesi, fekal bulaşmanın öncelikli biyolojik indikatörleri olan koliformlar ile ölçülmektedir. Toplam koliformlar genel kalite hakkında bilgi verirken, fekal koliformlar ise fekal bulaşma seviyesini gösterir. Kıyı kentlerinde, sucul ortamlardaki koliform bakterilerin düzeylerinin belirlenmesi; halk sağlığı, sosyal hayat ve

ekonomi açısından önem arz etmektedir. Besin zinciri ile yoluyla alınan koliformların, önümüzdeki yıllarda da yol açacağı epidemiler ile sosyoekonomik zararlar vereceği (iş gücü kaybı) ve kentsel/toplumsal sağlığımızı tehdit edeceği açıktır.

Toplam koliformlar: Bu organizmaların ortamda mevcut olmaları dış kaynaklı kontaminasyonu ve patojen bakterilerin potansiyel olarak ortamda var olabileceğinin ipucunu vermektedir. Koliform bakteriler, Endo tip besiyerinde $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 48 saat içindeki üreme ile tespit edilirler. Bunlar aerob, spor oluşturmayan, gram negatif, çomak şekilli bakteriler olarak standardize edilir. 37°C 'de üreyebilen, beta-galaktozidaz enzimi taşıyan koliformlar, *Escherichia* sp., *Klebsiella* sp., *Citrobacter* sp., *Enterobacter* sp. gibi bakterilerdir.

Fekal koliformlar: Bu bakteriler $44\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saatlik inkübasyondan sonra laktozu fermente ederek gaz ve asit oluşturur, triptofandan ise indol oluşturmaları ile ayırt edilirler. Bu özellikleri nedeni ile toplam koliformlardan ayrılan fekal koliformlara termotolerant koliformlar da denir. Fekal koliformların en bilinen örneği *E. coli*'dir.

Enterokok ve Streptokok Grupları; Streptokok grupları, Azide Dextrose Selective besiyerinde $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 24-48 saat süre inkübasyondan sonra oluşturdukları koyu kırmızı renkli koloniler ile ayırt edilirler. Streptokok düzeyi fekal koliform düzeyi ile karşılaştırılarak kirlilik kökeninin hayvansal veya insan kaynaklı olduğunun araştırılmasında kullanılmaktadır. En çok rastlanılan türleri *Streptococcus faecalis*, *S. faecium*, *S. avium*, *S. bovis*, *S. equinus* ve *S.*

gallinarum'dur. Enterokoklarda *E. faecalis* ve *E. faecium* diğer kok gruplarına göre daha çok insan kaynaklı olarak değerlendirilir.

Clostridium perfringens; fekal kirliliğin alternatif indikatörlerinden olup, zorunlu anaerobik, enterik bakterilerdir. Sporların uzun ömürlü olması dirençli olmalarını sağlar. Bu yüzden uzun süre önceki fekal kontaminasyonun indikatörü olarak araştırılmaktadır. Kanalizasyon deşarj noktasından 10 km uzaklığa kadar azalan oranlarda *C. pefringens* sporlarını tespiti eden çalışmalar raporlanmıştır. Bu nedenle, noktasal kirlilik kaynaklarının tespitinde faydalı bir indikatördür. Yine fekal kirliliğin tespitinde Çoklu Antibiyotik Dirençlilik (MAR- Multiple Antibiotic Resistance) Testi de kullanılmaktadır. Bu yöntemin temeli, doğal ortam bakterileri çoklu antibiyotik dirençliliği özelliğine sahip değilken, insan ve hayvan kaynaklı bakterilerin antibiyotik dirençlilik özelliği göstermesi prensibine dayanmaktadır. Noktasal kaynaklı kirlilik etkilerinin MAR tekniği ile değerlendirilmesinde bakterilerin %82 oranında birden fazla antibiyotiğe dirençli olduğu tespit edilmiştir. Noktasal olmayan kaynaklar için MAR indeksi ise %52 olarak bildirilmiştir.

Bakterilerden *E. coli* 0157:H7 serotipi, hemorajik kolitis/hemolitik üremik sendroma neden olmaktadır. Bunun dışında *E. coli*'nin 6 patojenik serotipide bunu yapar.

1. Enteropatojenik *E. coli* (EPEC)

2. Verotoksinojenik *E. coli* (VTEC)

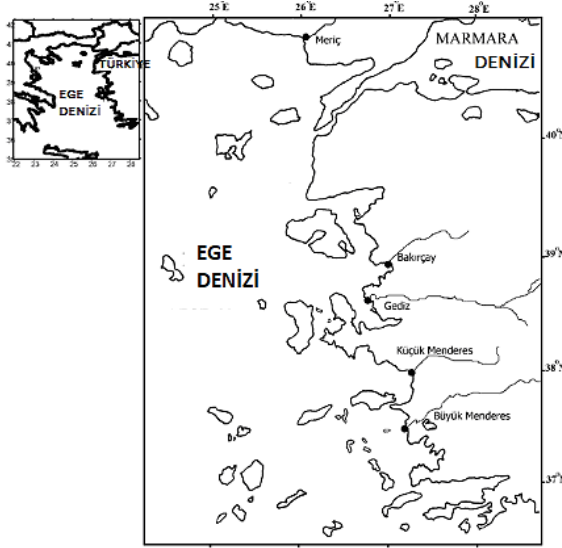
3. Enterotoksik *E. coli* (ETEC)
4. Enteroinvaziv *E. coli* (EIEC)
5. Yaygın adhesiv *E. coli* (DAEC)
6. Enterohemorajik *E. coli* (EHEC)

Son zamanlarda en popüler O157:H7 suşudur. *E. coli*'yi diğer Enterobakterilerden ve koliformlardan en kolay ayırt etme yolu 44.5°C'de inkübe etmektir. *E. coli* genelde EMB, Endo, Mac Conkey, URP gibi ortamlarda büyüme gösterir (Mara ve Horan 2003, Madigan vd 2015).

4. EGE DENİZİ'NDEKİ BAKTERİYOLOJİK ÇALIŞMALAR

Ne yazık ki günümüzde hala bazı nehirler, evsel atık suların ve arıtılmamış insan ve hayvan atıklarının alıcı ortamı olarak hizmet etmelerinin yanı sıra, kentsel topluluklar ile endüstriler tarafından deşarj noktaları olarak da kullanılmaktadır (Mara ve Horan 2003; Karanis vd 2005). Evsel ve endüstriyel deşarj sularının debileri düşüktür, ancak yine de sığ kıyı sularına yüksek miktarda kirletici madde taşırlar. Öte yandan, nehir suları düşük yoğunluklu olmalarından dolayı, yüzey sularında kalarak kıyı bölgelerinde akıntılarla birlikte yayılım gösterebilirler (IMST 2008). Ege Bölgesi'ndeki nehirlerin akış hızlarının yüksek olması nedeniyle, nehirlerin Ege Denizi kıyılarına daha fazla kirletici taşıdığı görülmektedir.

Ülkemizde yapılan bir çalışmada (Kacar 2011), Ege Denizi'ne akmakta olan beş nehirdeki (Meriç, Gediz, Bakırçay, Küçük Menderes ve Büyük Menderes) fekal kirliliğin (fekal koliformlar ve fekal streptokoklar) bakteriyel etkileri bildirilmiştir (Şekil 2). Beş nehirde su kalitesi ve nehir kalitesi üzerindeki yaygın kirlilik etkisini değerlendirmek üzere izlenmiş ve sonuç olarak minimum fekal koliform ve fekal streptokok sayıları, özellikle ilkbahar ve sonbaharda Büyük Menderes Nehri'nden ($5 \times 10^1 - 3 \times 10^1$ kob/100 ml) alınan örneklerden tespit edilmişken, en yüksek fekal koliform sonucu kış aylarında (1.3×10^6 kob/100 ml), ve yine en yüksek fekal streptokok değeri ise sonbaharda Küçük Menderes Nehri'nde (6.3×10^4 kob/100 ml) gözlenmiştir. Bu çalışmaya göre, Küçük Menderes Nehri en büyük kirlilik kaynağıdır ve en yüksek sayıda fekal koliform ve fekal streptokoku Ege Denizi'ne taşımaktadır. Bu çalışmaların bulguları göz önüne alındığında, Ege Denizi'ne ulaşan nehirlerde fekal kontaminasyonun olduğu söylenebilir. Sonuçlar, nehrin içinden geçtiği bölgelerde çok sayıda mikrobiyal kirlilik kaynağı bulunduğunu ve bu nehirlerde su kalitesini iyileştirme stratejileri uygulamak için izleme çalışmalarının devam etmesi gerektiğini göstermektedir.



Şekil 2: Ege Denizi'ne Girdi Yapan Nehirler (Kacar 2011)

4.1. İzmir Körfezi'nde Yürütülen Bakteriyojik Çalışmalar

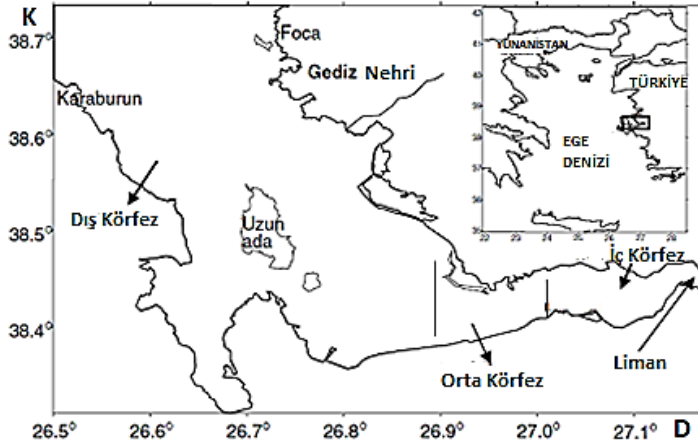
Ege Denizi'nin Doğu Kıyısında yer alan İzmir, toplam 500 km² alana ve 11,5 milyar m³ su kapasitesine sahip, Akdeniz'in en büyük körfezlerinden biridir. Bu kıyı kenti, turizm alanları, plajlar, liman ve marinalar, tarım arazileri, kimya ve gıda sanayileri ve evsel deşarj çıkışlarını içeren yoğun nüfuslu bir yerleşim bölgesidir. İzmir Körfezi'nde 2017 yılında yayınlanan bir çalışmanın sonuçlarına göre mikrobiyal indikatörler, fekal kirlenmenin iyi bir göstergesidirler (Kacar ve Omuzbuken 2017). Sonuçlar, özellikle İzmir Körfezi'nin iç kesimlerinde kirlenmenin, zaman zaman evsel atık suların ve arıtılmamış insan ve hayvan atığının doğrudan boşaltılmasından kaynaklandığını göstermektedir. Özellikle, hayvan atıklarından kaynaklanmış olabilecek fekal streptokok değerlerinin, kış aylarında yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, körfezi rekreasyon amaçlı

kullanıcılar için potansiyel bir risk yaratmaktadır. İndikatör bakteri konsantrasyonları standart değerlerden yüksek olduğunda fekal girdilerin patojenik kontaminasyona ve sağlık risklerine neden olabileceği bilinmektedir (Bonilla vd 2007, Kalkan ve Altuğ 2015).

Körfezdeki başka bir çalışmada, su kirliliğinin derecesinin tespitinde *Tapes decussatus*'daki (kum midyesi) mikrobiyolojik birikimin belirlenmesinde fekal koliform yoğunlukları araştırılmıştır. Çalışma süresi boyunca, heterotrofik bakteri ve fekal koliform konsantrasyonu sırasıyla $1,2 \times 10^5$ – $6,8 \times 10^5$ kob/100 g ile $3,3 \times 10^3$ – $2,4 \times 10^5$ EMS/100 g arasında değişim göstermiştir. Maksimum heterotrofik bakteri ve fekal koliform yoğunlukları kış aylarında, en düşükleri ise yaz aylarında tespit edilmiştir (Kucuksezgin vd 2010).

İzmir ili kıyı bölgesinden toplanan *Mytilus galloprovincialis* (kara midye) ile ilgili diğer bir çalışmada, örneklerde bazı mikrobiyal özellikler belirlenmiştir (Kacar 2011). Kültüre edilebilir heterotrofik bakterilerin ortalama sayısı, *M. galloprovincialis*'te $1,7 \times 10^5$ - $6,7 \times 10^6$ kob/100 g arasında değişkenlik göstermiştir. Fekal koliform seviyelerinin çalışma süresi boyunca tüm istasyonlarda izin verilen sınırdan (300 EMS/100 g) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fekal koliformun en yüksek değerdeki konsantrasyonu $2,4 \times 10^5$ EMS/100 g, en düşük değeri $2,3 \times 10^3$ EMS/100 g'dir. Bu çalışmada *Salmonella* spp. bir veya daha fazla istasyonda pozitif olarak tespit edilmiştir. Atık su ile kirlenmiş sulardan gelen çift kabukluların kontaminasyon yükü ciddi ve sürekli bir sorundur: *Salmonella* spp.'nin sulu sediment mikrokozmosunda bir aydan fazla hayatta kaldığı (Fish ve Pettibone

1995), ayrıca kıyı sularından ve çift kabuklularda sıkça izole edildiği gösterilmiştir (Yılmaz vd 2005). Bu durum halk sağlığı için çok önemlidir, bu nedenle gıda kaynaklı hastalıkları önlemek için çift kabuklu deniz ürünlerinin tüketilmemesi önerilmektedir.



Şekil 3: İzmir Körfezi (Kucuksezgin vd 2010)

Ege ve Marmara Denizi'nden avlanılan midye ve istiridyelerde felç yapıcı ve ishal yapıcı çift kabuklu su ürünü toksinlerinin bulunup bulunmadığını tespit etmek amaçlı gerçekleştirilen bir diğer araştırma da Küçükgünay ve Bilgili (2010) tarafından gerçekleştirilmiştir. Yöntem olarak “fare biyolojik metot”unun kullanıldığı bu çalışmadan elde edilen analiz sonuçlarına göre diyareye sebep olan çift kabuklu su ürünü toksinlerine hiç rastlanmadığı, felç yapıcı kabuklu su ürünü toksinlerinin ise İzmir ve Balıkesir’de ilkbahar sonu ve yaz aylarında bulunabileceği, ancak insan ve hayvan sağlığı açısından risk oluşturacak miktarlarda olmadığı tespit edilmiştir.

4.2. Güllük Körfezi'ndeki Bakteriyolojik Çalışmalar

Ülkemizin önemli bir su ürünleri yetiştiricilik alanı olan Güllük Körfezi'nde (Ege Denizi) yer alan liman, rekreasyonel, evsel ve endüstriyel faaliyetler gibi çeşitli faktörler önemli potansiyel kirlilik kaynaklarıdır. Dünyanın çeşitli yerlerindeki 157 limandan, 2862 geminin geldiği ve 2007-2012 döneminde Güllük Limanı'na 4,8 milyon ton balast suyu taşıdığı bildirilmiştir (Olgun 2013). Güllük Limanı ile deniz taşımacılığı ilişkisi, yine turizme bağlı olarak nüfus artışı ve 15 yıldan daha uzun süren balık çiftliklerinin faaliyetleri ile (balık çiftlikleri 2009 yılında kıyıdan açığa taşınmıştır) kıyı bölgelerindeki evsel ve endüstriyel kirlilik girdileri Güllük körfezi için önemli çevresel faktörler olmaktadır (Altug vd 2013). Güllük Körfezi, ağır deniz taşımacılığı nedeniyle bakteri kontaminasyonu riskine açık olmasına rağmen, balast sularındaki bakterilerle ilgili yapılmış çalışma bulunmamaktadır. Yapılan bir araştırmada, Güllük Körfezi kıyı bölgelerinde indikatör bakteriler ve çevresel parametreler incelenmiştir. Bulgular, karasal kirlilik kaynaklarının halk ve ekosistem sağlığı ile canlı kaynakların sürdürülebilir kullanımı için potansiyel bir risk taşıdığını göstermiştir (Kalkan ve Altug 2015).

Özellikle potansiyel yetiştiricilik alanlarında, kentsel girdilerin, tarım alanları ve nehir girdilerine yakın kıyı bölgelerinde mikrobiyal kirlilik indikatörlerinin izlenmesi önemlidir. Başka bir deyişle, noktasal ve/veya noktasal olmayan kirlilik kaynakları ile kıyı bölgelerinde bakteriyel su kalitesinin düzenli olarak izlenmesi, kirlilik kaynaklarının antropojenik etkisini anlamak için gereklidir.

5. ÇİFT KABUKLU YETİŞTİRİCİLİĞİNDE GÖRÜLEBİLECEK RİSKLER

Çift kabuklu yetiştiriciliği, kıyı bölgelerinin çoğunun sosyoekonomik gelişimine büyük katkı sağlamaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinin üretimi ve ticaretinde salgın hastalıkların görülebilmesinin ciddi bir sorun olduğu düşünülmektedir. Hastalık, organizma larvaları veya yetişkinlerinin yanı sıra, herhangi bir üretim aşamasını da etkileyebilmektedir. Hastalıkların güvenilir ve yararlı bir şekilde tespitini sağlayan araçların geliştirilmesi, hastalık riskine karşı oldukça hassas olan çift kabuklu üretimlerinde hastalıkların önlenmesi ve kontrolünde oldukça önemli bir yere sahiptir (Paillard vd 2004).

Yakın zamana kadar, çift kabuklu hastalıklarının çoğunun, *Bonamia* sp., *Haplosporidium* sp., *Marteilia* sp. ve *Perkinsus* sp. gibi protozoonlar, mantarlar veya virüsler tarafından meydana geldiği rapor edilmiştir (Lauckner 1983; Sindermann 1990; Bower vd 1994; McGladdery 1999). Bakteriye hastalıklar, yumuşakçaların larval evrelerinde yaygın olarak tanımlanmış ve kuluçkahanelerde yüksek ölüm oranlarıyla ilişkilendirilmiştir (Lauckner 1983; Sindermann 1990). Yetişkinlerde üç bakteriye hastalık bildirilmiş olup, bu hastalıklar *Ruditapes philippinarum* ve *Ruditapes decussatus* türleri üzerindeki Kahverengi Halka Hastalığı (BRD) (Paillard ve Maes 1989, 1990), *Crassostrea gigas*'ta tespit edilen Nocardiosis, (Friedman vd., 1991a,b) ve *C. virginica*'daki Juvenil İstiridye Hastalığı (JOD), (Boettcher vd 1999, 2000; Bricelj vd 1992; Ford ve Borrero 2001; Paillard vd 1996) şeklinde sıralanabilir. Ayrıca, yine *Pinctada maxima*

ve *P. margaritifera*'da görünen kabuk hastalığı ve diğer bazı hastalıkların bakteriyel kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Pass vd 1987; Marin ve Dauphin 1991). *Vibrio* sp.'nin neden olduğu hastalıklar; kültüre dayalı üretimi gerçekleştirilen çift kabuklularda şüphesiz önümüzdeki yıllar içinde en büyük sorunlardan biri olacaktır. Okyanusların ısınması ve egzotik (yabancı) türlerin biyolojik istilaları, denizlerde bakteriyel hastalıkların yayılmasını kolaylaştırabilir. Bu nedenle, *Vibrio* sp. türlerinin ortam ile etkileşimin doğasını daha iyi anlayarak hastalığın kabuklu yetiştiriciliği üzerindeki etkisini değerlendirmek, mevcut ve gelecekteki riski belirlemek oldukça önem taşımaktadır. Moleküler biyoloji, genetik ve diğer bilim dallarındaki gelişmeler, daha düşük miktarlardaki bulaşıcı ajanların ve kirletici maddelerin tespitinde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, sektör moleküler tekniklerdeki gelişmeleri, yetiştiricilik alanında mikrobiyal hastalıkların önlenmesinde ve kontrol edilmesinde kullanmaya yönelmektedir (Paillard vd 2004).

6. ÇİFT KABUKLULARDA MİKROBİYOLOJİK KİRLETİCİLERİ ARAŞTIRMA METODU

Çift kabuklular ile yapılan çalışmalarda, toplam koliform, fekal koliform ve *E. coli* tayinleri En Muhtemel Sayı (EMS) yöntemi kullanılarak tespit edilmektedir (WHO/UNEP 1994a).

6.1. Çift Kabuklularda Analiz İçin Ön Hazırlık

Analiz için toplanan çift kabuklu örnekleri, soğuk zincirde hızla laboratuvara getirilmelidir. Kabuk yüzeyleri basınçlı su altında fırça ile

iyice temizlenerek, makroalg ve poliket gibi canlılardan arındırılmalıdır (Şekil 4a). Bisturi yardımı ile kapama kasları kesilerek, kabuklar açılır ve tüm iç organlar spatula ile tamamen çıkarılır (Şekil 4b). İçerikler yağ olarak tartıldıktan sonra, 50g kütleler halinde biriktirilir. Bakterilerin eşit dağılmasını sağlamak için, çözelti steril karıştırıcıda homojenize edilir (Şekil 4c) ve petri kaplarına dağıtılır (Şekil 4d).

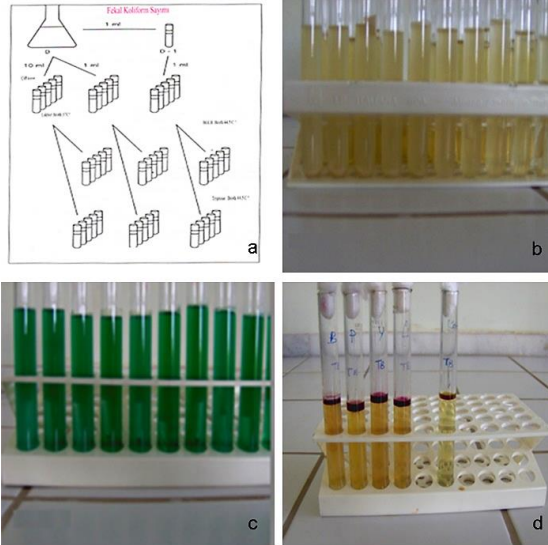


Şekil 4: Analiz için ön hazırlık işlemleri (a) Kabuk yüzeylerinin temizlenmesi, (b) Kapama kaslarının kesilmesi, (c) Homojenizasyon, (d) Çözeltinin Petrilere Dağıtılması. (Fotograf: A. Kaçar)

6.2. Çift Kabuklularda Fekal Koliform Analizi: “En Muhtemel Sayı (Ems)” Yöntemi

Çift kabuklu örneklerinde fekal koliform bakterilerin analizi için “Çoklu Test Tüpü (En Muhtemel Sayı [EMS])” yöntemi tercih edilmektedir (WHO/UNEP, 1994a; Resmi Gazete, 2004). Sıvı besi

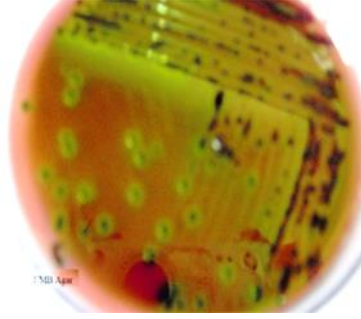
yerinde çalışılan yöntemin esası; fekal koliform bakteri gelişen tüplerden elde edilen kodun EMS değerine göre, bakteri sayısının tahmin edilmesidir (Şekil 5a). İnkübatörde 37°C’de 48 saat inkübasyon sonucunda fekal koliform bakterilerinin Lactose Broth (LB) besi yerinde bulanıklık ve gaz oluşturmaları sonucu tüpler pozitif olarak değerlendirilir (Şekil 5b). Sonrasında doğrulama testi için Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLBB) besiyeri içeren tüplerde 44,5°C’de 48 saat inkübasyon sonrası bulanıklık ve gaz oluşumu gözlenen örnekler pozitif olarak değerlendirilmektedir (Şekil 5c). Şekil 5d’de görülmekte olan Tryptone Broth (TB) besiyerine yapılan analizlerde, 37°C’de 24 saat inkübasyonun ardından tüplere Kovac’s reaktifi eklenmesi ardından üst kısımda kırmızı halka oluşumu indol pozitif (+) olarak değerlendirilir (APHA 1998).



Şekil 5: EMS Yöntemine Göre Fekal Koliformların Sayımı: (a) EMS Çizelgesi, (b) LB’de Bulanıklık ve Durham Tüpünde Gaz Oluşumu, (c) BGLBB’de Bulanıklık ve Gaz Oluşumu, (d) TB İçeren Tüpler, Kırmızı Halka Oluşumu Pozitif Sonuç (Fotoğraf: A. Kaçar)

6.3. Çift Kabuklularda *E. coli* Analizi: Emb Agar'da, “Çizgi Ekim” Yöntemi

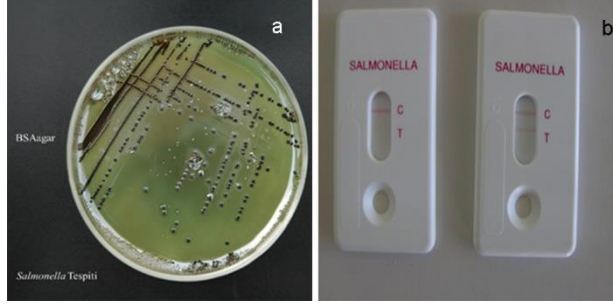
E. coli analizi, fekal koliform bakteri analizinin devamı şeklindedir (TS Standart, 2015). Doğrulanmış fekal koliform (+) tüplerden öze ile alınan örnekler, EMB Agara tek koloni düşecek şekilde çizgi ekim yapılır. 37°C'de 24 saat inkübasyonun ardından, koloni sayımı doğrudan yapılır (WHO/ UNEP 1994a). Metalik parlak yeşil, 2-3 mm çaplı koloniler “muhtemel *E. coli*” olarak değerlendirilir (Şekil 6).



Şekil 6: EMB Agar'da *E. coli* Görüntüsü (Fotoğraf: A. Kaçar)

6.4. Çift Kabuklularda *Salmonella* spp. Analizi

Çift kabuklularda *Salmonella* spp. türlerinin tespiti için, çift kabuklu homojenatları, Selenite Cystine Broth'ta, 35°C'de 24 saat zenginleştirilmektedir. Kültürler, Bizmut Sülfid Agar (BSA) üzerine ekilir (Şekil 7a) ve 24 saat boyunca 35°C'de inkübe edilir (Yılmaz vd 2005). Ardından, *Salmonella* spp. varlığını doğrulamak için, tipik koloniler hızlı test kitleri (Şekil 7b) kullanılarak kontrol edilebilmektedir.



Şekil 7: Çift Kabuklularda Salmonella spp. Analizi, (a) BSA'da Salmonella Tespiti, (b) Test Kiti İle Kontrolü (Fotoğraf: A. Kaçar)

6.5. Sudaki İndikatörleri Araştırmada Membran Filtrasyon Tekniği

Deniz suyunda fekal koliform bakteri analizinde “Membran Filtrasyon” yöntemi tercih edilir (WHO/UNEP 1994b; Figueras vd 1997). Bakterileri basınçla alanı belli yarı-geçirgen bir filtre yüzeyinden süzerek sudan ayırmak bu yöntemin prensibini oluşturmaktadır.

Araştırılan mikroorganizmaların sayısı, filtre yüzeyinin doğrudan mikroskopla incelenmesiyle belirlenebileceği gibi (toplam mikroorganizma sayımı), filtrenin uygun bir besi yeri yüzeyine konulup inkübasyonundan sonra oluşan kolonilerin sayımı ile de belirlenebilir (gelişme yeteneğinde olan canlı mikroorganizmaların sayımı) (Gürgün ve Halkman 1990).

7. SONUÇLAR

Yetiştiricilik yapılması planlanan sucul ortamların mikrobiyolojik kirleticiler tarafından taranması özellikle tüketici sağlığı açısından önem taşımaktadır. Bilhassa kıyı bölgelerinin, artan kentleşme ve nüfus

artışı ile kirliliğe maruz kalmaları ihtimali düşünülmektedir. Rekreatyonal sulardaki mikrobiyal kirleticilerin başlıca kaynakları; kanalizasyon deşarjları, tarımsal girdiler, nehir girdileri, hayvan dışkılarının doğrudan kontaminasyonu, plaj kullanımı, tekneler ve yatlardan yapılan boşaltımlar yanı sıra aşırı yağış ve fırtına gibi durumlardan sonra arıtma işlemine uğramamış kanalizasyon suyunun veya zarar gören kanalizasyon borularından ortama girişleri sayılabilir. Dolayısı ile çevremizin en önemli unsurlarından olan akarsu, göl ve denizlerin temiz tutulması, çağdaş medeniyetin geleceğe yönelik çalışmalarının önemli bir hedefini oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akar, S. (2009). İzmir iç körfezi'nde, kıyı sularında ve kara midyelerde (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) fekal koliform bakterilerin izlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye, 97pp.
- Almeida, C., Pereira, C., Gomes, T., Cardoso, C., Bebianno, M. J., Cravo, A. (2013). Genotoxicity in two bivalve species from a coastal lagoon in the South of Portugal. *Marine Environmental Research*, (89), 29-38.
- Alpbaz, A. (1993). Kabuklu ve Eklem Bacaklılar Yetiştiriciliği (Second edition). Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları: İzmir, 317 pp.
- Altug, G., Cardak, M., Çiftçi, P. S., Gurun, S. (2013). First records and microgeographical variations of culturable heterotrophic bacteria in an inner sea, the Sea of Marmara) between the Mediterranean and the Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Biology*, (37), 184-190.
- APHA. (1998). Standart methods for the examination of water and wastewater (Twentieth Edition). American Public Health Association: Washington, DC.
- Bat, L., Gundogdu, A., Ozturk, M. (1999). Copper, zinc, lead and cadmium concentrations in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 from the Sinop Coast of the Black Sea. *Turkish Journal of Zoology*, (23), 321-326.
- Boettcher, K. J., Barber, B. J., Singer, J. T. (1999). Use of antibacterial agents to elucidate the etiology of juvenile oyster disease, JOD in *Crassostrea virginica* and numerical dominance of an a-Proteobacterium in JOD-affected animals. *Applied and Environmental Microbiology*, (65), 2534-2539.
- Boettcher, K. J., Barber, B. J., Singer, J. T. (2000). Additional evidence that juvenile oyster disease is caused by a member of the Roseobacter group and colonization of nonaffected animals by *Stappia stellulata*-like strains. *Applied and Environmental Microbiology*, (66), 3924-3930.
- Bonilla, T. D., Nowosielski, K., Cuvelier, M., Hartz, A., Green, M. (2007). Prevalence and distribution of fecal indicator organisms in South Florida Beach Sand and

- preliminary assessment of health effects associated with beach sand exposure. *Marine Pollution Bulletin*, (54), 1472–1482.
- Bower, S. M., McGladdery, S. E., Price, I. M. (1994). Synopsis of infectious disease and parasites of commercially exploited shellfish. *Annual Review of Fish Diseases*, (4), 1-200.
- Bricelj, V. M., Ford, S. E., Borrero, F. J., Perkins, F. O., Rivara, G., Hillman, R. E., Elston, R. A., Chang, J. (1992). unexplained mortalities of hatchery-reared, juvenile oysters, *Crassostrea virginica*, Gmelin. *Journal of Shellfish Research*, (11), 331-347.
- Chigbu, P., Gordon, S., Strange, T. (2004). Influence of inter-annual variations in climatic factors on fecal coliform levels in Mississippi Sound. *Water Research*, (38), 4341–4352.
- Cook, D.W., (1991). Indicators and alternate indicators of growing waters. In: *Microbiology of Marine Food Products*. (eds., Ward, D.R., Ackney, C.H.), AVI Book: New York, USA. pp. 19–39.
- Dare, P. J. (1976). Settlement, growth and production of the mussel, *Mytilus edulis* L., in Morecambe Bay, England. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food: London, UK, 25pp.
- Demir-Yetis, A., Selek Z. (2015). Determination of total and fecal coliforms of Akyatan Lagoon in terms of microbiological pollution. *Arabian Journal of Geosciences*, (8), 1125–1132.
- Doering, P. H., Oviatt, C. A. (1986). Application of filtration rate models to field populations of Bivalves: an assessment using experimental mesocosms. *Marine Ecology Progress Series*, (31), 265–275.
- Feldhusen, F. (2000). The role of seafood in bacterial foodborne disease. *Microbes and Infection*, (2), 1651–1660.
- Figueras, M. J., Polo, F., Inza, I., Guarro, J. (1997). Past, present and future perspectives of the eu bathing water directive. *Marine Pollution Bulletin*, (34), 148-156.

- Fish, J. T., Pettibone, G. W. (1995). Influence of freshwater sediment on survival of *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. as measured by three methods enumeration. Letters in Applied Microbiology, (20), 277–281.
- Ford, S. E., Borrero, F. J. (2001). Epizootiology and pathology of juvenile oyster disease in the eastern oyster, *Crassostrea virginica*. Journal of Invertebrate Pathology, (78), 141-154.
- Friedman, C. S., Beattie, J. H., Elston, R. A., Hedrick, R. P. (1991a). Investigation of the relationship between the presence of a gram positive bacterial infection and summer mortality of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* Thunberg. Aquaculture, (94), 1-15.
- Friedman, C. S., Hedrick, R. P. (1991b). Pacific oyster nocardiosis: isolation of the bacterium and induction of laboratory infections. Journal of Invertebrate Pathology, (57), 109-120.
- Gersberg, R. M., Matkovits, M., Dodge, D., McPherson, T., Boland, J. (1995). Experimental opening of a coastal California Lagoon: effect on bacteriological quality of ocean waters. Journal of Environmental Health, (58), 24-30.
- Gürgün, V., Halkman, A. K. (1990). Mikrobiyolojide sayım yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No 7, Ankara.
- Hood, M. A., Ness, G. E., Blake, N. J. (1983). Relationship among fecal coliforms, *Escherichia coli*, and *Salmonella* spp. in shellfish. Applied and Environmental Microbiology, (45), 122–126.
- IMST. (2008). Med Pol Phase IV Long Term bio monitoring, trend monitoring and compliance monitoring program in coastal areas from Aegean, Northeastern Mediterranean and monitoring eutrofication of Mersin Bay. Technical Final Report, Institute of Marine Sciences and Technology: Izmir, Turkey, 344pp.
- ISSC. (Interstate Shellfish Sanitation Conference) (2002). Interstate Shellfish Sanitation Conference, Model Ordinance. Available at http://www.issc.org/on-line_docs/onlinedocs (accessed 2018).
- Jaksic, S., Uhitil, S., Petrak, T., Bazluic, D., Karolyi, L. G. (2002). Occurrence of *Vibrio* spp. in sea fish, shrimps and bivalve molluscs harvested from Adriatic Sea. Food Control, (13), 491–493.

- Jeffic, L. (1990). State of the marine environment in the Mediterranean Region. UNEP Regional Seas Reports and Studies No. 132, MAP Technical Reports Series, No. 28, United Nations Environment Programme, 166pp.
- Kacar, A., Omuzbuken, B. (2017). Assessing the seawater quality of a coastal city using fecal indicators and environmental variables, eastern Aegean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, (123), 400–403.
- Kacar, A., Kucuksezgin, F. (2014). Profiles of some beaches on coastal bathing waters of Turkey in the Eastern Mediterranean. *Fresenius Environmental Bulletin*, (23), 2466-2473.
- Kacar, A. (2011). Some microbial characteristics of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) in coastal city area. *Environmental Science and Pollution Research*, (18), 1384-1389.
- Kacar, A., Gungor, F. (2010). Comparison of fecal coliform bacteria before and after wastewater treatment plant in the Izmir Bay, Eastern Aegean Sea. *Environmental Monitoring and Assessment*, (162), 355–363.
- Kalkan, S., Altug, G. (2015). Bio-indicator bacteria & environmental variables of the coastal zones: the example of the Gulluk Bay, Aegean Sea, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, (95), 380–384.
- Karanis, P., Chronis, I., Zakas, G., Kourenti, C., Sotiriadou, I., Papadopoulou, C. (2005). A preliminary survey of the level of microbiological pollution of major rivers in Northern Greece. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, (33), 346–354.
- Kim, G., Choib, E., Lee, D. (2005). Diffuse and point pollution impacts on the pathogen indicator organism level in the Geum River, Korea. *Science of the Total Environment*, (350), 94–105.
- Küçüksezgin, F., Kacar, A., Kucuksezgin, G., Uluturhan, E. (2010). Monitoring metal contamination levels and fecal pollution in Clam (*Tapes decussatus*) collected from Izmir Bay, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, (162), 407–415.
- Küçükgünay S., Bilgili A. (2010). Ege ve Marmara Denizi'nde avlanılan midye ve istiridyelerin felç yapıcı ve ishal yapıcı kabuklu su ürünü toksinleri yönünden

- araştırılması. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, (16-Suppl-A), 147-152.
- Lauckner, G. (1983). Diseases of mollusca: bivalvia. In: Diseases of Marine Animals. (ed., Kinne, O.), Biologische Anstalt Helgoland: Hamburg, Germany, pp. 477-963.
- Lee, R. J., Rangdale, R. E. (2008). Bacterial pathogens in seafood. In: Borresen, T. (ed.), Improving Seafood Products for the Consumer. Woodhead Publishing: Sawston, UK, pp: 247-291.
- Loo, L. O., Rosenberg, R. (1989). Bivalve suspension-feeding dynamics and benthic pelagic coupling in an eutrophicated Marine Bay. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, (130), 253–276.
- Machado, L. M., Bebianno, M. J., Boski, T., Moura, D. M. (1999). Trace metals on the Algarve Coast, II: bioaccumulation in mussels (*Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819). Boletín del Instituto Español de Oceanografía, (15), 465–471.
- Madigan, M. T., Martinko, J., Bender, K. S, Buckley, D. H, Stahl, D. A., Brock, T. (2015). Brock BIOLOGY OF MICROORGANISMS (Fourteenth edition). Pearson Education: England, 1002pp.
- Mara, D., Horan, N. (2003). The handbook of water and wastewater microbiology. Academic Press: London, UK, 832pp.
- Marin, F., Dauphin Y. (1991). Diversité des altérations dans la composition en acides aminés de la phase organique de la nacre des huîtres perlières de polynésie Française (*Pinctada margaritifera*) atteintes par L'épizootie. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris, (312), 483-488.
- McGladdery, S. E. (1999). Shellfish diseases, viral, bacterial and fungal. In: Fish Diseases and Disorders. (eds., Woo, P.T.K., Bruno D.W.), CABI Publishing: Wallingford, UK pp. 738-842.
- Normanno, G., Parisi, A., Addante, N., Quaglia, N. C., Dambrosio, A., Montagna, C., Chiocco, D. (2006). *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus* and microorganisms of fecal origin in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) sold in the Puglia Region, Italy. International Journal of Food Microbiology, (106), 219–222.

- Olgun, A. (2013). Güllük Körfezi'ne giriş yapan gemiler ve balast suları açısından değerlendirme. In: Güllük Körfezi Bakteriyolojisi Çalıştay Kitabı, pp. 33–37.
- Paillard, C., Maes, P. (1989). Origine pathogène de l'“Anneau Brun” chez (*Tapes philippinarum*, Mollusque, bivalve). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris Serie III, (309), 235-241.
- Paillard, C., Maes, P. (1990). Étiologie de la maladie de l'anneau brun chez *Tapes philippinarum*: pathogenicit  d'un *Vibrio* sp. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris Serie III, (310), 15-20.
- Paillard, C., Ashton-Alcox, K., Ford, S. E. (1996). Changes in bacterial densities and hemocyte parameters in oysters affected by juvenile oyster disease. Aquatic Living Resources, (9), 145-158.
- Paillard, C., Le Roux, F., Borrego, J. J. (2004). Bacterial disease in marine bivalves, a review of recent studies: trends and evolution. Aquatic Living Resources, (17), 477–498.
- Pass, D., Dybdahl, R., Mannion, M.M. (1987). Investigations into the causes of mortality of the Pearl Oyster (*Pinctada maxima*, Jamson), in Western Australia. Aquaculture, (65), 149-169.
- Resmi Gazete. (2004). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği No: 25687, Değişiklik tablo 1:RG-13/2/2008-26786.
- Ripabelli, G., Sammarco, M.L., Grasso, G.M., Fanelli, I., Caprioli, A., Luzzi, I. (1999). Occurrence of *Vibrio* and other pathogenic bacteria in *Mytilus galloprovincialis* (mussels) harvested from Adriatic Sea, Italy. International Journal of Food Microbiology, (49), 43–48.
- Schwab, K.J. (2007). Are existing bacterial indicators adequate for determining recreational water illness in waters impacted by nonpoint pollution? Epidemiology, (18), 21- 22.
- Sindermann, C. J. (1990). Diseases of marine shellfish. Principal Diseases of Marine Fish and Shellfish (Second edition). Academic Press: San Diego, 521pp.
- Solic, M., Krstulovic, N., Jozic, S., Curac, D. (1999). The rate of concentration of faecal coliforms in shellfish under different environmental conditions. Environment International, (25), 991–1000.

- Stabili, L., Acquaviva, M.I., Cavallo, R.A. (2005). *Mytilus galloprovincialis* filter feeding on the bacterial community in a Mediterranean Coastal Area, Northern Ionian Sea, Italy. *Water Research*, (39), 469–477.
- TS Standart. (2015). *Escherichia coli* sayımı için genel kurallar en muhtemel sayı tekniği,. TS, 6063, ISO, 7251, 22 pp.
- WHO/UNEP. (1988). Guidelines for monitoring the quality of coastal recreational and shellfish areas. Reference Methods for Marine Pollution Studies No: 1 Rev: 1 Athens: United Nations Environment Programme, 36pp.
- WHO/UNEP. (1994a). Guidelines for health-related monitoring of coastal recreational and shellfish areas: Part I, General guidelines, EUR/CEH 041, 2, Copenhagen, 55pp.
- WHO/UNEP. (1994b). Guidelines for health-related monitoring of coastal recreational and shellfish areas: Part II, Bacterial indicator organisms. EUR/ICP/CEH 041, 3, Copenhagen 130pp.
- Vernocchi, P., Maffei, M., Lanciotti, R., Suzzi, G., Gardini, F. (2007). Characterization of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) harvested in Adriatic Sea, Italy. *Food Control*, (18), 1575–1583.
- Yarsan, E., Baskaya, R., Yildiz, A., Altintas, L., Yesilot, S. (2007) Copper, lead, cadmium and mercury concentrations in the Mussel Ellipto. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, (79), 218–220.
- Yılmaz, I., Bilgin, B., Oktem, B., (2005). Occurrence of *Vibrio* and other pathogenic bacteria in *Mytilus galloprovincialis* and *Venus gallina* harvested from the Marmara Sea. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, (29), 409–415.

BÖLÜM 7

ÇİFT KABUKLU ÜRETİM ALANLARINDA ORGANİK VE İNORGANİK KİRLETİCİLER

Prof. Dr. Esin ULUTURHAN SUZER¹

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve teknolojisi Enstitüsü, İzmir. ..ORCID: 0000-0002-7886-922x. e-posta:m esinulaturhan@gmail.com

GİRİŞ

Başta denizler olmak üzere sucul ekosistemler, insan faaliyetleri sonucunda kasten veya kazara boşaltılan çok çeşitli maddelerle kirletilmektedir. Bu faaliyetlerin etkileri, özellikle nüfus artışının hızla arttığı kıyı bölgelerinde daha belirgin ortaya çıkmaktadır. Bunun yanında, atmosferik taşınım ve deniz taşımacılığı ile birlikte kirletici madde girdisi, açık deniz sularını da olumsuz etkilemektedir. Okyanusların hacimsel büyüklüğü ve büyük seyreltme kapasiteleri nedeniyle, bu kirletici konsantrasyonları, derin deniz ortamlarında sorun yaratmamaktadır. Açık okyanustaki koşulların aksine, nehir ağzı, yarı kapalı koy ve kıyı suları, kirlilik kaynakları tarafından yoğun biçimde bozulmaya devam etmektedir. Yarı kapalı haliçler gibi yavaş bir su değişimine sahip sistemler kirletici girdilerine oldukça duyarlıdır. Bu sistemler, kirleticiler için çok sınırlı özümleme kapasitesine sahiptir. Toksik organik bileşikler gibi asimile edilemeyen kirleticiler, sucul ekosistemde uzun süre birikebilir ve kalıcı olabilir (Kennish, 1997).

Deniz kirliliği; insan tarafından doğrudan veya dolaylı olarak kirletici maddelerin deniz ortamına sokularak deniz suyunun kalitesinin bozulması, balıkçılık dâhil deniz suyunun kullanımına engel olma, canlı kaynaklara zarar verme ve sonuçta insan sağlığına zarar verme gibi olumsuz etkilere yol açan değişimler olarak tanımlanmaktadır (GESAMP, 1982).

Kirletici maddeler atmosferik taşınım, nehir girdisi, yağışlar yoluyla oluşan yüzeysel akışlar, deşarjların doğrudan boru hattı ile boşalması, gemi sintinesi ve gemi kazaları yoluyla sucul ekosisteme girerler. Nehir ağzı ve kıyı deniz ortamlarında saptanan en yaygın antropojenik atıklar; taranmış materyal, lağım suyu, endüstriyel ve belediye deşarjlarıdır. Bu atıklar genellikle çok çeşitli kirletici gruplarında yer alır ve özellikle ağır metaller, petrol hidrokarbonları, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, klorlu hidrokarbonlar ve diğer maddeleri içerir (Kennish, 1997).

Deniz kirliliği: a) Evsel ve endüstriyel kirlilik, b) Tarımsal kirlilik, c) Petrol kirliliği, d) Farmasötik kirlilik, e) Radyoaktivite kirliliği ve f) Termal kirlilik olarak sınıflandırılabilir.

Kontaminant, normalde alıcı ortamda bulunmayan veya nadir olarak bulunan, yeterli konsantrasyonda olduğunda organizmaları olumsuz yönde etkileyebilen biyolojik, kimyasal veya fiziksel bir madde veya enerjidir. Kirletici ise istenmeyen etkileye sahip yüksek konsantrasyondaki kontaminantlardır. Kirleticiler, kökenlerine, özelliklerine (toksikite gibi), çevredeki kalıcılığına veya organizmalar üzerindeki etkilerine göre sınıflandırılabilir (Weis, 2015).

Kirleticiler, kökenlerine göre organik ve inorganik kirleticiler olarak sınıflandırılabilir. Mineral asitler, inorganik tuzlar, iz elementler, metaller ve metal bileşikleri vb. yaygın inorganik kirleticiler arasında yer alır. Bu maddeler doğal su kütlelerine eritme, metalurji ve kimya endüstrisi, maden drenajı ve bazı doğal süreçlerle giriş yaparlar.

Pestisitler, sentetik deterjanlar, petrol ürünleri, plastikler, farmasötikler, boyalar, gıda katkı maddeleri ve uçucu organik bileşikler ise yaygın organik kirleticilerdir. Bu maddeler, taşıma sırasında dökülmeleri ve farklı uygulamalardaki kullanımları gibi çeşitli insan faaliyetleri yoluyla sucul ekosistemlere girerler. Organik ve inorganik kirleticilerin çoğu toksiktir ve mikrobiyal bozulmaya karşı dirençlidirler.

Sucul ortama giren kirleticiler buharlaşma, çökme, havadan veya yüzey taşınım gibi birçok interaktif taşınım işlemleri tarafından kontrol edilir. Bunun yanında ortama giren kirleticiler hidroliz, fotoliz, mikrobiyal parçalanma ve oksidasyon yoluyla kimyasal olarak değişime uğrarlar. Genellikle parçalanma sonucunda ortaya çıkan ikincil ürünler zararsız olmakla birlikte, bazen orijinal halinden daha toksik etkiye sahip olabilirler.

Kirleticiler su sütununda serbest iyonlar, organik veya inorganik bileşikler ya da partikül maddelere tutunmuş halde bulunurlar. Çökerek sedimente geçmiş olan kirleticiler, su ve sediment arasında devamlı bir geçiş halindedir. Sediment, kirleticilerin birikim yeri olup, biriken kirletici konsantrasyonu sedimentteki organik madde içeriğine, sedimentin boyutuna ve yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir (Salomons ve Fostner, 1984).

Sucul ortamdan yaşayan organizmaların deri, solunum veya sindirim sistemleri yoluyla kirleticileri çevrelerinden alarak kendilerine zarar vermeksizin vücutlarında biriktirebilmelerine biyoakümüülasyon denir. Organizmalar bu kimyasal maddeleri aldıktan sonra biriktirebilir,

metabolize edebilir veya idrar ve solungaç yolu ile vücutlarından atabilir. Gıda kaynaklı birikime bağlı olarak, kirleticilerin besin zincirinde bir trofik seviyeden diğerine geçişi ve bu sırada üst seviyedeki seviyesinin artmasına biyomagnifikasyon denir.

Organik kirleticiler yağda çözündükleri için organizmalarda tutunma ve birikme özelliğine sahiptirler. Değişik yollardan canlı bünyesine alınan kirleticiler her organ ve dokuda farklı düzeyde birikir. Özellikle ağır metaller, metal metabolizması ve detoksifikasyonu (kirletici maddenin zararlı etkisinin kaldırılması veya azaltılması) ile ilgili olarak karaciğer, böbrek ve dalakta yüksek düzeyde birikmektedir.

Suyu filtre ederek beslenen çift kabuklular çeşitli yaşam tarzları gösterirler. Midye, istiridye gibi türler sedenter olarak yaşamlarını bir substratuma bağlı olarak geçirirken, akivades gibi türler sedimente gömülü olarak yaşarlar. Su akışıyla, solungaçlar yardımıyla besinlerini alırken aynı zamanda çözülmüş ve partikül haldeki kirleticileri de vücutlarına alırlar. Çift kabuklu türler baskın olarak kıyısal alanlarda yaşamakta olup, yaşam şekillerinden dolayı evsel ve endüstriyel kaynaklı kirlilik etkisine açıktırlar. Ağır metal ve pestisit gibi organik ve inorganik kirleticileri yüksek yoğunluklarda biriktirip, bunları uzun süre bünyelerinde tutabilirler. Fitoplankton kaynaklı toksinler, mikrobiyolojik, organik ve inorganik kirleticileri biriktirmeleri nedeniyle tüketilmeleri açısından risk oluşturabilirler.

Ülkemizde orta ve batı Karadeniz, İstanbul ve Çanakkale boğazları ile Ege ve Marmara Denizi'nin farklı bölgelerinde kara midye (*Mytilus*

galloprovincialis), istiridye (*Ostrea edulis*), kidonya (*Venus verrucosa*), beyaz kum midyesi (*Chamelea gallina*), akivades (*Tapes decussatus* ve *Tapes philippinarum*) ve kum şırlanı (*Donax trunculus*) doğadan toplama veya yetiştiricilik yoluyla ticari satışı yapılmaktadır. Tüm sucul organizmaları etkileyen organik ve inorganik kirleticiler doğal olarak kıyısız alanlarda dağılım gösteren üretim alanlarını da etkilemektedir.

1. İnorganik Kirleticiler

1.1. Besin Elementleri ve Ötrofikasyon

Besin elementleri sucul ekosisteme evsel ve endüstriyel atık sular, tarımsal alanlarda yapılan gübrelemeler, atmosferik taşınım ve yüzey akışları yoluyla ulaşmaktadır. Besin elementlerinden başta amonyak (NH_4^+), nitrat (NO_3^-) ve fosfat (PO_4^{3-}) olmak üzere azot ve fosfor bileşiklerinin su kolonunda artmasına bağlı olarak fitoplanktonik algler ve bentik makrofitlerin artmasına ötrofikasyon denir. Artan biyokütle üretimi ile güneş ışığının girişinin azalması, fotosentezin durması, organik maddenin bozulması, toksik maddelerin serbest kalması ve oksijen azalması sonucunda başta balıklar olmak üzere ekosistemde ölümler meydana gelir.

İlk kirletici grubu, çoğu durumda kirletici kabul edilmeyen, doğal ortam ve yapay gübrelerin bileşeni olan amonyak, nitrat ve fosfattır. Bununla birlikte, bu iyonlar daha yüksek konsantrasyonlarda olduğunda, normal ekolojik uyumu yok etme yeteneğine sahiptirler.

Kapalı ve yarı kapalı koy ve körfezlerde, ötrofikasyona bağlı olarak ilkbahar sonları ve sonbahar başları arasındaki ani ısınma dönemlerinde mikroalg miktarı 10^5 - 10^6 hücre/L üzerinde sayılara ulaşarak içerdikleri pigment maddelerinden dolayı suda renk değişimi meydana gelir. Bu olaya Red-tide denir. Bu olaya neden olan 4000 tür planktonik mikroalg tespit edilmiş olup, bunlardan 200 türü zararlı olarak saptanmıştır. Başta dinoflagellatlar olmak üzere 80 tür, toksin üretme yeteneğine sahiptir (Zingone ve Enevoldsen, 2000; Özel, 2003; Smayda ve Reynolds, 2003; Aydın ve Uzar, 2009). Aşırı üreme gösteren mikroalg türüne bağlı olarak çeşitli toksinler sentezlenmekte ve organizmalar bu toksinlere doğrudan veya dolaylı olarak maruz kalmaktadır. Özellikle filtrasyonla beslenen çift kabuklular toksinli hücreleri su kolonundan direkt olarak almakta, kaslarında biriktirmekte ve toksinler beslenme zinciriyle insana kadar ulaşabilmektedir. Buna bağlı olarak denizlerde zararlı alg çoğalması sırasında çift kabuklularda amnesik (ASP), paralitik (PSP), nörotoksik (NSP), diaretik (DSP), azaspirasid (AZP) ve venerupin (VSP) kabuklu zehirlenmeleri ortaya çıkmaktadır (Aydın ve Uzar, 2009).

1.2. Metaller ve Metal Kirliliği

Metaller, yer kabuğunda doğal olarak bulunan ve endüstriyel faaliyetler sonucu bırakıldığı bölgede normal seviyelerin üstüne çıkardığında kirletici olabilen elementlerdir.

Ağır metaller, atom ağırlıkları 63.546-200.590 arasında değişen bir element grubudur. Sucul organizmalarda eşik düzeyin üzerindeki

konsantrasyonlarda yarattığı toksisiteleri ve kalıcı olmaları nedeniyle tehlikelidirler. Geçiş metalleri, düşük konsantrasyonlarda metabolizma için gerekli olan (esansiyel elementler) ancak yüksek konsantrasyonlarda toksik olabilen elementlerdir (kobalt, bakır, demir, manganez gibi). Metalloidler ise genellikle metabolik işlev için gerekli olmayan (arsenik gibi) ve düşük konsantrasyonlarda toksik olan metal grubudur. Sucul organizmalarda ağır metallerin toksisite sıralaması: cıva, kadmiyum, bakır, çinko, nikel, kurşun, krom, alüminyum ve kobalt şeklindedir. Ağır metaller yüksek seviyelerde, organizmalarda enzim inhibitörü görevi görür. Bununla birlikte, bir metalin toksisitesi bir türden diğerine büyük ölçüde değişebilir (Viarengo, 1989; Abel, 1989; Pastor vd., 1994; Kennish, 1997).

Metal kirliliğinin üç önemli kaynağı vardır: nehirler, atmosferik birikim ve antropojenik faaliyetler. Nehir suyundaki metal miktarı, kayaların ayrışması ve toprakların yıkanmasından kaynaklanır. Bununla birlikte, nehirlerdeki metal yükü kentsel veya sanayileşmiş merkezlerden gelen antropojenik kaynaklar tarafından artırılır. Atmosfer, belli metallerin denize girmesinin kaynağını oluşturur. Örneğin, alkil kurşunlu benzinlerden elde edilen kurşun, atmosferdeki işlemlerle okyanus yüzeyine iletilir. Derin denizlerde, volkanik patlamalar ve hidrotermal çıkışlar okyanus sularına önemli miktarda ağır metal katkısı sağlar. Bu elementlerin antropojenik kaynaklarını; madencilik, eritme, arıtma, elektrokaplama ve kömür yakıtlı elektrik santralleri oluşturur. Bunlara ek olarak motorlu taşıt emisyonları, lağım çamurlarının bertaraf edilmesi, taranmış materyaller, kül ve deniz taşıtlarının üzerindeki

antifouling boyaların kullanımı denizlerdeki ağır metal konsantrasyonlarına katkıda bulunur (Kennish, 1997).

Sucul ortamlarda metaller, koloidal ve partikül (oksitler, hidroksitler, silikatlar, sülfürler veya silis, kil ve organik maddeler üzerine absorplanmış) veya çözünmüş formlarda bulunurlar. Suda çözülmüş formların konsantrasyonu düşük olup hidratlanmış metal iyonları veya organik-inorganik ögelerle metal kompleksi verirler. Sonuçta metaller, askıda katı maddenin çökmesine bağlı olarak, depo görevi gören sedimentte birikir (Duinker, 1980; Hanson vd., 1993). Akıntı ve sirkülasyonlarla parçacıkların yukarı doğru çıkmasıyla sedimente tutunmuş metaller tekrar süspansiyon hale gelebilir. Sedimentteki metal birikim düzeyi sedimentin içerdiği organik madde miktarına, mineral içeriğine, karakteristiğine, tane büyüklüğüne ve katyon değiştirme kapasitesine göre değişim göstermektedir (Horowitz, 1991).

Sucul organizmalarda metal birikimi, beslenme sırasında metalleri absorbe etmiş süspanse partiküllerin sindirim sistemine girmesi ve metallerin sedimentten veya geçiş sularından solunum ve deri yoluyla alınması ile meydana gelir (Hawker, 1990). Metallerin deniz organizmaları tarafından biriktirilmesi; sıcaklık, tuzluluk, besin, üreme ve organizmanın vücuttaki metal konsantrasyonlarını düzenleme yeteneği gibi birçok faktöre bağlıdır. Bunun yanında organizmaların metalleri biriktirme, detoksifiye ve vücuttan atma kapasitesi türden türe önemli ölçüde değişmektedir (Rainbow, 1993). Metaller iskelet yapısında veya organizmaların hücre içi matrislerinde

depolanabilirken; dışkı, yumurta ve kabuk atımı metal konsantrasyonunun azalmasına yardım eder (Hawker, 1990).

Metalotiyoninler (düşük moleküler ağırlıklı, sülfhidril bakımından zengin, metal bağlayıcı proteinler), metallerin hücresel düzenleme, tutulma ve detoksifikasyonunda rol oynar (Roesijadi, 1994). Lizozomlar da benzer şekilde metallerin tutulmasında ve homeostazında önemlidir (Viarengo vd., 1987). Organizmalarda, metalotiyoninler ve diğer metal bağlayan proteinlerin sınırlı bir metal bağlama kapasiteleri vardır. Bu kapasite aşıldığında, kirleticilerin toksik etkileri ortaya çıkar. Değişik yollardan canlı bünyesine alınan kirleticiler her organ ve dokuda farklı düzeyde birikir.

Toksik metallere maruz kalması durumunda sucul organizmalarda doku iltihabı ve dejenerasyonu ile neoplazm oluşumu ve genetik bozulma gibi çeşitli patolojik tepkiler oluşur. Fizyoloji, üreme ve gelişimde değişikliklerin yanı sıra büyümenin engellenmesi ortaya çıkabilir. Beslenme davranışı, solunum metabolizması ve sindirim verimliliği de olumsuz yönde etkilenebilir (Weis, 2015).

Metallerin organik formları inorganik formlarından daha toksiktir. Cıvanın organik formu olan metil cıva biyolojik dönüşüm ile oluşur ve merkezi sinir sistemine dağılarak beyinde birikim yapar. Unutkanlık, aşırı sinirlilik, güçsüzlük, el kol, bacaklar ve başta titremeler, görme bozuklukları gibi merkezi sinir sistemi bozukluklarına (minimata hastalığı) neden olur. Ayrıca periferik nöropati, böbrek yetmezliği ve

karaciğer işlev bozukluğu meydana gelmektedir (Clarkson, 1994; Harada, 1995; Özbolat ve Tuli, 2016).

Kurşun, iyonik olarak kalsiyumla birbirlerine benzerdir ve organizmalar tarafından alınan kurşun iyonu, kalsiyum iyon taşıyıcıları tarafından taşınarak osteoporoz gibi kemik erimesine, kemik bozukluklarına ve kemik tümörlerine neden olabilir. Ayrıca zekâ geriliği, hafıza kaybı, gibi nörolojik belirtiler, saldırgan ve anti sosyal davranışlar, yüksek tansiyon ve hematolojik anomaliler ortaya çıkarabilir (Rothenberg vd., 2000; Sokol vd., 2002; Özbolat ve Tuli, 2016).

Kadmiyum, kalsiyum fosfat ve Vitamin D metabolizmasını bozarak düşük dereceli kemik mineralizasyonu, yüksek kırık oranı, artmış osteoporoz oranı ve kemikle ilişkili ağrılara (ita-itai- hastalığı) ve böbrek hasarlarına neden olur (Kazantzis, 2004; Barbier vd., 2005).

Arseniğin toksisitesi kimyasal yapısına bağlı olarak çözünebilir inorganik arsenik türleri daha toksiktir. Arseniğin keratine olan afinitesi nedeniyle saç, tırnak ve deri gibi keratince zengin dokularda birikir ve hiperpigmentasyon, hiperkeratoz, deri-tırnak değişiklikleri, dermatitler, nöropatiler meydana gelir. Ayrıca damar rahatsızlığı, kangren, cilt kanseri ve DNA hasarlarına da sebep olur (Harward, 2001; Tseng vd., 2005; Özbolat ve Tuli, 2016).

Denizlerimizde dağılım gösteren çift kabukluların metal biyoakümüülasyonu ile ilgili bazı araştırmalar yapılmıştır. Küçüksezgin vd. (2008) tarafından İzmir Körfezi'ndeki kara midyelerde Hg, Cd, Pb,

Cr, Cu, Zn, Mn ve Fe konsantrasyonları araştırılmıştır. Cd, Pb, Cr ve Cu seviyeleri açısından insan tüketimi için risk taşımadığı bulunmuştur.

Bir başka çalışmada Özden vd. (2010) 2006-2007 yıllarında mevsimsel olarak İstanbul Boğazı'nda kara midyede (*Mytilus galloprovincialis*) metal ve makro mineralleri araştırmışlardır. Bu çalışmada Hg:0.019-0.726, Cd:0.292-0.970, Pb:0.191-1.072, Cr: 1.022-12.199, Cu:0.839-3.116, Zn:31.86-147.6, Se:0.530-3.294, As:0.070-1.183, Co:0.091-0.631, Mn:0.85-11.31, Sn: 0.00-0.571, Al:13.676-146.2, Fe:37.33-443.999 mg/kg yaş ağırlık olarak bulunmuştur. Saptanan metal konsantrasyonları Türk Gıda Kodeksi (2002), tolere edilebilir haftalık limiti (PTWI) ve Avrupa Komisyon kararı (2006) gibi bazı otoritelerce belirlenen limitler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre midyelerdeki Hg konsantrasyonu limitlerin üstünde saptanırken, Cd, Pb ve Cu seviyeleri ise limitlerin altında bulunmuştur.

Belivermiş vd. (2016) Karadeniz, İstanbul Boğazı, Marmara, Ege Denizi ve Akdeniz kıyıları boyunca kara midyelerde Ag, As, Al Cd, Cr, Pb, Co, Cu, Mn, Fe, K, Ni, Zn, V ve Sn, konsantrasyonları araştırılmıştır. Ölçülen metal konsantrasyonlarına göre Yumurtalık en kirli bölge olarak görülmüştür. Sırasıyla Tirebolu, Ereğli, Eskihisar ve Tekirdağ mevkiğinde yüksek As, Ni, Pb ve V seviyeleri saptanmıştır. Co, Fe, K, Mn, Zn konsantrasyonlarının genellikle otorite değerleri ile karşılaştırıldığında kabul edilebilir seviyede bulunmuştur. Bununla birlikte, bazı örnekleme bölgelerinde metal konsantrasyonları dünya ortalamasına ve önerilen sınırlara göre daha yüksek seviyelerde bulunmuştur. Çolakoğlu vd. (2012) Marmara Denizi'nden örneklenen

ekonomik öneme sahip çift kabuklularda (*Ostrea edulis*, *Ruditapes philippinarium* ve *Venus verrucosa*) As: 0.02–3.40, Cr: 0.19–0.82, Cd: 0.02–2.80, Pb: 0.05–4.16, Cu: 0.82–25.06, Ni: 0.09–0.73, ve Zn: 6.85–899 mg/kg yaş ağırlık olarak saptamıştır. Bulunan değerlere göre bu türler insan tüketimi için güvenilir olduğu tespit edilmiştir. Bilgin ve Uluturhan-Suzer (2017) İzmir Körfezi'nde yer alan Homa Dalyanı'ndaki akivades (*Tapes decussatus*) ve kara midye (*Mytilus galloprovincialis*) türlerinde Hg, Cd, Pb, Cr, Zn ve Cu konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre bu türlerde saptanan metal konsantrasyonları haftalık tolere edilebilir limitlerin (PTWI) altında belirlenmiştir.

2. Organik Kirleticiler

2.1. Petrol ve Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Kirliliği

Dünyada en çok bilinen organik kirletici madde petrol ve bileşenleridir. Denizlerdeki petrol kirliliği, özellikle petrol tankerlerinden dökülme, deniz taşımacılığı sırasındaki deşarjlar, sondaj operasyonlarındaki sızıntılar, kıyı rafinerilerinden ve limanlardan deşarjlar, belediye ve endüstriyel deşarjlar, şehir ve nehir akıntılarından, atmosferik birikimden ve doğal sular gibi birçok kaynaktan meydana gelmektedir.

Karbon ve hidrojen atomlarını içerdiğinden hidrokarbon olarak isimlendirilen ve bu içeriği ile hidrofobik özellik gösteren petrol, organik bir bileşiktir. Petrolün bileşenleri sınıflara ayrıldığında: (1) Moleküller sadece tek bağlar içeriyorsa; alkanlar, doymuş hidrokarbonlar veya parafinler olarak adlandırılır. (2) sikloalkanlar

veya naftenler, bir veya daha fazla karbon halkasına sahip doymuş hidrokarbonlardır. (3) Aromatik hidrokarbonlar, bir veya daha fazla düzlemsel altı karbonlu halkadan (aromatik veya benzen halkalar) oluşan doymamış hidrokarbonlardır. (4) Asfalt ve zift, ortam sıcaklığında katı olan ağır hidrokarbon karışımlarıdır (Potters, 2013).

Denizde dökülen petrolün davranışı, bileşiminin yanı sıra çeşitli abiyotik (su sıcaklığı, rüzgâr, gelgitler, dalga hareketi, akımlar) ve biyotik (mikrobiyal aktivite) faktörlere bağlıdır. Petrol, hızlı bir şekilde deniz yüzeyine yayılır ve genellikle mikrometrelerden bir santimetre veya daha fazla kalınlığa sahip tortu tabakası olarak geniş alanları kaplayabilir. Su sıcaklığına ve petrol bileşimine bağlı olarak petrol tabakası rüzgâr etkisiyle sürüklenir. Dökülen petrolün yoğunluğu deniz suyu yoğunluğuna yaklaştığında batma eğilimindedir. (1) Düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerin buharlaştırılması ve çözünmesi, (2) kalan hidrokarbonların foto oksidasyon uğraması ve oksijenlenmiş kimyasalların suda çözünmesi, (3) viskoz ve yüksek yoğunluktaki petrol içinde su emülsiyonlarının oluşturulması, (4) parçacıkların birleştirilmesi ve yağ tanecikli karışımlarının topaklaşır ve mikroorganizmalar tarafından bozunmaya bağlı olarak petrol yoğunluğu artarak deniz tabanına çöker. Köpük oluşumu petrolün denizde aylarca kalmasını sağlar, dökülme bölgesinden kilometrelerce uzaklığa kadar taşınır, organizma topluluklarını ve hassas habitatları tehlikeye atar (Kennish, 1997).

Ağır ham petrol ve rafine ürünler çok fazla bozulma olmadan daha hızlı batma eğilimindedir. Petrolün sedimentasyonu, hidrokarbonların su

kolonunda asılı partikül maddeye emilimiyle kolaylaştırılır. Büyük tortu yükleri tipik olarak nehir ağzı ve kıyı bölgelerinde meydana gelir. Mikroorganizmalar (bakteri, mayalar ve mantar) ham petrolün parçalanmasında ve toksik hidrokarbonları kontrolünde önemli bir rol oynar. Hafif ve basit hidrokarbonlu bileşikler daha kolay bozunur. Petrolün ağır ve yüksek molekül ağırlıklı bileşenleri mikro organizmaların saldırılara karşı direnç gösterdiği için daha yavaş bozunma özelliğine sahiptir (Kennish, 1997).

Sucul ekosistemde yaygın kirleticiler arasında petrol bileşenlerinden olan polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) kanserojen ve mutajen etkileri olan en önemli kirleticilerdendir. PAH'lar düz, açılı ya da küme şeklinde düzenlenmiş iki veya daha fazla kaynaşık benzen halkalarına sahip organik bileşiklerdir (Eisler, 1987). Düşük moleküler ağırlıklı PAH'lar iki veya üç halka içeren bileşiklerdir ve akut etkiye sahip olup sucul organizmalar için kanserojen değildir. Dört, beş ve altı halka içeren yüksek moleküler ağırlıklı PAH bileşikleri ise daha az toksik olmasına rağmen daha fazla kanserojendir (Neff, 1979; Eisler, 1987). PAH bileşiklerinden Benzo[a]antrasen (BaA), Krisen (Chr), Benzo[b] floranten (BbF), Benzo[k] floranten (BkF), Benzo[a] piren(BaP), indeno[1,2,3-cd] piren (IcdP), Dibenzo[a,h] antrasen (DahA), Benzo[g,h,i] perilen (BghiPy) Çevre Koruma Birimi (USEPA) ve Avrupa Birliği tarafından öncelikli kirleticiler listesine alınmıştır (Nieva-Cano vd., 2001; Anyakora vd., 2005; IARC, 1983).

PAH'lar sucul ekosisteme atmosferik birikim, evsel ve endüstriyel atıkların deşarjı, karadan akıntı ve fosil yakıtların dökülmesi ve sızması

ile girerler. Atmosferik serpintideki PAH'lar havadaki partikül madde ve aerosollerle ilişkilidir. Yağmur, kuru serpinti ve buhar fazı birikmesi, denizlerdeki PAH'ların kaynağından sorumlu ana atmosferik süreçlerdir. Partikül çökeltme oranları ile birlikte, kimyasal bozunma ve fotooksidasyon oranları PAH'ların atmosferde kalma süresini büyük ölçüde kontrol eder (Neff, 1979; Kennish, 1997). Kara kökenli PAH yükünün büyük kısmı dökülen karter yağı, asfalt kaplı yollar, evsel atık sular ve ham lağım suyu kaynaklarından oluşur. Petrol rafinerilerinden, plastik tesislerinden ve diğer birçok endüstriden kaynaklanan atık sular önemli miktarda PAH içerir. Kıyıya taşınan PAH yükü çoğu partikül madde tarafından tutulduğu için, kaynağa yakın kalır, limanların, nehirlerin, nehir ağızlarının ve koyların sedimentlerinde yoğun olarak birikir. Ağır sanayileşmiş büyükşehir merkezlerinin yakınında bulunan sularda çok yüksek PAH konsantrasyonunu saptanır. Açık denizlerde ise PAH bileşiklerinin kaynağını gemi kazaları, petrol sızıntıları, doğal petrol sızma emisyonları ve atmosferik birikim oluşturur (Kennish, 1997).

PAH'ların sulu kısmı, yüksek çözünürlüğe sahip düşük moleküler ağırlıklı bileşenlerden oluşur. Deniz suyunda çözünmüş veya kolloidal organik maddeler (hümik ve fulvik asitler vb.) PAH çözücü maddeler olarak görev yapabilir. PAH'ların moleküler ağırlığı arttıkça çözünürlük azalır. Fotooksidasyon, güneş ışığı, yüksek sıcaklık ve çözünmüş oksijen seviyeleri PAH'ın su kolonundan uzaklaştırılmasında en önemli rol alır. Bunun yanında kimyasal reaksiyonlar PAH seviyelerini etkili bir şekilde azaltabilir. Bakteriler, mantarlar ve sucul fauna tarafından

oluşturulan biyolojik dönüşüm de önemlidir (Neff, 1979, 1985; DeLaune vd., 1980; James, 1989; Kennish, 1997).

PAH'lar deniz suyunda partikül maddeye hızlı bir şekilde adsorblanarak deniz tabanına çöker. Sedimentteki PAH'lar kalıcı olma eğilimindedir ve sucul ortamlardaki PAH girdi oranının bir göstergesi olarak kullanılır. Büyük kirletici yükü almış bölgelerde bentik organizmalar PAH bileşenlerine maruz kalabilir (Neff, 1979, Eisler, 1987).

Petrol kirliliğinin hayvanlar üzerindeki ilk etkisi tamamen fizikseldir. Petrol tabakası atmosferik oksijenin suya yayılmasını engelleyerek tüm su canlılarının solunumunu etkiler. Buna ek olarak, deniz hayvanlarının derisine, kürküne veya tüyelerine kolayca yapışır, normal yapılarını bozar, yalıtım özelliklerini ve yüzebilme kabiliyetinin kaybına neden olur. Petrol kirliliği, sindirim sisteminde ülser, diyare, iç kanama ve organ hasarı gibi toksik etkiler yaratabilir (Potters., 2013). Organizmaların üremesini, büyümesini, dağılımını ve davranışını olumsuz yönde etkileyerek tür kompozisyonunu, bolluğunu ve dağılımında yıkıcı etki gösterebilir. Yaşamının ilk evrelerini su yüzeyinde geçiren birçok balık, kabuklu ve eklem bacaklı türleri petrol kirliliğinden fazlasıyla etkilenir. Organizmaların özel yumurtlama alanlarına ulaştığında stoklar risk altına girebilir. Bunun yanında, ağ kafeslerde yetiştirilen balık, midye, istiridye ve balık gibi türlerde olumsuz lezzet ve kokuya neden olarak, tüketimleri açısından risk oluşturabilmektedir.

Sucul organizmalar, PAH'ların toksik etkilerine karşı oldukça hassastır. Organizmaların çoğu, çözülmüş PAH'ları kolayca absorblayabilir. Yüksek oranda yağda tutunma özelliğine bağlı olarak canlılarda birikme eğilimindedir ve bu nedenle balıkçılık kaynakları için büyük bir tehdit oluşturur. Bu bileşikler sedimentte biriktiğinden, özellikle bentik organizmalar için kronik bir tehdit oluştururlar (Heath, 1987; Rainbow,1993). Sucul organizmalar, PAH bileşiklerini içeren suyun içilmesi, bileşiklerin adsorblandığı canlı ve ölü organik madde içeren taneciklerin yutulması, çözülmüş ve dağılmış maddelerin aktif olarak alınmasıyla hidrokarbonları vücutlarına alırlar (George, 1982; Helms vd., 1990). PAH bileşikleri mutajenik ve kanserojenik etkisi nedeniyle önemli bir risk kaynağıdır (Akcha vd., 2003; Luch ve Baird, 2005).

Sucul organizmalar, petrol hidrokarbonlarını türden türe değişen metabolize etme kapasitesine sahiptirler. Beslenme ve solunumla alınan hidrokarbonlar metabolize edilebilir, eliminasyonla biriktirilebilir veya değişmeden vücuttan atılabilir. Balıklar ve bazı kabuklular gelişmiş oksijenaz kabiliyetine (MFO) sahiptir ve bu nedenle aşırı kirli alanlar dışında hidrokarbonları düşük konsantrasyonda biriktirirler. Genel olarak, yüksek yağ içeriğine ve zayıf MFO sistemlerine sahip olan organizmalar, yüksek konsantrasyonlarda hidrokarbon bileşiklerini biriktirirler. Zayıf MFO sistemlerine sahip olan çift kabuklular, hidrokarbon bileşiklerini kolayca biriktirme eğilimindedir ve bu bileşiklerden çok yavaş arınırlar (George, 1982).

Denizlerimizdeki çift kabuklularda PAH birikimi ile çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Karacık vd. (2009) İstanbul Boğazı'ndan örneklenen kara

midyelerde PAH konsantrasyonları araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar Avrupa Yönetmeliği 208/2005/EC ile karşılaştırıldığında, BaP konsantrasyonları limit değerlerin üzerinde bulunmuş ve midye tüketiminin insan sağlığı açısından risk taşıdığı saptanmıştır. Balcıoğlu (2016) Marmara Denizi'nde Prens adalarından örneklenen kara midyelerde PAH kirliliğini araştırmıştır. Bu çalışmada mutajen ve kanserojen PAH konsantrasyonları, WHO ve US EPA limitlerinin üzerinde bulunmuş olup insan tüketimi açısından risk taşıdığı belirtilmiştir.

2.2. Pestisitler ve Pestisit Kirliliği

Pestisitler böcekler, kemirgenler, mantarlar ve istenmeyen bitkiler (yabani otlar) dâhil zararlı canlıları öldürmek için kullanılan kimyasal bileşiklerdir. Halk sağlığı açısından önem taşıyan hastalık vektörler, tarımda bitkilere zarar veren ve hastalık yayan böcekler, yabani otlar, bitki patojenleri, yumuşakçalar ve mikroorganizmalar gibi zararlıları öldürmek, kontrol altına almak veya zararlarını azaltmak amacıyla kullanılır.

Pestisitler formülasyon şekillerine, yapısındaki etken maddeye ve etkilediği zararlı gurubuna göre sınıflandırılabilir. Kullanım alanlarına göre: (1) Böcek öldürücüler (klorlu hidrokarbonlar, organofosfor bileşikleri, karbamatlar, piretroidler ve fenoller), (2) Herbisitler (klorofenoksi bileşikleri, bipiridiyum bileşikleri, triazinler ve tiyokarbamatlar), (3) Mantar öldürücüler (inorganik bileşikler, organometalik bileşikler, eintibiyotikler, kloroalkiltiyoy bileşikler ve

ditiyokarbamatlar), (4) Rodentisitler (floroasetat türevleri, tiyoüre ve anti-K vitamini bileşikleri), (5) Fumigantlar/nematositler (hidrociyanik asit ve karbon disülfür) ve (6) Sinerjistler (piperonil bütoksit ve sülfoksit) olarak sınıflandırılabilir (Manno, 1991). Organoklorinler, organofosfatlar ve karbamatlar sentetik organik pestisit grubunu oluşturur.

Organoklorlu pestisitler, DDT, DDD, DDT, aldrin, klordan, dieldrin, endosülfan, endrin, lindan, heptoklor, klordekon, mireks, pertan ve toksafen gibi iyi bilinen bir dizi sentetik bileşik içerir. Çevrede kalıcılığı ve sudaki düşük çözünürlüğü nedeniyle, klorlu hidrokarbonlar sedimentte birikme eğilimindedir. Bunun yanında yağda çözündükleri nedeniyle organizmalarda birikme özelliğine sahiptirler. Bileşiklerin bazıları organizmalar tarafından hızlı bir şekilde metabolize edilir. Örneğin, güneş ışınları ve organizmaların metabolik aktiviteleri ile DDT, DDE ve DDD'ye indirgenir. Denizdeki toplam DDT'nin çoğunu ve deniz organizmalarındaki konsantrasyonun %80'ini oluşturduğundan, DDE nehir ağzı ve denizlerde son derece önemlidir. DDD, deniz organizmaları için DDT veya DDE'ye kıyasla daha az toksiktir ve dokularda daha az oranda birikir.

DDT (diklorodifeniltrikloroetan) dünyanın bildiği en güçlü pestisittir. Tifo ile mücadele için ilk olarak 1940'larda kullanılmaya başlanmıştır. Alıcı ortamda yüksek kalıcılığı, kronik toksisitesi ve biyolojik olarak birikme kapasitesi nedeniyle 1970'li yıllarda yasaklanmıştır. Siklodien bileşikleri (klordan, aldrin, dieldrin, heptaklor, endrin, endosülfan gibi) balıklara özellikle toksik olma eğilimindedir. Dünyada ve ülkemizde de

büyük ölçüde yasaklanmış ve kullanımları sınırlandırılmasına rağmen, doğada bozunmadan kalabildikleri için kullanımlarından yıllar sonra bile atmosfer, toprak su ve canlılarda saptanabilmektedir (Kennish, 1997).

Organofosfatlı pestisitler, fosfor içeren bileşiklerle karakterize edilip, en büyük ve en çeşitli pestisit grubunu temsil eder. Mipafox, dimefox, methyl parathion, ronnel, bidrin, enitrothion, phorate, caumphos, fenthion, abate, dichlorovas, phosphomidon, diptrex, demetox, malathion, oxydemeton-methyl, dimethoate ve trichlorofan bileşiklerini içerir. Daha az toksik etki gösterdikleri için klorlu pestisitlere alternatif olarak geliştirilmişlerdir. Organofosfatlı pestisitler formüllerine, uygulamalarına ve çevresel faktörlere bağlı olarak kolayca bozunabilirler. Ancak uygulamanın yaygın olduğu bölgelerde, su, sediment ve birçok organizmada yüksek miktarda saptanabilirler. Organofosfatlı pestisitler organizmalar tarafından hızla metabolize edilir ve besin zincirlerinde birikebilir. Düşük kronik toksisiteye sahip olmalarına rağmen, yüksek akut toksisite gösterebilirler (Kennish, 1997).

Karbamatlı pestisitler, karbamik asit türevli bileşiklerden oluşur. Karbamat içeren ilk başarılı pestisit olan Karbaril, 1956'dan itibaren kullanılmıştır. Daha sonra karbonfuran, aminokarb, metiyokarb, bufencarb, metalkamat, metomil, promekarb, propoxur, aldikarb ve diğerleri geliştirilmiştir. Bununla birlikte karbaril, diğer bütün karbamatlardan daha fazla miktarda kullanılan ve tercih edilen böcek

ilacıdır. Karbamatlı pestisitler deniz ortamlarında klorlu pestisitlerden çok daha az tehlikelidir (Kennish, 1997).

Pestisitler çeşitli yollarla sucul ekosisteme yayılır. Püskürtme cihazlarıyla havaya karışır, havadaki parçacıkların büyüklüğüne, hacim ve rüzgâr gibi bazı faktörlere bağlı olarak belirli bir alanda kalabilir veya istenmeyen bölgelere taşınabilir. Pestisitler havadaki toz partiküllerine bağlanarak kilometrelerce uzaklara gidebilir, yağış yolu ile nehirlerle ve denizlere ulaşabilir. Toprak yüzeyinden yağmur ve karla yıkanarak yer altı sularına sızabilir.

Çevrede kalıcılığı ve sudaki düşük çözünürlüğü nedeniyle, pestisitler sedimentte ve organizmada birikme eğilimindedir. Özellikle sedimentte yıllarca kalır ve uzun süre kirlenme kaynağı olmaya devam ederler. Pestisitler sadece sedimentte kalmaz aynı zamanda besin zinciri yoluyla, bir zincirden diğerine geçerek büyük konsantrasyonlara ulaşabilir. Sucul organizmalar su kolonundan, sedimentten ve besin yoluyla aldıkları pestisitleri yüksek konsantrasyonda dokularında biriktirebilirler.

Pestisitler, organizmaların bağışıklık, endokrin, sinir ve üreme sistemleri üzerinde önemli etkiye sahiptir. Embriyonik malformasyonlara, genetik değişikliklere, endokrin bozukluğuna ve kansere neden olabilirler. Klorlu, organofosfatlı ve karbamatlı pestisitler sucul organizmalarda larval gelişimi engeller, solunum ve metabolizmayı yavaşlatır, büyümeyi engeller ve organizmalarda davranış bozukluğuna neden olabilir (Weis, 2015).

Denizlerimizde dağılım gösteren çift kabuklulardaki pestisit birikimi ile ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır. Kurt ve Özkoç (2004) Türkiye'nin Orta Karadeniz'de Ordu ve Sinop kıyısı boyunca kara midye örneklerinde organoklorlu pestisitler ve poliklorlu bifenil (PCB) birikimini araştırmışlardır. Midyelerde DDT (240-1800 pg/g yaş ağırlık) ile bozunma ürünlerinden DDD (240-5400 pg/g yaş ağırlık) ve DDE (70-2800 pg/g yaş ağırlık) saptanmıştır. Dieldrin, heptaklor ve HCB konsantrasyonları dikkate değerdir. Özellikle nehir ağızlarında organoklorlu pestisitler ve PCB'ler yüksek konsantrasyonda saptanmıştır.

Bir diğer çalışmada Özkoç vd. (2007) Orta Karadeniz kıyılarında kara midyelerde organoklorlu pestisit konsantrasyonlarını araştırmışlardır. En yüksek DDD 14.0 ng/g olarak saptanırken, minimum DDE ise 0.23 ng/g bulunmuştur. Dieldrin ve aldrin konsantrasyonları dedeksiyon limitinin altındadır. Heptaklor epoksit, lindan ve endosülfan sülfat seviyeleri de USEPA'nın belirlediği limitlerinin oldukça altında saptanmıştır. Ulusoy vd. (2016) ise Marmara Denizi'nde kara midyelerde toplam-DDT, toplam-HCH, endrin, a-endosülfan, b-endosülfan ve heptaklor birikimini araştırmışlardır. a-endosülfan ve heptaklor konsantrasyonları saptama limitlerinin altında bulunmuştur. İstasyonlarda yıllık ortalama organoklorlu pestisit konsantrasyonları 0.02-1.45 ng/g (yaş ağırlık) aralığında belirlenmiştir. Ulusal ve uluslararası komitelerin belirlediği limitlere göre midyelerin tüketim açısından sağlık riski taşımadığı belirtilmiştir.

2.3. Farmasötikler ve Farmasötik Kirliliği

Farmasötikler, farmakolojik etkilere sahip ve topluma önemli yararlar sağlayacak şekilde tasarlanan aktif bileşenleri içeren reçeteli ilaçlar, reçetesiz tedavi edici ilaçlar ve veteriner ilaçlarında bulunabilen sentetik veya doğal kimyasallardır (WHO, 2012). Kullanımlarının giderek artması sonucu günümüzde özellikle sucul ekosistemler için önemli kirleticiler arasına girmiştir. Yüzey sularında ilk kalıntı analizleri 1980'lerde başlamış olup, 1990'larda teknolojinin gelişmesi ile sucul ortamdaki $\mu\text{g/L}$ ve ng/L düzeyinde konsantrasyonlar tespit edilmiştir (Stan ve Heberer, 1997; Balcı vd., 2010).

Sucul ekosistemlerde rastlanan bazı önemli farmasötik gruplar:

Antibiyotikler: Amoksilin, penisilin, makrolidler, florokinolonlar, aminoglikozitler, sülfonamid ve tetrasiklin olmak üzere farklı sınıfları vardır (Li, 2014). Yüzey sularında ve sedimentte en çok rastlanan antibiyotikler tetrasiklinler, sülfonamidler, nitrofuranlar, makrolidler, florokinolonlar ve trimetoprim gruplarıdır (Kemper, 2008; Topal vd., 2012).

Analjezik ve antiinflamatuvar: Bu grupta yer alan ve dünyada en yaygın olarak kullanılan ağrı kesiciler asetilsalisilik asit ve parasetamol içermektedir. Yapılan araştırmalarda atıksu arıtma tesisi çıkışlarında önemli miktarda asetilsalisilik asit ve diklofenak saptanmıştır (Ternes, 1998; Heberer, 2002; Balcı vd., 2010).

Östrojenler ve hormonal bileşikler: En önemli doğal östrojen, esas olarak insanlardan atılan estriol, estradiol ve estronu içerir. Doğum kontrol hapları 17α etinilestradiol (EE2) ve mestranol gibi önemli sentetik hormonları içermektedir. Sentetik hormonlar çok düşük konsantrasyonlarda bile sucul organizmalar üzerinde olumsuz etkiler gösterir. Düşük konsantrasyondaki EE2, erkek balıkların dişiye dönmesine, DNA bütünlüğünün değişmesine ve bağışıklığın değişmesine neden olabilir (Purdom, 1994; Balcı vd., 2010; Li, 2014).

Kardiyovasküler ilaçlar: B-blokerleri, kalsiyum kanalı blokerleri ve diüretikler gibi birçok çeşitli ilaçları içerir (Li, 2014). Sucul ekosistemde en çok tespit edilen yüksek tansiyonun tedavisinde kullanılan ilaçlardır. Atıksu arıtma çıkışlarında belirlenen etken maddeler klofibrinik asit, klofibrat ve etofilindir. Ayrıca bezafibrat, enofibrinik asit ve gemfibrozil yüzey sularında tespit edilmiştir (Ahrer vd., 2001; Farre, 2001; Heberer, 2002; Balcı vd., 2010).

Psiko-uyarıcılar: En sık olarak görülen uyarıcı kafeindir ve yüzey sularında kolayca tespit edilir. Fiziksel yorgunluğu azaltmak ve uyanıklığı sağlamak amacıyla birçok içecek ve bazı ilaçlarda yaygın olarak kullanılır (Li, 2014).

Antiepileptikler: Bipolar bozukluk, epilepsi nöbetleri, nöropatik ağrı gibi durumların önlenmesinde ve tedavisinde kullanılan ilaç grubudur. Çevresel ortamda en sık rastlanan karbamazepin yüzey sularında, yer altı sularında ve içme sularında saptanmıştır (Ternes, 2001; Balcı vd., 2010).

Hasta insana bağılı ilaç kullanımı, hastane deşarjları ve ilaç üretiminden kaynaklanan atık sular, sucul ekosistemlere giren farmasötik maddeler ve metabolitlerin kaynağıdır. Bunun yanında balık çiftlikleri, kümes ve çiftlik hayvanları faaliyetleri sonucu birçok ilaç sucul ortamlara karışmaktadır. Bahçe bitkilerinin yetiştiriciliğinde kullanılan ilaçlar ve biyosolitlerin gübre olarak kullanılması da bir başka kaynağı oluşturmaktadır. Kıyı bölgelerindeki atık giderimi deniz ortamına girişin başka kaynağıdır. Kıyı depolama alanlarından gelen sızıntı suları, evsel ve klinik atıklar kıyı sularına karışmaktadır. İnsan ve hayvanlardan başlayarak ilaç aktif maddeleri, toprağı, yeraltı sularına, nehirlerle ve denizlere kadar ulaşır (Gaw vd., 2014).

Sucul ortamlara giren farmasötikler ve bunların metabolitleri, süspansiyon halindeki partiküllü maddeye adsorblanarak sedimente yerleşebilir, biyotik ve abiyotik bozunmaya maruz kalabilir ve bazı durumlarda sucul organizmaların dokularında birikebilir (Gaw vd., 2014).

Yüksek çözünürlüğü nedeniyle Farmasötiklersucul organizmalar için önemlidir. Alıcı ortama girdiklerinde organizmada organ, doku, hücre veya moleküler düzeyde etki edebilirler. Ayrıca ilaç metabolitleri, etken maddesinden daha toksik olabilir (Balcı vd., 2010). Yapılan araştırmada, farmasötiklerin kloroplastların fonksiyonlarını ve fotosentez oranındaki azalma nedeniyle alglerin hayatta kalmasını etkilediğı ve ekosistem dengesini bozabileceğı saptanmıştır (Lanzky ve Halting-Sorensen, 1997). Diclofenac ve 17 α -ethinylestradiol gibi bileşikler, böbrek ve bağırsakta yapısal bozulmaya neden olmakta,

hayatta kalma veya üreme sistemlerine etki etmektedir (Sedlak ve Pinkston, 2001; Mehinto vd., 2010; Li, 2014). Ayrıca yapılan araştırmada yüzey sularında saptanan benzodiazepin anksiyolitik ilacının balıklarda davranış ve beslenme bozukluğuna neden olduğu bulunmuştur (Brodin vd., 2013).

Hormon bileşikleri çok aktif biyolojik bileşik oldukları için, çok düşük konsantrasyonlarda dahi ciddi ekolojik etkilere neden olabilir. Hormon bileşikleri memeliler, kuşlar ve balıklar dâhil tüm hayvanlarda endokrin bozulmasına neden olabilir. Sucul ekosistemde 17 α -ethinylestradiol hormonu balıklarda önemli östrojenik etkiye sahiptir (Santos vd., 2010; Li, 2014).

2.4. Plastikler ve Plastik Kirliliği

Plastikler içerdiği polimerlerin zincir yapısına bağlı olarak sınıflandırılır ve buna göre en önemli gruplar akrilikler, polyesterler, silikonlar, poliüretanlar ve halojenli plastiklerdir. Ayrıca plastikler formlarının kalıcılığı bağlı olarak termoplastikler veya termosetler olarak sınıflandırılır. Termoplastikler, ısıtıldıklarında bileşimlerinde kimyasal değişikliğe uğramayan ve tekrar tekrar kalıplanabilen plastiklerdir (polietilen, polipropilen, polistiren ve polivinil klorür gibi). Termosetler yalnızca bir kez eritilebilir ve şekillenebilir, katılaştıktan sonra bir daha şekli bozulmaz. Termoset işleminde geri dönüşümsüz olan kimyasal bir reaksiyon meydana gelir (örnek: kauçuk).

Dünya genelinde her yıl yaklaşık 280 milyon ton plastik üretilmektedir. Son 30 yılda plastiklerin çevremize verdiği zarar fark edilir seviyeye

ulaşmıştır. Plastikler içerdikleri moleküller arasındaki kimyasal bağlar nedeniyle doğal bozunmaya karşı dirençlidir. Doğada biyolojik olarak parçalanmadığı, ancak sadece daha küçük parçalara ayrıldığı için plastik atıkları ortadan kaldırmak zordur (Shaw ve Sahni, 2014; Sigler, 2014). Hafif ve dayanıklı olması nedeniyle plastikler, deniz çöpünün yaygın bir ögesi haline gelmiştir. İlk başta dikkat çekmeyen olan plastik parçaları, son zamanlarda deniz tabanındaki atık bileşiminin vazgeçilmez bir parçası olmuştur.

Ultraviyole (UV) ışınlar, plastik bozulmasında kilit bir rol oynar. UV ışığı su tarafından hızla emildiğinden, plastiklerin denizde bozunması çok daha uzun sürmektedir. Bununla birlikte, bozunma hızı ortam sıcaklığı yanı sıra polimer tipi, katkı maddeleri ve dolgu maddelerine bağlıdır (Andrady, 2011). Okyanuslara ve denizlere ulaşan makroplastikler zamanla boyutları 5mm'den daha küçük olan mikroplastiklere dönüşür (Gregory, 2003; Gregory ve Andrady, 2003). Bilindiği üzere denizlerde ve kıyısız kesimde dağılım gösteren plastik atıklar bazı organizmalar için uygun bir suni yerleşim yeri oluşturabilir. Bunun yanında sürüklenen plastikler sucul ekosistemde önemli bir sorun olan yabancı türlerin istilasına katkı sağlamakta ve ulaştıkları bölgenin flora ve faunasını riske sokmaktadır (Winston, 1982).

Mikroplastiklerin organizmalar üzerindeki etkileri plastiklerin büyüklük, yoğunluk, bolluk ve rengine bağlı olup, etki ettiği organizmaların trofik seviyesine göre değişmektedir. Sucul ortama giren ve tehlikeli kimyasallar açığa çıkaran plastikler, organizmalar tarafından yutulmaktadır. Plastik kalıntıları pek çok sucul organizmanın

sindirim kanalında tespit edilmektedir. Büyük boyutlu mikroplastik parçaları beslenme ve sindirim problemlerine neden olmaktadır. Deniz kaplumbağaları, deniz kuşları ve balinalar gibi hayvanlar plastik atıklara bağlı olarak boğulma, bağırsak tıkanması ve açlık gibi nedenlerle ölmektedirler. Balıklarda plastik parçalarının, mide kapasitesini azalttığı, büyümeyi engellediği, iç yaralanmalarına neden olduğu ve bağırsak tıkanıklığı yarattığı tespit edilmiştir (Plot ve Georges, 2010; Cole vd., 2011; Do Sul ve Costa, 2014). Ayrıca balık ağlarına veya diğer halka şekilli materyallere dolanmaya bağlı olarak hayvanlarda besleme veriminin düşmesi ve boğulma gibi sonuçlar görülmektedir (Allen vd., 2012).

Plastik parçalarının sucul ekosistemde poliklorlubifenillerin (PCB) kaynak olabileceği ve çok düşük konsantrasyonlarda bile zararlı etkilere neden olabileceği belirtilmiştir (Zitko ve Hanlon, 1991; Mato vd., 2001). Yapılan araştırmalarda deniz kuşları ve deniz kaplumbağalarının midelerinde saptanan plastik parçalarından kaynaklanan PCB emiliminin gerçekleştiğine ve potansiyel tehlikeye dikkat çekilmiştir (Ryan vd., 1988; Bjorndal vd., 1994). PCB'lerin yarattığı olumsuz etkilerinin başında hormon seviyelerinin değişimi, üreme bozukluğu, hastalık riskleri ve ölüm gelmektedir (Ryan vd., 1988; Lee vd., 2001). Galloway (2015) yaptığı araştırmada plastiklerin yapısındaki katkı maddelerinin (fitalat, bifenol-a, ve triklozan gibi) biyolojik olarak aktif olduğunu, potansiyel olarak organizmanın gelişme ve üremesini etkilediğini belirlemiştir.

Ülkemiz denizlerinde dağılım gösteren çift kabuklularda mikroplastik kirliliği ile ilgili araştırmalar oldukça kısıtlı sayıdadır. Gedik ve Eryaşar (2020) ülkemizin Karadeniz, Marmara Denizi ve Ege Denizi kıyılarında 23 istasyondan toplanan kara midyelerin %48'inde mikroplastik tespit etmiştir. PET (% 32.9), PP (% 28.4) ve PE (% 19.4) ile 12 farklı polimerin toplam mikroplastiklerin % 80'ini oluşturduğu belirtilmiştir. Türkiye'deki midye tüketicilerinin yıllık ortalama mikroplastik maruziyet miktarı 1918 öge/yıl olarak tahmin edilmiştir. Çevik ve Gündoğdu (2018) tarafından İskenderun Körfezi'nde dikenli istiridyelerde (*S. spinosus*) mikroplastikler incelenmiştir. Mikroplastiklerin sayısı, her bir örnekte 1.8 - 2.6 öge ve 1.8 ila 2.1 parçacık/ gr arasında saptanmıştır. Yumuşak dokularda lif, parça ve film olmak üzere (boyutları 0.01 ila 5.2 mm) üç tip mikroplastik tespit edilmiştir.

SONUÇ

Yukarıda bahsedilen tüm bu organik ve inorganik kirleticiler sucul ekosistemde midye ve balık gibi tüm organizmaları etkilemektedir. Besin zinciri göz önüne alındığında sucul ekosistemdeki bu kirleticiler balık ve midye gibi türlerin tüketilmesi yoluyla insana kadar ulaşabilmektedir.

Ağır metaller açısından yapılan çalışmalarda saptanan değerler izin verilen değerlerden (EC ve MAFF gibi) daha düşük bulunmuştur. Bununla Türkiye İstatistik Kurumu'na (TÜİK) göre Türkiye için kişi başına yıllık tüketilen balık miktarı 6,3 kg/kişi iken ortalama yıllık

mollusca ve diğer deniz ürünleri kişi başına tüketimi 365 g/kişidir (TÜİK, 2015). FAO/WHO tarafından her bir metal için tolere edilebilir haftalık alım miktarları (PTWI) belirlenmiştir. Ortalama 70 kg ağırlığındaki bir insan için organizmalardaki ağır metal konsantrasyonları çarpılarak günlük ve haftalık tüketim miktarları hesap edilmektedir. Söz gelimi; Hg, Cd, Pb Zn ve Cu gibi ağır metallerin tolere edilebilir haftalık alım miktarları sırasıyla 0.004, 0.007, 0.025, 7 ve 3.5 mg/hafta/vücut ağırlığı olarak bildirilmiştir (Bat ve Arıcı, 2018). Ayrıca, günde ortalama 17,3 g balık ve 1 g mollusca ve bu miktarın üzerinde tüketen kişilerin ağır metaller açısından uluslararası kuruluşların ilan ettiği izin verilen standartları aştığı belirtilmiştir. Özellikle kıyı kentlerinde yaşayan ve bu miktarlardan daha fazla balık ve deniz ürünü tüketen insanların tolere edilebilir seviyelerin üzerinde metallere maruz kalabileceği vurgulanmıştır (Bat ve Arıcı, 2018). İnsan beslenmesinde balık ve midye türleri önemli yer tutmakta olup bu bakımdan sucul organizmaların kirleticiler açısından biyolojik olarak izlenmesi gereklidir. En kolay çözüm evsel ve endüstriyel atıkların güvenli bir şekilde bertaraf edilmesidir. Kirleticilerin çevreye, özellikle de sucul ekosisteme girmesini önlemek için geri dönüşüm konusuna önem verilmelidir. Çevreyi korumak için çıkarılan yasalar etkin şekilde uygulanmalı ve sıkı denetimler yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Abel, P. D. (1989). Water Pollution Biology. John Wiley & Sons, Chichester, UK. 231p.
- Ahrer, W., Scherwenk, E., Buchberger, W. (2001). Determination of drug residues in water by the combination of liquid chromatography or capillary electrophoresis with electrospray mass spectrometry. *J Chromatogr A*, (919), 69–78.
- Akcha, F., Burgeot, T., Narbonne, J.F., Garrigues, P. (2003). Metabolic Activation of PAHs: Role of DNA Adduct Formation in Induced Carcinogenesis. In: Douben P.E.T. (ed.), PAHs: An Ecotoxicological Perspective. John Wiley & Sons, Chichester, UK. pp: 65–79.
- Allen, R., Jarvis, D., Sayer, S., Mills, C. (2012). Entanglement of grey seals *Halichoerus grypus* at a haul out site in Cornwall, UK. *Mar Pollut Bull*, 64(12), 2815–2819.
- Andrady, A.L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Mar Pollut Bull*, 62(8), 1596-1605.
- Anyakora, C., Ogbeche, A., Palmer, P., Coker, H. (2005). Determination of polynuclear aromatic hydrocarbons in marine samples of Siokolo Fishing Settlement. *J Chromatogr A*, (1073), 323-330.
- Aydın, H., Uzar, S. (2009). Denizel mikroalg toksinleri ve etkileri. *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), 87–100.
- Balcı, B., Erkuş, A., Erkuş, F.Ş. (2010). Farmasötik Bileşiklerin Sucul Ortamda Bulunuşu ve Etkileri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(2), 13-19.
- Balcıoğlu, E.B. (2016). Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) of Prince Islands, Marmara Sea. *Mar Pollut Bull*, (109), 640–642.
- Barbier, O., Jacquillet, G., Tauc, M., Coughnon, M., Poujeol, P. (2005). Effect of heavy metals on, and handling by, the kidney. *Nephron Physiol*, 99(4), 105-110.

- Bat, L., Arıcı, E. (2018). Heavy Metal Levels in Fish, Molluscs, and Crustacea From Turkish Seas and Potential Risk of Human Health. In: Food Quality Chapter 5.
- Belivermiş, M., Kılıç, Ö., Çotuk, Y. (2016). Assessment of metal concentrations in indigenous and caged mussels (*Mytilus galloprovincialis*) on entire Turkish coastline. Chemosphere, (144), 1980-1987.
- Bilgin, M., Uluturhan-Suzer, E. (2017). Assessment of trace metal concentrations and human health risk in clam (*Tapes decussatus*) and mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from the Homa Lagoon (Eastern Aegean Sea). Environ Sci Pollut Res, 24(4), 4174-4184.
- Bjorndal, K.A., Bolten, A.B., Lagueux, C.J. (1994). Ingestion of marine debris by juvenile sea turtles in coastal Florida habitats. *Mar Pollut Bull*, (28), 154–158.
- Brodin, T., Fick, J., Jonsson, M., Klaminder, J. (2013). Dilute concentrations of a psychiatric drug alter behavior of fish from natural populations. *Science*, (339), 814–815.
- Clarkson, T. W. (1994). The toxicology of mercury and its compounds. In: (Watrass, C.J., Huckabee, J.W. (eds.), *Mercury Pollution: Integration and Synthesis*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp: 631-641.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. Galloway, T.S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Mar Pollut Bull*, 62 (12), 2588-2597.
- Çevik, C., Gündoğdu, S. (2018). Quantity and types of microplastics in the the tissues of the spiny oysters *Spondylus spinosus* Schreibers, 1793 (Mollusca, Bivalvia) in the Yumurtalık Bight (Iskenderun Bay, The northeastern coast of Levatine Sea). International Marine & fresh Water Sciences Symposium (MARFRESH 2018). Kemer - Antalya / Turkey. Sayfa:254-258.
- Çolakoğlu, S., Ulukoy, G., Ormancı, H.B., Çolakoğlu, F.A. (2012). Metal levels in economically important bivalve species from Turkey. *Food Addit Contam Part B*, 5(4), 272-278.
- Do Sul, J.A.I. Costa, M.F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environ Pollut*, (185), 352-364.

- Duinker, J.C. (1980). Suspended matter in estuaries: adsorption and desorption processes. In: Olausson, E., Cato, I. (eds.), Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries. John Wiley & Sons, Chichester, UK. pp: 121-151.
- Eisler, R. (1987). Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A Synoptic Review. Biological Report 85 (1.11), U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. 81p.
- DeLaune, R.D., Hambrick III, G.A., Patrick Jr, W.H. (1980). Degradation of hydrocarbons in oxidized and reduced sediments. Mar Pollut Bull, (11), 103-106.
- Farre, M., Ferrer, I., Ginebreda, A., Figueras, M., Olivella, L., Tirapu, L., Vilanova, M., Barcelo, D. (2001). Determination of drugs in surface water and wastewater samples by liquid chromatography–mass spectrometry: methods and preliminary results including toxicity studies with *Vibrio fischeri*. J Chromatogr A, (938), 187–197.
- Galloway, T.S. (2015). Micro- and Nano-plastics and, Human Health. In: Bergmann M., Gutow, L., Klages, M. (eds.) Marine Anthropogenic Litter. Springer, Cham. pp: 343-366.
- Gaw, S., Thomas, K.V., Hutchinson, T.H. (2014). Sources, impacts and trends of pharmaceuticals in the marine and coastal environment. Philos Trans R Soc B, (369), 20130572.
- Gedik, K. Eryaşar, A., R. (2020). Microplastic pollution profile of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) collected along the Turkish coasts. Chemosphere, 260, 127570:1-8.
- George, S.G. (1982). Subcellular accumulation and detoxication of metals in aquatic animals, in Physiological Mechanisms of Marine Pollutant Toxicity, Vembetg, W.B., Calabrese, A., Thurberg, F.R, Vemberg, F.J. (eds.), Physiological mechanisms of marine pollutant toxicity. Academic Press, New York, USA. pp: 3-52.
- GESAMP (1982). Scientific Criteria for the Selection of Waste Disposal Sites at Sea. Reports and Studies No. 16, Inter-Governmental Maritime Consultative Organization, London, UK. 32p.

- Gregory, M.R., Andrady, A.L. (2003). Plastics in the marine environment. In: Andrady, A.L. (ed.), *Plastics and the Environment*. John Wiley & Sons, New York. pp: 379-401.
- Gregory, M.R. (2009). Environmental implications of plastic debris in marine settings—entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philos Trans R Soc B Biol Sci*, 364(1526), 2013–2025.
- Hanson, P.J., Evans, D.W., Colby, D.R., Zdanowics, V.S. (1993). Assessment of elemental contamination in estuarine and coastal environments based on geochemical and statistical modeling of sediments. *Mar Environ Res*, 36(4), 237-266.
- Harada, M. (1995). Methylmercury poisoning in Japan caused by environmental pollution. *Crit Rev Toxicol*, (25), 1-24.
- Hawker, D.W. (1990). Bioaccumulation of metallic substances and organometallic compounds. In: Connell, D.W. (ed). *Bioaccumulation of Xenobiotic compounds*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp: 187-207.
- Heath, A.G. (1987). *Water Pollution and Fish Physiology*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 245p.
- Heberer, T. (2002). Tracking Persistent Pharmaceutical Residues from Municipal Sewage to Drinking Water. *J Hydrol*, (266), 175-189.
- Helmets, E., Mart, L., Schulz-Baldes, M., Ernst, W. (1990). Temporal and spatial variations of lead concentrations in Atlantic surface waters. *Mar Pollut Bull*, 21(11), 515-518.
- Horowitz, A.J. (1991). *A primer on sediment-trace chemistry*. Lewis Publishers, Chelsea, UK. 136p.
- IARC (1983). *Polynuclear Aromatic Compounds. Part 1: Chemical, Environmental and Experimental Data*. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Vol. 32, International Agency for Research on Cancer, World Health Organization, Lyon, France. 477pp.
- James, M.O. (1989). Microbial degradation of PAH in the aquatic environment. In: Varanasi, U. (ed.), *Metabolism of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp: 69-85.

- Karacık, B., Okay, O.S., Henkelmann, B., Bernhöft, S., Schramm, K.-W. (2009). Polycyclic aromatic hydrocarbons and effects on marine organisms in the Istanbul Strait. *Environ Int*, (35), 599–606.
- Kazantzis, G. (2004). Cadmium, osteoporosis and calcium metabolism. *Biometals*, 17(5), 493-498.
- Kemper, N. (2008). Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment. *Ecol Indic*, (8), 1-13.
- Kennish, M.J. (1997). Practical handbook of estuarine and marine pollution. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. 544p.
- Kurt, P.B., Özkoç, H.B. (2004). A survey to determine levels of chlorinated pesticides and PCBs in mussels and seawater from the Mid-Black Sea Coast of Turkey. *Mar Pollut Bull*, 48(11-12), 1076-1083.
- Küçüksezgin, F., Kayatekin, B.M., Uluturhan, E., Uysal, N., Açıkgöz, O., Gönenç, S. (2008). Preliminary investigation of sensitive biomarkers of trace metal pollution in mussel (*Mytilus galloprovincialis*) from Izmir Bay (Turkey). *Environ Monit Assess*, 141(1-3), 339-345.
- Lanzky, P.F., Halting-Sorensen, B. (1997). The toxic effect of the antibiotic metronidazole on aquatic organisms. *Chemosphere*, 35(11), 2553-2561.
- Lee, K., Tanabe, S., Koh, C. (2001). Contamination of polychlorinatedbiphenyls (PCBs) in sediments from Kyeonggi Bay and nearby areas, Korea. *Mar Pollut Bull*, (42), 273–279.
- Li, W.C. (2014). Occurrence, sources, and fate of pharmaceuticals in aquatic environment and soil. *Environ Pollut*, (187), 193-201.
- Luch, A., Baird, W.M. (2005). Metabolic Activation and Detoxification of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. In: Luch, A. (ed.), *Carcinogenic Effects Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*. Imperial College Press, London, UK. pp: 19–96.
- Manno, M. (1991). Toxicology and risk assessment of pesticides. In: Richardson, M.L. (ed.), *Chemistry, Agriculture, and the Environment*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK. pp: 466-490.

- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C., Kami-numa, T. (2001). Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environ Sci Technol*, (35), 318–324.
- Mehinto, A.C., Hill, E.M., Tyler, C.R. (2010). Uptake and biological effects of environmentally relevant concentrations of the nonsteroidal anti-inflammatory pharmaceutical diclofenac in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Environ Sci Technol*, 44(6), 2176-2182.
- Neff, J.M. (1979). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Aquatic Environment: Sources, Fates, and Biological Effects, Applied Science Publishers, London, UK. 262p.
- Neff, J.M. (1985). Polycyclic aromatic hydrocarbons. In: Rand, G.M., Petrocelli, S.R. (eds.), *Fundamentals of Aquatic Toxicology: Methods and Applications*. Hemisphere Publishing Corporation, New York, USA. pp: 416-454.
- Nieva-Cano M.J., Rubio Barroso S., Santos Delgado M.J. (2001). Determination of PAHs in food samples by HPLC with fluorometric detection following sonication extraction without sample clean-up. *Analyst*, (126), 1326–1331.
- Özbolat, H.G., Tuli A. (2016). Ağır Metal Toksisitesinin İnsan Sağlığına Etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), 502-521.
- Özden, Ö., Ulusoy, Ş., Erkan, N. (2010). Study on the behaviour of the trace metal and macro minerals in *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Marmara Sea, Turkey. *J Verbrauch Lebensm*, 5(3-4), 407-412.
- Özel, İ. (2003). Planktonoloji I, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:145, İzmir. 271s.
- Özkoç, H. B., Bakan, G., Arıman, S. (2007). Distribution and bioaccumulation of organochlorine pesticides along the Black Sea coast. *Environ Geochem Health*, 29(1), 59-68.
- Pastor, A., Hernandez, F., Peris, M.A., Beltran, J., Sancho, J.V., Castillo, M.X. (1994). Levels of heavy metals in some marine organisms from the western Mediterranean area (Spain). *Mar Pollut Bull*, (28), 50-53.
- Plot, V., Georges, J.Y. (2010). Plastic debris in a Nesting Leatherback turtle in French Guiana. *Chelonian Conserv Bi*, 9(2), 267–270.

- Potters, G. (2013). Marine Pollution. Bookboon 231p. (Available online: <http://bookboon.com/en/marine-pollution-ebook>).
- Purdom, C.E., Hardiman, P.A., Bye, V.V.J., Eno, N.C., Tyler, C.R., Sumpter, J.P. (1994). Estrogenic effects of effluents from sewage treatment works. *Chem Ecol*, 8(4), 275-285.
- Rainbow, P.S. (1993). The significance of trace metal concentrations in marine invertebrates. In: Dallinger, R., Rainbow, P.S. (eds.), *Ecotoxicology of Metals in Invertebrates*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp: 3-23.
- Roesijadi, G. (1994). Behavior of metallothionein-bound metals in a natural population of an estuarine mollusc. *Mar Environ Res*, 38(3), 147-168.
- Rothenberg, S.J., Khan, F., Manalo, M., Jiang, J., Cuellar, R., Reyes, S., Acosta, S., Jauregui, M., Diaz, M., Sanchez, M., Todd, A.C., Johnson, C. (2000). Maternal bone lead contribution to blood lead during and after pregnancy. *Environ Res*, (82), 81-90.
- Ryan, P.G., Connell, A.D., Gardner, B.D. (1988). Plastic ingestion and PCBs in seabirds: is there a relationship? *Mar Pollut Bull*, (19), 174-176.
- Salomons, W., Föstner, U. (1984). *Metals in the Hydrocycle*. Springer Verlag, Berlin, 349pp.
- Santos, L., Araujo, A.N., Fachini, A., Pena, A., Delerue-Matos, C., Montenegro, M. (2010). Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment. *J Hazard Mater*, (175), 45-95.
- Sedlak, D.L., Pinkston, K.E. (2001). Factors affecting the concentrations of pharmaceuticals released to the aquatic environment. *J. Contemp Water Res Educ* 120(1), 7.
- Shaw, D.K., Sahni, P. (2014). Plastic to oil. *IOSR J Civ Mech Eng* 46-48.
- Sigler, M. (2014). The effects of plastic pollution on aquatic wildlife: current situations and future Solution. *Water Air Soil Pollut*, (225), 2184.
- Smayda, J.S., Reynolds, C. (2003). Strategies of marine dinoflagellate survival and some rules of assembly. *J Sea Res*, (49), 95-106.

- Sokol, R.Z., Wang, S., Wan, Y.J., Stanczyk, F.Z., Gentschein, E., Chapin, R.E. (2002). Long-term, low-dose lead exposure alters the gonadotropin-releasing hormone system in the male rat. *Environ Health Perspect*, (110), 871-874.
- Stan, H.J., Heberer, T. (1997). Pharmaceuticals in the Aquatic Environment.. *Analisis*, (25), 20-23.
- Ternes, T.A. (1998). Occurrence of Drugs in German Sewage Treatment Plants and Rivers. *Water Res*, (32), 3245–3260.
- Ternes, T.A. (2001). Pharmaceuticals and metabolites as contaminants of the aquatic environment. In: Daughton, C.G., Jones-Lepp, T.L. (eds.), *Pharmaceuticals and personal care products in the environment: Scientific and regulatory issues*. American Chemical Society, Washington, USA. pp: 39-54.
- Topal, M., Uslu, G., Arslan Topal, E.I., Öbek, E. (2012). Antibiyotiklerin Kaynakları ve Çevresel Etkileri. *BEU Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2), 137-152.
- Tseng, C.H., Huang, Y.K., Huang, Y.L., Chung, C.J., Yang, M.H., Chen, C.J., Hsueh, Y.M. (2005). Arsenic exposure, urinary arsenic speciation, and peripheral vascular disease in blackfoot disease-hyperendemic villages in Taiwan. *Toxicol Appl Pharmacol*, 206(3), 299-308.
- TÜİK, Turkish Fishery Statistics (2015). Available from: <http://www.tuik.gov.tr/>.
- Ulusoy, Ş., Özden, Ö., Pöpke, O. (2016). Distribution of OCPs and PCBs in Mussels (*Mytilus galloprovincialis*) from the Marmara sea coastal sites. *Bull Environ Contam Toxicol*, 97(2), 191-197.
- Viarengo, A., Moore, M.N., Mancinelli, G., Mazzucotelli, A., Pipe, R.K., Farrar, S. V. (1987). Metallothioneins and lysosomes in metal toxicity and accumulation in marine mussels: the effect of cadmium in the presence and absence of phenanthrene. *Mar Biol*, (94), 251-257.
- Viarengo, A. (1989). Heavy metals in marine invertebrates: mechanisms of regulation and toxicity at the cellular level. *Reviews in Aquatic Science*, 1(2): 295-317.
- Weis, J.S. (2015). *Marine pollution: What Everyone Needs to Know*. Oxford University Press, New York, USA. 273p.
- Winston, J.E. (1982). Drift plastic an expanding niche for a marine invertebrate? *Mar Pollut Bull*, 13: 348–357.

- WHO (2012). Pharmaceuticals in drinking-water. World Health Organization. 35p.
(Available online: (http://www.who.int/about/licensing/copyright_form/en/index.html)).
- Zingone, A., Enevoldsen, H.O. (2000). The diversity of harmful algal blooms: a challenge for science and management. *Ocean Coast Manage*, 43: 725-748.
- Zitko, V., Hanlon, M., (1991). Another source of pollution by plastics: skin cleaners with plastic scrubbers. *Mar Pollut Bull*, 22: 41-42.

BÖLÜM 8

ÇİFT KABUKLU ÜRETİM ALANLARINDA TOKSİK FİTOPLANKTON VE ALGAL BİYOTOKSİNLER

Doç. Dr. Fatma SABANCI¹

¹ Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Anabilim Dalı, ORCID:
<https://orcid.org/0000-0001-9122-594X> e-posta:sabanci.fatma@gmail.com

GİRİŞ

Zararlı alg üremeleri denizel fitoplanktonun aşırı üremesi ile meydana gelen doğal olaylardır ve deniz, acısu ve tatlısu ekosistemlerinde oldukça sık rastlanmaktadır (Ferreiro vd., 2015). Genel olarak denizel ortamda red-tide, tatlısu ortamında ise aşırı üreme olarak bilinirler. Günümüzde deniz ve tatlısu ekosistemlerinde UNESCO/IOC-HAB (Birleşmiş Milletler, Uluslararası Deniz ve Okyanuslar Topluluğu, Zararlı Alg Üremeleri Bürosu) kararı ile "Zararlı Alg Aşırı Üremeleri" genel adı ile sınıflandırılmaktadır. Güncel kullanımı ile zararlı mikro-alg aşırı üremeleri diğer canlılara zarar vermek ön koşulu ile deniz suyu rengini değiştirsin ya da değiştirmesin, zehirli ya da zehirsiz fitoplankton aşırı üremeleri ile toksik olmasa dahi köpük veya musilaj oluşturarak veya seta gibi dikensi çıkıntıları ile biyotaya zarar veren türleri kapsamaktadır.

Genel olarak birkaç bölge dışında hemen hemen tüm dünya ülkelerinin kıyısız sularında genellikle birden fazla zararlı ya da zehirli türün varlığı ve aşırı üremesi bilinmektedir. Ülkemiz kıyıları incelendiğinde, Ege Denizi'nden ilk kez 1955 yılında rapor edilen red-tide olayı Türkiye denizlerinde aşırı alg üremelerinin dikkati çeker bir hale geldiğinin ilk işareti olmuştur (Numann, 1955). Takip eden yıllarda çeşitli türlerin neden olduğu aşırı alg üremeleri özellikle Ege Denizi ve İzmir Körfezi'nden rapor edilmiştir (Acara ve Nalbantoğlu, 1972). Daha sonraki yıllarda, karasal girişlerle artan ötrofikasyondan ileri gelen red-tide ve diğer zehirli alg üremeleri araştırmacılar tarafından hemen hemen her yıl gözlemlenmiştir (Koray 1990, 1992; Koray ve

Çolak Sabancı 2001, 2004). Aşırı üreme gösteren türler ile zehirli mikroalgler Karadeniz kıyılarında (Türkoğlu ve Koray 2004; Bargu vd., 2004; Beşiktepe vd., 2008; Kopuz vd., 2014; Baytut vd., 2016), Marmara Denizi'nde (Türkoğlu 2013, 2016; Taş ve Yılmaz, 2015; Taş ve Lundholm, 2017) ve Kuzeydoğu Akdeniz kıyılarında (Polat vd., 2006) birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır.

Son on yılda, yükselen deniz suyu sıcaklıkları ile artan kıyısal ötrofikasyondan dolayı dünya çapında zararlı alg üremelerin sıklığı ve yoğunluğunda artışlar görülmektedir (McCarthy vd., 2015) (Şekil 1). Bu olayların görülmesindeki artışların başlıca nedenleri arasında bilimsel farkındalığın artması, besin tuzlarının artışı, su ürünleri yetiştiricilik faaliyetlerinin artması, tarımsal ötrofikasyon ile HAB türlerinin uyarılması, iklimsel değişiklikler, gemilerin balast suları ile mikro-alg türlerinin bir bölgeden diğerine taşınması yer almaktadır.



Şekil 1. Zararlı alg üremelerine neden olan faktörler ile insan sağlığı ve refahı üzerindeki etkiler (Berdalet vd., 2015; Visciano vd., 2016'dan değiştirilerek uyarlanmıştır.)

Zararlı alg üremeleri 3 ana başlı altında toplanmaktadır: (1) Aşırı üreme potansiyeline sahip türler, (2) Potansiyel olarak toksik türler ve (3) Toksik türler. Birinci grup, aşırı üreme gösteren türler yani büyük kitlesel oluşumlardan dolayı suyun rengini değiştiren “zehirsiz” organizmaları kapsamaktadır. Bu türler uygun şartlar altında aşırı üreme gösterirler ve algal biyokütle ölümünü takiben bakteriler tarafından gerçekleştirilen ayrıştırma sırasında oksijenin tükenmesine neden olabilirler, bu da hem balıkların hem de omurgasızların ölümü ile sonuçlanabilir. İkinci grup, toksikolojik analizlere göre toksik potansiyeline sahip türlerdir ve bulunduğu bölgede toksik aşırı üreme ya da ilgili septomlarla ilişkisi bulunmayan türleri kapsamaktadır. Üçüncü ve en önemli grup toksin üreten algleri içermekle birlikte, toksinle kontamine olmuş deniz ürünleri tüketimi sonucunda ciddi gastrointestinal ve nörolojik hastalıklara neden olan, hatta balık ya da kabuklu ölümü ya da bunları tüketen insanların ölümlere neden olabilecek güçlü toksin üreten mikroalg türlerini içermektedir.

Zararlı alg üremeleri ve bunun doğal sonucu olan besin zincirinin hemen her kademesinde izlenen bozulmalar ve zehirlenmeler giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Landsberg, 2002). Doğada bilinen binlerce mikroalg türü arasında yaklaşık 300 kadar türün zararlı olduğu, bu türlerin 100’den fazlasının insan ve diğer canlılarda zehirlenmeye hatta ölüme neden olabilen doğal toksinler ürettiği bilinmektedir. Bu sayı zaman içerisinde artabilmekte ya da azalabilmektedir. Şu an toksik olarak belirlenen bazı türler yapılan çalışmalarda listeden çıkarılabilmekte ya da listeye yeni türler dâhil edilebilmektedir.

Son yıllarda insan aktiviteleri sonucunda denizlerde ve nehir ağzı sistemlerinde azot ve fosfor girdisinde önemli artışlar meydana gelmektedir. Bu durum azot, fosfor ve silis oranının değişmesine ve çoğu zararlı ya da toksik olabilen ve ayrıca silise bağımlı gelişimi olmayan türlerin yani dinoflagellatların artmasına neden olmaktadır. Dinoflagellatlar, suların sıcak ve sakin olduğu, besin elementlerinin azalmaya başladığı dönemde bol olarak bulunurlar. Bununla birlikte, dinoflagellatlarda standart bir beslenme tipi olmaksızın ototrofik, hetetrofik ve mikсотrof beslenme tipleri gözlenebilir ve bu özelliklerinden dolayı da diğer türler üzerinde baskın hale geçerler. Toksik tür sayısına en fazla katkı dinoflagellatlar tarafından yapılırken, az da olsa diğer sınıfların (diyatom, flagellat, siyanobakteri, primnesiyofit, rafidofit) katkısı söz konusudur. İkinci sırada siyanobakteriler yer almakla birlikte, bu sınıfa dâhil türlerin büyük kısmını tatlı su türleri oluşturmaktadır.

Aşırı üreme gösteren türlerin organizma ve ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri çok boyutludur. Bunlar suyun renklenmesi ve köpüklenmesi sonucu su kalitesinin bozulması ve koku olaylarıdır. Suyun renklenmesi çoğunlukla turuncu, kırmızı kahverengi, yeşil renge dönüşme ile gözlenebileceği gibi, bazen beyaz bir görüntü oluşması şeklinde izlenebilir. Bu renkler doğrudan doğruya aşırı üreme oluşturan mikroalgin kloroplastlarından ya da hücre çeperlerindeki silis, selüloz veya kalsiyum karbonat gibi maddelerden kaynaklanır. Köpüklenme, bazı diyatom türlerinin aşırı üremesinin bir sonucu olduğu bilinmekle beraber, kesin olarak köpük oluşturduğu belirlenen en yaygın mikroalg

türü primnezyofitlerden *Phaeocystis pouchetii*'dir. Toksikitesi henüz kesin olmamakla birlikte, kalıcı köpük oluşturduğu ve bu köpüklerin su yüzeyindeki çeşitli maddelerle birleşerek musilajlı yığınlar meydana getirdiği ve biyotaya bir şekilde zarar verdiği bilinmektedir. Koku, genellikle bazı türler tarafından oluşturulan dimetil sülfid gazından kaynaklanabileceği gibi, ölmüş hücrelerin dibine çökmesi ile oluşan oksijensiz tabakada faaliyete geçen anaerobik sülfür ve metan bakterilerince de oluşturulabilir. Bu olumsuzluklara ilave olarak ayrıca yoğun algal biyokütlenin ölmesi ve sedimente çökerek bakteriler tarafından ayrıştırılması sırasında ortamdaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu azalmaktadır. Oksijen yetersizliği aşırı üremeler sırasında oluşan aşırı fotosentetik aktivitenin gece tersine dönmesi yani karanlık periyotta bir hücreli mikroalglerin oksijen alıp, karbondioksit vermesi ile de meydana gelmektedir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonundaki düşüş tüm canlıları etkilemekle birlikte en fazla zarar gören canlılar bentikte yaşayan ve sessiz olan organizmalardır. Aşırı alg üremelerinde oksijenin aşırı doygunluğa ulaşması durumunda ise ortam hava kabarcıkları ile dolarak balıkların solungaçları ile sudan oksijen almasını zorlaştırır ve balık ölümlerine neden olabilir. Zarar gören ve tahriş olan balık solungaçları aşırı mukus salgılayarak sudan oksijen alımını olanaksız kılar ve balıklar oksijensizlikten ölürlür. Ayrıca bazı mikroalglerin hücre duvarında yer alan ve seta adı verilen dikenimsi çıkıntılar da balık ölümlerine neden olabilirler.

Zararlı alg üremelerinin insan sağlığı üzerindeki doğrudan etkisi, biyotoksinle kontamine olmuş deniz canlılarının tüketilmesi ile

meydana geldiği gibi, derinin kontamine deniz suyu ile teması ve aerosollerle de gerçekleşmektedir. Gıda kaynaklı zehirlenme olayında algal toksinler denizel organizmalara zarar vermeden bünyelerinde birikerek besin zinciri yoluyla insana kadar ulaşır. İnsanlarda gözlenen toksik etkiler genellikle toksin üreten türlerin yüksek yoğunluğunda ortaya çıkar. Ancak zehirlenme olayı düşük yoğunluktaki toksik mikroalglerden kaynaklanabilmektedir (Berdalet vd., 2015). Ayrıca, deniz biyotoksinlerine bağlı zehirlenme tanıları genellikle akut septomlarla ilgili olsa bile, toksinlerin uzun süreli düşük seviyedeki etkilerine maruz kalan insanlar hakkında çok az bilgi vardır (Lefebvre ve Robertson, 2010). Bazı deniz biyotoksinlerinin toksikoloji mekanizmaları tam olarak bilinmemektedir ve henüz insanlar üzerindeki olumsuz etkileri gözlenmemiştir. Siyanobakterilerin neden olduğu toksinle kontamine olmuş tatlı su ile doğrudan deri teması ya da bu ortamda yürütülen mesleki aktivitelerle insanlarda birçok sağlık probleminin ortaya çıktığı saptanmıştır. Tatlı sularda siyanobakterilerin neden olduğu aşırı üremeler insan ve diğer canlılar için büyük bir tehlike oluşturmaktadır (Nishiwaki-Matsushima vd., 1992; Falconer, 1998; Stewart vd., 2008). Dünyada su kaynaklarının azalmasına bağlı olarak son zamanlarda giderek artan deniz suyunun tuzdan arındırılma işlemi insan sağlığı açısından potansiyel bir risk oluşturmaktadır. Çünkü bu işlem sırasında toksinlerin sudan yeterli düzeyde uzaklaştırıldığı konusunda netlik henüz sağlanamamıştır (Seubert vd., 2012; Reiss vd., 2006). Aerosollerin neden olduğu rahatsızlıklar, 30 yılı aşkın süredir Meksika Körfezi'nde ve Florida kıyılarında çalışılmış ve *Karenia brevis* türünün aşırı üremeleri sırasında üretilen brevetoksin

içeren aerosollerin solunum problemlerine neden olabileceği saptanmıştır. Özellikle plajda vakit geçiren kişilerde solunum bozuklukları (Backer vd., 2003, 2005) ve astımlı kişilerde daha şiddetli ve uzun süreli septomlar görülmektedir (Fleming vd., 2005, 2006, 2011; Milian vd., 2007; Bean vd., 2011). Aerosollerle toksik olabilen *Ostreopsis* spp.'nin Cezayir, Fransa, İtalya ve Tunus gibi Akdeniz ülkelerinde aşırı üremeleri saptanmıştır. Bu üremeler sırasında plajdaki kişilerde üst solunum yolu rahatsızlıkları, göz ve burunda tahriş, ateş ve genel halsizlik gözleendiği bildirilmiştir (Gallitelli vd., 2005; Brescianini vd., 2006; Vila vd., 2012; Tichadou vd., 2010; Illoul vd., 2012).

Denizel biyotoksinlerin bazı denizel canlılarda, özellikle süzerek beslenen çift kabukluların dokularında birikebildikleri çok iyi bilinmektedir. Midyeler yaklaşık olarak saatte 20 litre deniz suyunu süzebilmekte ve ortamda aşırı alg üremesi söz konusu ise, deniz suyu litrede birkaç milyon alg hücresi içerebilmektedir. Deniz suyunda aşırı üreme gösteren ve sadece deniz suyunun rengini değiştiren *Noctiluca scintillans* ve *Skeletonema costatum* türleri olabileceği gibi, denizel biyotoksinlerin başlıca üreticileri olan *Alexandrium*, *Gymnodinium*, *Dinophysis* ve *Pseudo-nitzschia* genuslarına ait bazı türler de olabilmektedir. Deniz biyotoksinlerinden dolayı insanlarda zehirlenme olayları, kontamine olmuş kabukluların tüketilmesi ile gerçekleşmekte ve toksik bileşiklere bağlı olarak çok çeşitli septomlar gözlenmektedir (Richter ve Fidler, 2015; Turner ve Goya, 2015). Aşırı üreme gösteren alg türüne bağlı olarak sentezlenen toksinlerin, hafıza kaybına, sinir

sistemi ya da gastrointestinal rahatsızlıklara neden olduğu bilinmektedir. Toksinler zehirlenme semptomlarına bakılarak, parolitik kabuklu toksini (PSP), amnesik kabuklu toksini (ASP), diyaretik kabuklu toksini (DSP), nörotik kabuklu toksini (NSP) ve Ciguatera balık toksini olarak sınıflandırılır (Poletti vd., 2003). Kimyasal yapısına göre, deniz biyotoksinleri Azaspirasit (AZA), Brevetoksin (BTX), cyclic imin (CI), Domoik asit (DA), okadoik asit (OA), pektenotoksin (PTX), saksitoksin (STX) ve yessotoksin (YTX) ve palytoksin (PITX) olmak üzere çeşitli sınıflara ayrılır (Tablo 1).

Yaygın alg biyotoksinleri

ASP (Amnesik kabuklu zehirlenmesi)

Amnezik kabuklu zehirlenmesine domoik asit üreten iki diyatom cinsi olan *Nitzschia* ve *Pseudo-nitzschia* türleri neden olmaktadır. Bu toksin diyatomların neden olduğu tek toksindir. En yüksek toksin birikimi böbreklerde, gonadlarda ve sindirim bezinde saptanmıştır (FAO, 2004). Domoik asitle kontamine deniz ürünlerinin tüketilmesinden 24 saat sonra bulantı, kusma, baş ağrısı, ishal ve karın krampları şeklinde gastrointestinal semptomlar gelişir. Bunu takip eden 48 saat içerisinde ise hafıza kaybı, halüsinasyon, nöbet ve yönünü şaşırma gibi sinirsel semptomlar şekillenir ve hatta felç, koma ve ölüm görülebilir (Gvozdenović vd., 2015).

Tablo 1. Denizel Çift Kabuklu Biyotoksinlerin Sınıflandırılması ve Neden Olan Mikroalgler

Toksin grubu	Denizel biyotoksinler	Mikroalg
PSP	Saksitoksin	<i>Alexandrium</i> spp.
		<i>Gymnodinium catenatum</i>
		<i>Pyrodinium bahamense</i>
ASP	Domoik asit	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.
		<i>Nitzschia</i> spp.
DSP	Okadaik asit	<i>Prorocentrum lima</i>
		<i>Dinophysis</i> spp.
	Pektenotoksin	<i>Dinophysis</i> spp.
		Yessotoksin
	<i>Lingulodinium polyedrum</i>	
	<i>Gonyaulax spinifera</i>	
	NSP	Azaspirasit
<i>Azadinium spinosum</i>		
Brevetoksin		<i>Karenia berevis</i>
		Cyclic imin
<i>Karenia</i> spp.		
Palitoksin	<i>Palythoa</i> spp.	
	<i>Ostreopsis</i> spp.	

İlk olarak 1987 yılında Kanada’da saptanmış ve toksinle kontamine midyelerin tüketilmesi sonucunda 150 kişinin etkilendiği ve 4 kişinin de öldüğü rapor edilmiştir. Domoik asit zehirlenmesinde ölüm oranı %3 olmakla beraber, 200 µg/g domoik asit içeren ürünün tüketilmesi sonucunda hafıza kaybı meydana geldiği saptanmıştır. Domoik asitin

saptanması, sıvı kromatografisinde ultraviyole dedektörü ile yapılmaktadır (Quilliam vd., 1995).

AZP (Azaspirasit kabuklu zehirlenmesi)

Azaspirasit kabuklu zehirlenmesine dinoflagellatlardan *Protoberidinium crassipes* türünün neden olduğu bilinmekteydi (James vd., 2003). Ancak son yapılan çalışmalarda aslında bu toksine *Azadinium spinosum* türünün neden olduğu bildirilmiştir (Tillmann vd., 2009). Yapılan çalışmada, *Protoberidinium crassipes* türünün ortamda *Azadinium spinosum* olduğunda ve onun üstünden beslendiğinde toksik olduğu rapor edilmiştir. *Azadinium spinosum* tarafından üretilen azaspirasit kabukluların sindirim bezlerinde maksimum konsantrasyonlarda gözlenmiştir (James vd., 2008). İnsanlarda toksin emilimi, beyin dışında tüm vücutta gerçekleşmektedir. İnsanlarda zehirlenme belirtileri ishal, kramplar, mide bulantısı ve kusma şeklinde gözlenmekte ve bu şekilde DSP toksini ile karıştırılmaktadır. Ancak toksin bunlar dışında ayrıca karaciğer, pankreas, dalak ile T ve B tipi lenfositlerde önemli ölçüde hasara neden olmaktadır. Bu toksinlerin kabul edilebilir maksimum seviyesinin kabuklu deniz hayvanlarında 160 µg/kg aşmaması gerektiği rapor edilmektedir. Azaspirasit toksinin saptanması LC-MS/MS yöntemleri uygulanarak yapılabilmektedir.

DSP (Diyaretik kabuklu zehirlenmesi)

Diyaretik kabuklu zehirlenmesine dinoflagellatlardan *Prorocentrum* ve *Dinophysis* genuslarına ait türler neden olmaktadır. Bu algler okadaik asit ve türevleri, pektenotoksin ve yessotoksin olmak üzere farklı

toksinler üretebilir. İnsanlarda zehirlenme belirtileri gastrointestinal rahatsızlıklardır ve kabuklu deniz hayvanlarının tüketilmesinden yaklaşık bir saat sonra belirtiler gözlenmektedir. Ancak bu belirtiler genellikle bakteriyel enfeksiyonlar ile karıştırılmaktadır. Bazı araştırmalar, okadaik asidin tümör aktivitesini uyarıcı bir etkiye sahip olduğunu rapor etmişlerdir (Tubaro vd., 2008). Okadaik asit ve pektenotoksinlerin izin verilen maksimum konsantrasyonunun toplamda kabuklu etinde 160 µg/kg değeri aşmaması gerektiği ifade edilmektedir. DSP'nin neden olduğu zehirlenmelerde hiçbir ölüm olayı rapor edilmemekle beraber, farelerde yapılan deneyler sonucunda yessotoksin kaynaklı zehirlenmelerde ölümcül etki saptanmasından dolayı potansiyel olarak tehlikeli olarak kabul edilmektedir (Ciminiello ve Fattorusso, 2008). Bu nedenle, bu toksinin kabul edilebilir maksimum seviyesi kabuklu deniz hayvanlarında 3,75 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu toksinin saptanması sıvı kromatografisi ile yapılabilmektedir (Yakes vd., 2010).

NSP (Nörotoksik kabuklu zehirlenmesi)

Nörotoksik kabuklu zehirlenmesine dinoflagellatlardan *Karenia brevis* türünün neden olduğu bildirilmektedir (Watkins vd., 2008). Üretilen bu tür toksinler brevetoksin grubuna aittir ve aerosol oluşturabilir. İnsanlarda zehirlenme belirtileri (gastrointestinal ve nörolojik), toksine maruz kabuklunun tüketiminden 3-4 saat sonra ortaya çıkar: mide bulantısı, kusma, ishal, tat kaybı, dudakların ve yüzün uyuşması, gözbebeklerinin büyümesi ve sıcak ve soğuk his kaybı şeklinde gözlemlenir. Bu toksinlerin kabul edilebilir maksimum seviyesinin

kabuklu deniz hayvanlarında 800 µg/kg aşmaması gerektiği rapor edilmektedir (Watkins vd., 2008). Bu toksinin saptanması sıvı kromatografisi ile yapılabilmektedir.

PSP (Paralitik kabuklu zehirlenmesi)

Paralitik kabuklu zehirlenmesine, dinoflagellatlardan *Alexandrium* genusuna ait türler ve siyanobakterilerin neden olduğu bildirilmiştir (FAO, 2004; Wiese vd., 2010). Üretilen toksinler saksitoksin grubuna aittir ve bu toksinler kabukluların sindirim sisteminde maksimum konsantrasyonlarda saptanmıştır. İnsanlarda bu toksinlerin emilimi hızlı bir şekilde gerçekleşir ve beyin de dâhil olmak üzere tüm vücuda yayılır. Kas uyuşması ve felç gibi zehirlenme belirtileri zehire maruz kaldıktan otuz dakika sonra ortaya çıkar ve solunum güçlüğü nedeniyle ölüme neden olabilmektedir. Bu toksinlerin kabul edilebilir maksimum seviyesinin kabuklu deniz hayvanlarında 800 µg/kg aşmaması gerektiği rapor edilmektedir. Bu toksinin saptanması, sıvı kromatografisinde floresan dedektörü ile yapılmaktadır (Yakes vd., 2010).

CI (Cyclic imin)

Cyclic iminler (gymnodimine, spirolides, pinnatoxins), deniz ürünlerinde biriken lipofilik deniz toksinleridir. Bunların birkaç dinoflagellat (*Karenia selliformis*, *Vulcanodinium rugosum*, *Alexandrium ostenfeldii* ve *A. peruvianum*) tarafından üretilen toksinler olduğu rapor edilmiştir (Berdalet vd., 2015). Lipofilik biyotoksinler, fare denemelerinde meydana gelen hızlı ölüm nedeniyle tipik olarak hızlı öldürücü etkiye sahip biyotoksin olarak sınıflandırılırlar (Molgó

vd., 2014; Berdalet vd., 2015). Hem gymnodimin hem de pinnatoksin başlangıçta akut gıda zehirlenmesi ile ilişkilendirilmiştir (Seki vd., 1995; Uemura vd., 1995). Ancak daha sonraki çalışmalarla aslında bu zehirlenmelere biyotoksinlerin (Yeni Zelanda'daki zehirlenme olayında gymnodimine ya da Çin'deki zehirlenme olayında pinnatoksinlerin sorumlu olduğu) neden olduğu saptanmıştır. Pinnatoksin düzeylerinin Fransa'nın güneyinde Akdeniz lagününde (Hess vd., 2013), dünya çapında rapor edilen düzeylerden çok daha yüksek seviyeye ulaştığı rapor edilmiştir (Rhodes vd., 2010, 2011; Rundberget vd., 2011; McCarron vd., 2012). Bununla birlikte kontamine olmuş deniz canlılarının tüketilmesi sonucunda insanlarda zehirlenme olayı saptanmadığı için cyclic iminler ile ilgili herhangi bir düzenleme yapılmamıştır (Harju vd., 2016).

PITX (Palitoksin zehirlenmesi)

Bu toksin mercan resiflerine ait *Palythoa* genusu ile dinoflagellat *Ostreopsis* genusuna ait türler tarafından üretilen önemli denizel bileşiklerdir. Bu toksine neden olan *Ostreopsis* genusu genellikle tropik bölgelerden rapor edilse de, son 20 yılı kapsayan çalışmalarda Akdeniz sularında aşırı üreme olayları ile birçok kez rapor edilmiştir (Noguchi vd., 1987; Taniyama vd., 2003; Berdalet vd., 2015; Mangialajo vd., 2011; Illoul vd., 2012). Toksin ile ilişkilendirilmiş herhangi bir zehirlenme olayı bildirilmemekle beraber, bazı deniz canlılarında toksin saptanmıştır (Aligizaki vd., 2011; Biré vd., 2013; Brissard vd., 2014; Ciminiello vd., 2015). Tropikal bölgelerde PITX ile ilgili zehirlenme vakası oldukça sınırlı olduğundan, insanlarda deniz ürünleri

tüketimi yoluyla palitoksin zehirlenmesinin gerçek riskini değerlendirmek oldukça güçtür. Bunun nedeni, PITX toksininin diğer deniz ürünleri toksinleri (ciguatoksin, saksitoksin ve tetrodotoksin) ile aynı anda gözlenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu toksinle kontamine olmuş kabuklu deniz canlıların tüketiminden sonra gözlenen başlıca belirtiler metalik tat, gastrointestinal rahatsızlıklar, ishal, mide bulantısı, kusma, vücut hareketlerinde uyumsuzluk, baş dönmesi, solunum güçlüğü ve düşük nabızdır. 2005 yılında İtalya’da palitoksin aorosellorine maruz kalan yaklaşık 200 kişide solunum güçlüğü gözlenirken, benzer semptomlar 2006 ve 2009 yıllarında Fransa’da gözlenmiştir (Biré vd., 2013). Hatta bazı literatürlerde bu zehirlenmelerin ölümcül olduğu bildirilmiştir (Deeds ve Schwartz, 2010; Aligizaki vd., 2011).

SONUÇ

Zararlı alg üremeleri çok uzun zamandır saptanan doğal olaylardır ve dünya çapında büyük bir problem teşkil etmektedir. Ancak bu zararlı alg üremelerinin önlenebileceği fikri hala uygulanabilir bir durum değildir. Bununla birlikte son 40 yılda yürütülen çalışmalarla etkilerinin azaltılması için bazı stratejilerin geliştirilmesine olanak sağlanmıştır. Dünyanın farklı bölgelerinde uygulanan izleme programları ile insanlarda ölüme neden olan zehirlenmelerde ciddi bir azalma söz konusudur (Davidson ve Bresnan, 2009). Avrupa Birliği ve üye devletlerinin şu an uyguladığı izleme programı hem deniz çift kabuklularındaki biyotoksin konsantrasyonu hem de kıyısal sularda biyotoksin üreten fitoplankton türlerinin tespit edilmesi şeklinde

gerçekleşmektedir. Uygulanan izleme programlarında bazı farklılıklar olmakla birlikte, genel olarak bu programlar sayesinde insan sağlığının korunması başarıya ulaşmakta ve insanların kıyı suyu kullanımı ile kıyısal baskının değişmesi gelecekte olumlu gelişmelerin gerçekleşmesini mümkün kılmaktadır.

Potansiyel olarak kontamine olmuş deniz ürünlerindeki toksinlerin varlığını saptamak ve bu ürünlerin hasat edilmesini önlemek amacı ile biyolojik denemeler (fare denemeleri) hızlı bir yöntem olarak kullanılmıştır. Ancak teknik ve etik kanunlarla ilişkilendirilen biyolojik denemelerin yerini canlı hayvan kullanılmayan hücre doku kültürleri almıştır (Van Dolah vd., 2012). Güncel araştırmalar, birden fazla bileşik grubunun saptanması için biyosensör sistemleri ile çoklu toksin yöntemlerinin geliştirilmesine odaklanmaktadır (Campbell vd., 2014). Tespit edilmesi gereken çok sayıda bileşiğin olması ve bu bileşiklerin saptanması için yeni yöntemlerin geçerliliğinin olmamasından dolayı, günümüzde birçok izleme kuruluşunun ya biyolojik denemelere ya da karmaşık ve pahalı olan LC-MS/MS metotlarına güvenmeye devam etmesi gerekmektedir.

MacKenzie vd., (2004) tarafından reçine yardımı ile biyotoksinlerin pasif olarak yakalanmasına dayanan kullanışlı bir örnekleme tekniği geliştirilmiştir. Bu yöntem küçük boyutlarından (*Azadinium* spp.) ya da bentik habitatta (*Prorocentrum lima*) bulunmasından dolayı izlenmesi zor olan toksik organizmaların biyotoksin izlemelerinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Fux vd., 2009; Zendong vd., 2014). Bu metot şu an tam olarak kabul görmemekle birlikte, özellikle yağ bazlı

toksinlerin (DSP ve NSP) saptanmasında verimli olurken, su bazlı toksinlerin (PSP ve ASP) saptanması için geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Zararlı türler ve bunların biyotoksinlerinin sahada rutin olarak izlenmesine yönelik otomatik, güvenilir ve uygun fiyatlı sistemler hala eksiktir.

Teknolojideki yeni gelişmeler ve koordineli uluslararası araştırma çabaları, zararlı alg üreme yönetimini geliştirmeye yardımcı olmaktadır. Bununla beraber şu anki en iyi izleme programı mikroskobik izleme programlarıdır. Işık mikroskobu zararlı alg türlerinin saptanması için kullanılan en yaygın izleme aracıdır. Ancak kullanımı zaman alıcı ve özel eğitim ile uzmanlık gerektirmektedir. Ayrıca bu izleme programı teknik, lojistik ve maliyete bağlı olmaksızın örnekleme, taksonomik ve biyotoksin analizleri ile ilgili teknolojik ilerlemelerle de ilişkilidir. Bazı izleme programlarında uygulanan biyomoleküler yöntemler tam olarak uygulanamadığından, zararlı alg türlerinin saptanması ve sayımı için mikroskop eğitimlerinin sürdürülmesi ve desteklenmesi gerekmektedir. Kıyısal sularda zararlı mikroalg türlerinin saptanması, kabuklularda muhtemel biyotoksinin varlığı için erken bir uyarı sistemi olmakla birlikte, hala birçok belirsizlik söz konusudur. Örneğin ortamda toksik algin olması kabuklu deniz canlılarında her zaman biyotoksinin varlığı ile ilişkilendirilemez ya da denizel ortamda morfolojik olarak birbirinin aynısı olan bir tür aynı anda hem toksik, hem de toksik olmayabilir (Touzet vd., 2007; örneğin *Alexandrium* spp.). Bunun yanında toksik olarak bilinen bazı türlerin bentikte yaşaması ya da çok küçük olmasından dolayı doğru bir

şekilde saptanamayabilir (Tillmann vd., 2009; Kilcoyne vd., 2012; örneğin *Azadinium* spp.). Ayrıca bazı türler birçok farklı toksik tür ile aynı anda aşırı üreme gösterebildiğinden, bu türlerin toksisitesi tam olarak tanımlanamamaktadır (*Gambierdiscus* spp.). Bunlar gibi birçok belirsizlik, toksik türün ve toksin seviyesinin belirlenmesinde engel teşkil etmektedir. Son zamanlarda biyotoksin üreten organizmaları tespit etmek için bazı umut verici teknikler geliştirilmekle beraber, mikroskobik yöntemler hala asıl araştırma araçları olarak görülmektedir.

İnsanlarda ciddi rahatsızlıklara neden olabilen deniz canlılarındaki biyotoksinler ve tüketilmesinden kaynaklanan sağlık etkilerinin izlenmesi, deniz ürünlerinin kontrolünde önemli görevlerdir. Bu izleme programları genellikle hasat döneminde haftalık olarak yürütülmektedir. Ancak toksik alglerin ortamda bulunmasına bağlı olarak örnekleme sıklığı arttırılabilir ya da çok düşük zehirlenme izlenimi uyandıran durumlarda azaltılabilir. İnsan sağlığının korunması için yapılan diğer etkili bir yol, kontamine olmuş deniz ürününün marketlere ulaşmasının engellenmesidir. Günümüzde, deniz ürünlerinde saptanan zararlı algleri engellemek için izlenen stratejiler kadar insanların maruz kalacağı riskler hakkında bilgilendirilmeleri de gerekmektedir. Çünkü aşırı üreme olayları denizel ortamda fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler arasındaki karmaşık ilişkilerin sonucudur (Berdalet vd., 2015).

Biyotoksinler insan sağlığı üzerine yapmış olduğu olumsuz etkilere ek olarak, kıyusal ortamların ticari ve rekreasyonel kullanımı, balıkçılık, kabuklu kültürü ve yetiştiriciliği, ekonomik kayıplar ve turizm gibi alanlarda da toplumun refahını etkileyebilir. Bazı zararlı alg üremeleri özellikle gelişmekte olan kıyusal ülkelerin protein ihtiyacını karşılamakta büyük bir kaynak haline gelen su ürünleri yetiştiriciliği için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Şu anda çift kabuklu yetiştiriciliğinde insanları toksinlerden ve zehirlenmelerden korumanın en etkili yolu, zararlı algleri veya biyotoksinleri izlemek ve gerekli durumlarda bu alanların kapatılmasını sağlamaktır. Zararlı alg üremeleri ile ilgili ekonomik kayıpların tahmin edilmesi oldukça güçtür. Çünkü bu kayıplar zararlı alglerin üreme sıklığı ve yoğunluğuna, coğrafik bölgeye, yetiştiricilik faaliyetlerinin aksama ve kapanma süresine ve sağlık hizmetlerinin maliyetlerine göre önemli derecede değişmektedir.

Zararlı alg üremeleri dünya çapında denizel ekosistemlerde gözlenen mevsimsel döngünün bir parçasıdır. Okyanusların yapısı ve dinamiği üzerinde etkili olan bu temel bileşenler sayesinde insanlar gıda ve ticaret gibi çeşitli faydalar elde ederler. Ancak bazı mikroalg aşırı üremeleri insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere sahip olduğu için bu oluşumlar diğer deniz ve kıyı ekosistem servislerini de etkilemektedir.

Sonuç olarak zararlı alg üremeleri doğal olaylar oldukları için bu oluşumları engellemek mümkün değildir. Dünyamızın farklı yerlerinde belirli ve yerel sorunları gidermek için ortak stratejiler uygulanmaktadır. Bizim şu an müdahale edebileceğimiz tek şey kıyusal

ekosistemlerdeki insan baskını azaltmak ve bu oluşumlar gerçekleştiğinde insan sağlığı, refahı ve diğer organizmaların görebileceği zararı en aza indirgeyen stratejiler geliştirmek olacaktır.

KAYNAKÇA

- Acara, A., Nalbantoğlu, U. (1972). Preliminary report on the red-tide outbreak in the Gulf of Izmir. Rapp P-V Reun Commn int Explor Scient Mer Médit 15(3): 33-38 (in Turkish).
- Aligizaki, K., Katikou, P., Milandri, A., Diogène, J. (2011). Occurrence of palytoxin-group toxins in seafood and future strategies to complement the present state of the art. Toxicon 57: 390–399.
- Backer, L.C., Fleming, L.E., Rowan, A., Cheng, Y.S., Benson, J., Pierce, R.H., Zaias, J., Bean, J., Bossart, G.D., Johnson, D., Quimbo, R., Baden, D.G. (2003). Recreational exposure to aerosolized brevetoxins during Florida red tide events. Harmful Algae 2: 19–28.
- Backer, L.C., Kirkpatrick, B., Fleming, L.E., Cheng, Y.S., Pierce, R., Bean, J.A., Clark, R., Johnson, D., Wanner, A., Tamer, R., Baden, D. (2005). Occupational exposure to aerosolized brevetoxins during Florida red tide events: impacts on a healthy worker population. Environ Health Perspect 113: 644–649.
- Bargu, S., Koray, T., Lundholm, N. (2004). First report of *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup & Hasle 2003, a new potentially toxic species from Turkish Coasts. EgeJFAS 19(3-4): 479-483.
- Baytut, Ö., Gürkanlı, C.T., Deniz, E., Özkoç, İ., Gönülol, A. (2016). First molecular records of potentially harmful planktonic dinoflagellates from the southern Black Sea. Turk J Bot 40: 546-556.
- Bean, J.A., Fleming, L.E., Kirkpatrick, B., Backer, L.C., Nierenberg, K., Reich, A., Cheng, Y.S., Wanner, A., Benson, J., Naar, J., Pierce, R., Abraham, W.M., Kirkpatrick, G., Hollenbeck, J., Zaias, J., Mendes, E., Baden, D.G. (2011). Florida red tide toxins (brevetoxins) and longitudinal respiratory effects in asthmatics. Harmful Algae 10: 744–748.
- Berdalet, E., Fleming, L., Gowen, R., Davidson, K., Hess, P., Backer, L.C., Moore, S.K., Hoagland, P., Enevoldsen, H. (2015). Marine harmful algal blooms, human health and wellbeing: challenges and opportunities in the 21st century. J Mar Biol Assoc UK 96: 61–91.

- Beşiktepe, Ş., Ryabushko, L., Ediger, D., Yılmaz, D., Zenginer, A., Ryabushko, V., Lee, R. (2008). Domoic acid production by *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm Moestrup et Hasle (Bacillariophyta) isolated from the Black Sea. *Harmful Algae* 7: 438–442.
- Biré, R., Trotereau, S., Lemée, R., Delpont, C., Chabot, B., Aumond, Y., Krys, S. (2013). Occurrence of palytoxins in marine organisms from different trophic levels of the French Mediterranean coast harvested in 2009. *Harmful Algae* 28: 10–22.
- Brescianini, C., Grillo, C., Melchiorre, N., Bertolotto, R., Ferrari, A., Vivaldi, B., Icardi, G., Gramaccioni, L., Funari, E., Scardala, S. (2006). *Ostreopsis ovata* algal blooms affecting human health in Genova, Italy, 2005 and 2006. *Euro Surveill* 11(9): E060907.
- Brissard, C., Herrenknecht, C., Séchet, V., Hervé, F., Pisapia, F., Harcouet, J., Lémée, R., Chomérat, N., Hess, P., Amzil, Z. (2014). Complex toxin profile of French Mediterranean *Ostreopsis* cf. *ovata* strains, sea food accumulation and ovatoxins pre-purification. *Mar Drugs* 12: 2851–2876.
- Campbell, K., McNamee, S.E., Huet, A.C., Delahaut, P., Vilarino, N., Botana, L.M., Poli, M., Elliott, C.T. (2014). Evolving to the optoelectronic mouse for phycotoxin analysis in shellfish. *Anal Bioanal Chem* 406: 6867–6881.
- Ciminiello, P., Dell’Aversano, C., Forino, M. (2015). Chemistry of palytoxin and its analogues. In: *Phycotoxins: chemistry and biochemistry*, (eds., Botana, L., Alfonso, A. Hoboken, NY), Wiley-Blackwell, pp: 85-111.
- Ciminiello, P., Fattorusso, E. (2008). Chemistry, metabolism, and chemical analysis. In: *Seafood and Freshwater Toxins: Pharmacology, Physiology, and Detection*, 2nd edition, (eds., Botana, L.M.) CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp: 287-314
- Davidson, K., Bresnan, E. (2009). Shellfish toxicity in UK waters: a threat to human health? *Environ Health* 8(1): 1-12.
- Deeds, J.R., Schwartz, M.D. (2010). Human risk associated with paly-toxin exposure. *Toxicon* 56: 150–162.

- Falconer, I. (1998). Algal toxins and human health. In: The handbook of environmental chemistry, (eds., Hrub, J.) Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp: 53-82.
- FAO/IOC/WHO (2004). Report of the Joint FAO/IOC/WHO ad hoc Expert Consultation on Biotoxins in Bivalve Molluscs. September 26-30, Norway, 31pp.
- Ferreiro, S.F., Carrera, C., Vilariño, N., Louzao, M.C., Santamarina, G., Cantalapiedra, A.G., Botana, L.M. (2015). Acute cardiotoxicity evaluation of the marine biotoxins OA, DTX-1 and YTX. *Toxins* 7: 1030–1047.
- Fleming, L.E., Kirkpatrick, B., Backer, L.C., Bean, J.A., Wanner, A., Dalpra, D., Tamer, R., Zaias, J., Cheng, Y.S., Pierces, R., Naar, J., Abraham, W., Clark, R., Zhou, Y., Henry, M.S., Johnson, D., Van de Bogart, G., Bossart, G.D., Harrington, M., Baden, D.G. (2005). Initial evaluation of the effects of aerosolized Florida red tide toxins (brevetoxins) in persons with asthma. *Environ Health Perspect* 113(5): 650–657.
- Fleming, L.E., Kirkpatrick, B., Backer, L.C., Bean, J.A., Wanner, A., Reich, A., Zaias, J., Cheng, Y.S., Pierce, R., Naar, J., Abraham, W.M., Baden, D.G. (2006). Aerosolized red tide toxins (Brevetoxins) and asthma. *Chest* 131: 187–194.
- Fleming, L.E., Kirkpatrick, B., Backer, L.C., Walsh, C.J., Nierenberg, K., Clark, J., Reich, A., Hollenbeck, J., Benson, J., Cheng, Y.S., Naar, J., Pierce, R., Bourdelais, A.J., Abraham, W.M., Kirkpatrick, G., Zaias, J., Wanner, A., Mendes, E., Shalat, S., Hoagland, P., Stephan, W., Bean, J., Watkins, S., Clarke, T., Byrne, M., Baden, D.G. (2011). Review of Florida red tide and human health effects. *Harmful Algae* 20: 224–233.
- Fux, E., Biree, R., Hess, P. (2009). Comparative accumulation and composition of lipophilic marine biotoxins in passive samplers and in mussels (*M. edulis*) on the West Coast of Ireland. *Harmful Algae* 8: 523–537.
- Gallitelli, M., Ungaro, N., Addante, L.M., Silver, N.G., Sabbà, C. (2005). Respiratory illness as a reaction to tropical algal blooms occurring in a temperate climate. *JAMA* 293: 2599–2600.

- Gvozdenović, S., Mandić, M., Drakulović, D., Joksimović, A. (2015). The shellfish biotoxins. *Agricul Forest* 61(3): 135-142.
- Harju, K., Koskela, H., Kremp, A., Suikkane, S., de la Iglesia, P., Miles, C.O., Krock, B., Vanninen, P. (2016). Identification of gymnodimine D and presence of gymnodimine variants in the dinoflagellate *Alexandrium ostenfeldii* from the Baltic Sea. *Toxicon* 112: 68–76.
- Hess, P., Abadie, E., Herve, F., Berteaux, T., Sechet, V., Araoz, R., Molgo, J., Zakarian, A., Sibat, M., Rundberget, T., Miles, C.O., Amzil, Z. (2013). Pinnatoxin G is responsible for atypical toxicity in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) and clams (*Venerupis decussata*) from Ingril, a French Mediterranean lagoon. *Toxicon* 75: 16–26.
- Illoul, H., Rodríguez, F., Vila, M., Adjas, N., Aït Younes, A., Bournissa, M., Koroghli, A., Marouf, N., Rabia, S., Ameer, F.L.K. (2012). The genus *Ostreopsis* along the Algerian coastal waters (SW Mediterranean Sea) associated with a human respiratory intoxication episode. *Cryptogamie Algol* 33: 209–216.
- James, K.J., Moroney, C., Roden, C., Satake, M., Yasumoto, T., Lehane, M., Furey, A. (2003). Ubiquitous ‘benign’ alga emerges as the cause of shellfish contamination responsible for the human syndrome, azaspiracid poisoning. *Toxicon* 43: 143-151.
- James, K.J., Fernandez, G., Furey, A., O’driscoll, A. (2008). Azaspiracids: chemistry, bioconversion, and determination. In: (ed.), *Seafood and Freshwater Toxins: Pharmacology, Physiology, and Detection*, 2nd edition, (eds., Botana, L.M.), CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp: 763-773.
- Kilcoyne, J., Keogh, A., Clancy, G., LeBlanc, P., Burton, I.W., Quilliam, M.A., Hess, P., Miles, C.O. (2012). Improved isolation procedure for Azaspiracids from shellfish, structural elucidation of azaspiracid-6, and stability studies. *J Agr Food Chem* 60: 2447–2455.
- Kopuz, Ü., Feyzioğlu, A.M., Valente, A. (2014). An Unusual Red-Tide Event of *Noctiluca scintillans* (Macartney) in the Southeastern Black Sea. *Turk J Fish Aquat Sci* 14: 261-268.

- Koray, T. (1990). Planktonik protista associated with "color-tides" in Izmir Bay (Aegean Sea). *Rapp Commn Int Mer Médit* 32(1): 212.
- Koray, T. (1992). Noxious blooms in the Bay of Izmir, Aegean Sea. UNESCO, IOC Newsletter on Toxic Algae and Algal Blooms Suppl 63(2): 1-2.
- Koray, T., Çolak Sabancı, F. (2001). Toxic planktonic micro-algae of Turkish Seas. *EgeJFAS* 18(1): 293-298 (in Turkish).
- Koray, T., Çolak Sabancı, F. (2004). Kuzeydoğu Ege ve Batı-Karadeniz'de toksik mikro-algelerin zaman ve lokaliteye bağlı değişimleri. *Türk Sucul Yaşam Dergisi* 2(3): 339-345 (in Turkish).
- Landsberg, J., (2002). The effects of harmful algal blooms on aquatic organisms. *Rev Fish Sci* 10: 113–390.
- Lefebvre, K.A., Robertson, A. (2010). Domoic acid and human exposure risks: a review. *Toxicon* 56: 218–230.
- MacKenzie, L., Beuzenberg, V., Holland, P., McNabb, P., Selwood, A. (2004). Solid phase adsorption toxin tracking (SPATT): a new monitoring tool that simulates the biotoxin contamination of filter feeding bivalves. *Toxicon* 44: 901–918.
- Mangialajo, L., Ganzin, N., Accoroni, S., Asnaghi, V., Blanford, A., Cabrini, M., Cattaneo-Vietti, R., Chavanon, F., Chiantore, M., Cohu, S., Costa, E., Fornasaro, D., Gossel, H., Marco-Miralles, F., Masó, M., Reñé, A., Rossi, A.M., Sala, M.M., Thibaut, T., Totti, C., Vila, M., Lemée, R. (2011). Trends in *Ostreopsis* proliferation along the Northern Mediterranean coasts. *Toxicon* 57: 408–420.
- McCarron, P., Rourke, W.A., Hardstaff, W., Pooley, B., Quilliam, M.A. (2012). Identification of pinnatoxins and discovery of their fatty acid ester metabolites in mussels (*Mytilus edulis*) from Eastern Canada. *J Agr Food Chem* 60: 1437–1446.
- McCarthy, M., Bane, V., García-Altare, M., van Pelt, F.N.A.M., Furey, A., O'Halloran, J. (2015). Assessment of emerging biotoxins (pinnatoxin G and spirolides) at Europe's first marine reserve: Lough Hyne. *Toxicon* 108: 202–209.

- Milian, A., Nierenberg, K., Fleming, L., Bean, J.A., Wanner, A., Reich, A., Backer, L.C., Jayroe, D., Kirkpatrick, B. (2007). Reported asthma symptom intensity during exposure to aerosolized Florida red tide toxins. *J Asthma* 44: 583–587.
- Molgó, J., Aráez, R., Benoit, E., Iorga, B.I. (2014). Cyclic imine toxins. In: *Seafood and freshwater toxins*. 3rd edition, (eds., Botana, L.M.), CRC Press, Boca Raton, FL, pp: 951-990.
- Nishiwaki-Matsushima, R., Ohta, T., Nishiwaki, S., Suganuma, M., Kohyama, K., Ishikawa, T., Carmichael, W.W., Fujiki, H. (1992). Liver cancer promotion by the cyanobacterial cyclic peptide toxin microcystin-LR. *J Cancer Res Clin Oncol* 118: 420–424.
- Noguchi, T., Hwang, D.F., Arakawa, O., Daigo, K., Sato, S., Ozaki, H., Kawai, N. (1987). Palytoxin as the causative agent in parrotfish poisoning. In: *Progress in venom and toxin research: Proceedings of the First Asia-Pacific Congress on Animal, Plant and Microbial Toxins Held in Singapore*, (eds., Gopalakrishnakone, P., Tan, C.K.), National University of Singapore, pp: 325-335.
- Numann, W. (1955). Fish mortalities event in Izmir Bay. *Hidrobo Mec Ser A*, 3(2): 90-93.
- Polat, S., Olgunoğlu, M.P., Aka, A.A., Koray, T. (2006). Kuzeydoğu Akdeniz Kıyısız Sularında (İskenderun Körfezi) Dağılım Gösteren Potansiyel Zararlı Fitoplankton Türleri. *EgeJFAS* 23(1-2):169–172 (in Turkish).
- Poletti, R., Milandri, A., Pompei, M. (2003). Algal biotoxins of marine origin: new indications from the European Union. *Vet Res Commun* 27: 173–182.
- Quilliam, M.A., Xie, M., Hardstaff, W.R. (1995). Rapid extraction and cleanup for liquid chromatographic determination of domoic acid in unsalted seafood. *J AOAC Int* 78: 543–554.
- Reiss, C.R., Robert, C., Owen, C., Taylor, J.S. (2006). Control of MIB, geosmin and TON by membrane systems. *J Water Supply Res T* 55: 95–108.
- Rhodes, L., Smith, K., Selwood, A.I., McNabb, P., van Ginkel, R., Holland, P.T., Munday, R. (2010). Production of pinnatoxins by a peridinioid dinoflagellate isolated from Northland, New Zealand. *Harmful Algae* 9: 384–389.

- Rhodes, L., Smith, K., Selwood, A., McNabb, P., Munday, R., Suda, S., Molenaar, S., Hallegraeff, G. (2011). Dinoflagellate *Vulcanodinium rugosum* identified as the causative organism of pinna-toxins in Australia, New Zealand and Japan. *Phycologia* 50: 624–628.
- Richter, I., Fidler, A.W. (2015). Detection of marine microalgal biotoxins using bioassays based on functional expression of tunicate xenobiotic receptors in yeast. *Toxicon* 95: 13–22.
- Rundberget, T., Aasen, J.A.B., Selwood, A.I., Miles, C.O. (2011). Pinnatoxins and spirolides in Norwegian blue mussels and seawater. *Toxicon* 58: 700–711.
- Seki, T., Satake, M., MacKenzie, A.L., Kaspar, H.F., Yasumoto, T. (1995). Gymnodimine, a new marine toxin of unprecedented structure isolated from New Zealand oysters and the dinoflagellate, *Gymnodinium* sp. *Tetrahedron Lett* 36: 7093–7096.
- Seubert, E.L., Trussell, S., Eagleton, J., Schnetzer, A., Cetinic, I., Lauri, P., Jones, B.H., Caron, D.A. (2012). Algal toxins and reverse osmosis desalination operations: laboratory bench testing and field monitoring of domoic acid, saxitoxin, brevetoxin and okadaic acid. *Water Res* 46: 6563–6573.
- Stewart, I., Seawright, A.A., Shaw, G.R. (2008). Cyanobacterial poisoning in livestock, wild mammals and birds an overview. *Adv Exp Med Biol* 6: 613–637.
- Taniyama, S., Arakawa, O., Terada, M., Nishio, S., Takatani, T., Mahmud, Y., Noguci, T. (2003). *Ostreopsis* sp., a possible origin of palytoxin (PTX) in parrotfish *Scaris ovifrons*. *Toxicon* 42: 37–33.
- Taş, S., Yılmaz, I.N. (2015). Potentially harmful microalgae and algal blooms in a eutrophic estuary in the Sea of Marmara (Turkey). *Medit Mar Sci* 16(2): 432–443.
- Taş, S., Lundholm, N. (2017). Temporal and spatial variability of the potentially toxic *Pseudo-nitzschia* spp. in a eutrophic estuary (Sea of Marmara). *J Mar Biol Assoc UK* 97(7): 1483–1494.
- Tichadou, L., Glaizal, M., Armengaud, A., Grossel, H., Lemeec, R., Kantin, R. (2010). Health impact of unicellular algae of the *Ostreopsis* genus blooms in

- the Mediterranean Sea: experience of the French Mediterranean coast surveillance network from 2006 to 2009. *Clin Toxicol* 48: 839–844.
- Tillmann, U., Elbrächter, M., Krock, B., John, U., Cembella, A.D. (2009). *Azadinium spinosum* gen. et sp. nov. (Dinophyceae) identified as a primary producer of azaspiracid toxins. *Eur J Phycol* 44: 63–79.
- Touzet, N., Franco, J.M., Raine, R. (2007). Characterization of nontoxic and toxin-producing strains of *Alexandrium minutum* (Dinophyceae) in Irish coastal waters. *Appl Environ Microbiol* 73: 3333–3342.
- Tubaro, A., Sosa, S., Bornancin, A., Hungerford, J. (2008). Pharmacology and toxicology of diarrhetic shellfish toxins. In: *Seafood and Freshwater Toxins: Pharmacology, Physiology, and Detection*. 2nd edition, (eds., Botana, L.M.), CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp: 229-253.
- Turner, A.D., Goya, A.B. (2015). Occurrence and profiles of lipophilic toxins in shellfish harvested from Argentina. *Toxicon* 102: 32–42.
- Türkoğlu, M., Koray, T. (2004). Algal blooms in surface waters of the Sinop Bay in the Black Sea, Turkey. *Pak J Biol Sci* 7(9): 1577-1585.
- Türkoğlu, M. (2013). Red tides of the dinoflagellate *Noctiluca scintillans* associated with eutrophication in the Sea of Marmara (The Dardanelles, Turkey). *Oceanologia* 55(3): 709-732.
- Türkoğlu, M. (2016). First harmful algal bloom record of tytoplanktonic dinoflagellate *Prorocentrum lima* (Ehrenberg) F. Stein, 1878 in the Dardanelles (Turkish Straits System, Turkey). *J Coast Life Med* 4(10): 765-774.
- Uemura, D., Chou, T., Haino, T., Nagatsu, A., Fukuzawa, S., Zheng, S., Chen, H. (1995). Pinnatoxin A: a toxic amphoteric macrocycle from the Okinawan bivalve *Pinna muricata*. *J Am Chem Soc* 117: 1155–1156.
- Van Dolah, F.M., Fire, S.E., Leighfield, T.A., Mikulski, T.A., Doucette, G.L. (2012). Determination of paralytic shellfish toxins in shellfish by receptor binding assay: a collaborative study. *J AOAC Int* 95: 795–812.
- Vila, M., Arin, L., Battocchi, C., Bravo, I., Fraga, S., Penna, A., Reñé, A., Riobó, P., Rodríguez, F., Sala, M.M., Camp, J., de Torres, M., Franco, J.M. (2012).

- Management of *Ostreopsis* blooms in recreational waters along the Catalan coast (NW Mediterranean Sea): cooperation between a research project and a monitoring program. *Cryptogamie Algol* 33: 143–152.
- Visciano, P., Schirone, M., Berti, M., Milandri, A., Tofalo, R., Suzzi, G. (2016). Marine Biotoxins: Occurrence, Toxicity, Regulatory Limits and Reference Methods. *Front Microbiol* 7:1051.
- Watkins, S.M., Fleming, L.E., Hammond, R., Reich, A. (2008) Neurotoxic shellfish poisoning. *Mar Drugs* 6: 431-455.
- Wiese, M.P., D'Agostino, M., Mihali, T.K., Moffitt, M.C., Neilan, B.A. (2010). Neurotoxic alkaloids: Saxitoxin and its analogs. *Mar Drugs* 8: 2185-2211.
- Yakes, B.J., Campbell, K., Elliot, C.T., Degrasse, S.L., Haughey, S.A., Prezioso, S. (2010). An improved immunoassay for detection of saxitoxin by surface plasmon resonance biosensors. *Sens Actuators B Chem* 156: 805-806.
- Zendong, Z., Herrenknecht, C., Abadie, E., Brissard, C., Tixier, C., Mondeguer, F., Sechet, V., Amzil, Z., Hess, P. (2014). Extended evaluation of polymeric and lipophilic sorbents for passive sampling of marine toxins. *Toxicon* 91: 57–68.

BÖLÜM 9

ÇİFT KABUKLU YETİŞTİRİCİLİĞİNDE PREDATÖRLERİN ETKİLERİ

Doç. Dr. Mehmet GÜLER¹

¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği
Bölümü, Aydın, Türkiye. ORCID: 0000-0001-8257-1138
e-posta: mehmetguler@adu.edu.tr

GİRİŞ

Çift kabuklu yetiştiriciliğinde, yetiştiriciliği yapılan canlı ile yetiştiricilik alanında bulunan diğer canlılar arasında bir etkileşim söz konusudur. Bu etkileşim, yetiştiricilik sahasında hangi türden canlıların mevcut olduğuna bağlı olarak, parazitlik, predasyon, rekabet gibi farklı şekillerde meydana gelir ve yetiştiricilik girişiminin başarısını doğrudan etkiler. Bu bölümün de konusunu oluşturan predasyon etkileşimlerini bir örnek ile açıklamak gerekirse, denizde yapılan balık yetiştiriciliğinde ağ kafes sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerin kullanılmasının temel sebebi balıkların kaçmasını engellemektir. Çift kabuklular ise hareketsiz veya sınırlı hareket kabiliyetine sahip canlılar oldukları için, yetiştiricilik sistemlerinden kaçmalarını engelleyecek bariyerlere genellikle ihtiyaç duyulmaz. Dolayısıyla, ağ kafes sistemlerinin kurulum ve bakım maliyetleri göz önüne alındığında, bu durum çift kabuklu yetiştiriciliğinde yatırım maliyetleri açısından avantajlıdır. Ancak yetiştiricilik sahasında herhangi bir bariyerin olmaması durumu, ortamda bulunan predatör organizmaların, yetiştiriciliği yapılan çift kabukluları tüketmeye başlamasına yol açabilir. Önlem alınmazsa yetiştiricilik girişiminde çeşitli miktarlarda kayıplar görülür. Bu bölümde, predasyon, yetiştiriciliği yapılan çift kabuklu türleri ve bunların doğal düşmanları üzerinden, yetiştiricilik konuları ve ekoloji ile ilişkilendirilerek değerlendirilmeye çalışılacaktır. Konu hakkında yapılmış önceki çalışmalar, mümkün olduğunca ülkemiz şartları ve ülkemiz denizlerinde bulunan örnek türler ile birlikte ele alınacaktır.

1. PREDASYON KAVRAMI

Predasyon en basit tanımı ile bir canlının beslenme ihtiyacını karşılamak için diğer canlıyı öldürerek yemesi olayıdır (Lincoln, Boxshall ve Clark, 1985; Barrows, 2001; Castro ve Huber, 2003). Burada yiyen predatör (avcı), yenilen ise av olarak isimlendirilir. “Predasyon”, Türk Dil Kurumu Su Ürünleri Terimleri Sözlüğünde “Bir canlının diğer bir canlı üzerinden onu parçalayarak beslenmesi” olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2021a). “Predatör” ise, kelime anlamı olarak Türk Dil Kurumu Biyoloji Terimleri Sözlüğünde “Besin olarak diğer canlıları yakalayıp öldüren herhangi bir canlı” olarak verilmiştir (TDK, 2021b).

“Predasyon”, üzerine çok çalışma yapılmış geniş ve iyi ele alınmış bir kavram olmasına rağmen, farklı kaynaklarda farklı şekillerde tanımlanabilmektedir. Bunun yanı sıra diğer canlı etkileşimi çeşitleri ile aralarındaki sınırlar bazı durumlarda net değildir. Konuyu, bu tür belirsizlikleri ortaya koymak ve predasyon kavramını daha iyi tanımlayabilmek için biraz daha geniş ele almak gerekli olabilir. “Canlının, beslenme ihtiyacını karşılamak için diğer canlıyı öldürerek yemesi” şeklinde tarif edilebilecek predasyon olayında, yiyen canlı yani avcı (predatör) yenilen canlıdan büyük veya küçük olabilir. Örnek olarak kendisinden küçük uskumrularla beslenen katil balinalar (Nøttestad vd., 2014), kendisinden daha büyük çift kabukluları tüketebilen madya isimli deniz salyangozu (Güler ve Lök, 2016), Botswana çayırlarında farklı boylarda yetişkin veya daha küçük genç zebra ve antiloplarla beslenen aslanlar ve çitalar (Wilson vd., 2018)

verilebilir. Yine aynı tanımdaki avcı ve av birden fazla sayıda olabilir. Örneğin madya, doğal avı olan midyeye 4 er 5 erli veya daha fazla bireyden oluşan gruplar halinde saldırabilir (Güler ve Lök, 2019). Tersine bir örnekte avını bütün olarak yiyen bir denizyıldızı aynı anda birden fazla çift kabukluyu tüketebilir (Christensen, 1970; Jangoux, 1982). Predatörler farklı yaşam ortamlarındaki canlılara saldırabilirler, örneğin bir kartal alabalık yakalayıp yiyebilir (Brown, 1992). Predatör organizmalar genellikle etçil hayvanlar olarak düşünülse de, predasyon olayındaki tarafların hayvan olma şartı yoktur (Castro ve Huber, 2003; Stevens 2010). Örneğin mikroskobik organizmalarda hatta tek hücrelilerde de predasyon görülebilir. Bazı bakteriler, predatör olarak tanımlanabilir; bakteri yiyen *Paramecium* sp. ile beslenen *Didinium* sp. de predatör olarak tanımlanabilen mikroorganizmalardandır (Veilleux, 1979; Jurkevitch ve Davidov, 2007).

Parazitik türler predatör değildir. Canlılar arası parazitik bir ilişkide ölüm gerçekleşmez (en azından kısa sürede); çoğu zaman her iki taraf konak canlının hayatta kalması durumundan kazançlı çıkar (Bengston, 2002; Lafferty ve Kuris, 2002; Guégan, Morand ve Poulin, 2007; Poulin ve Randhawa, 2013). Leş yiyicilik de predasyon değildir, bunun sebebi tüketilen canlının hali hazırda ölü olmasıdır (Kane, Healy, Guillerme, Ruxton ve Jackson, 2017). Yaprak kemiren bir tırtıl predatör değildir; bunun sebebi yaprağın bitki olması değil, bu tüketim eylemi sırasında veya sonunda ağacın ölmemesidir; birçok otlayan hayvan da predatör olarak ele alınmaz ve bilim insanları tarafından otlama ayrı bir davranış türü olarak sınıflandırılır (Bengston, 2002; Stevens, 2010). Fakat

predasyon ile canlılar arası diğer etkileşimlerin ayrımının net olmadığı çeşitli durumlar da vardır. Terminoloji ile ilgili karmaşanın önüne geçmek için, yaşayan organizmalarda aynı anda birden fazla yaşam modu veya diğer canlılarla aynı anda birden fazla etkileşim türü görülebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bir canlı, predatör olmasının yanı sıra leş yiyici, bir başkası otlayıcı ve detritus yiyici olabilir veya bir parazit aynı zamanda av özellikleri taşıyarak yaşamını sürdürebilir (Bengston, 2002).

2. PREDASYON MEKANİZMASI

Canlıların beslenme davranışlarının açıklanmasında faydalanılan kavramların önde gelenlerinden biri optimal yiyecek arama teorisidir (Optimal Foraging Theory, OFT). Canlılar arası diğer bazı etkileşimlerin yanı sıra, predasyon ve buna bağlı konularının açıklanmasında da başvurulan bir teoridir. Bu teori ve peşi sıra üretilen uyarlamalarına göre, bir hayvan beslenme faaliyeti öncesinde, bulması ve/veya yakalaması kolay fakat enerji getirisi düşük yiyecek ile, bulması ve/veya yakalaması zor fakat enerji getirisi yüksek yiyecek arasında bir denge arar (MacArthur ve Pianka, 1966; Charnov, 1976; Hughes, 1980; Pyke, 1984; Sinervo, 1997). Buna ek olarak, doğada her iki stratejinin de avantajlarını ve dezavantajlarını arttıran ve azaltan faktörler vardır. Çift kabuklular ve predatörleri üzerinden örnek vermek gerekirse, bir kıyı yengeci, enerji getirisi yüksek, büyük bir midyenin kabuklarını kırabilecek ve etini yiyebilecek olsa bile daha düşük enerji getirili küçük midyeleri tüketmeye yönelebilir. Bunun sebebi olarak da, kısıkaçlarına zarar gelme ihtimali ve hasarlı kısıkaçların eş seçiminde

başarısızlığa yol açabilecek olması öngörülebilir (Smallegange ve Van Der Meer, 2003). Benzer bir şekilde predatör bir deniz salyangozu enerji getirisi yüksek olan büyük ama kalın kabuklu bir çift kabukluyu tüketebilecek olmasına rağmen, diğer daha düşük enerjili yiyeceklere yönelebilir. Bu örnekteki kaçınma davranışının sebebi, büyük avın kalın kabuğunu delme işleminin uzun sürmesi ve bu esnada salyangozun dalga hareketleri gibi çevresel faktörlere veya diğer canlıların predatör davranışlarına maruz kalabilecek olması olarak düşünülebilir (Menge, 1974; Vermeij, Dudley ve Zipser, 1989; Güler ve Lök, 2016).

Optimal yiyecek arama teorisi, doğal seleksiyonun, enerji ihtiyaçlarını verimli şekilde karşılayan ve en yüksek enerji girdisini sağlayan canlıları destekleyeceğini öngörür. Bu canlılar daha güçlü olacak, daha çok döl bırakarak daha bol miktarda üreyecek ve nesilden nesle popülasyonun avcılık becerileri daha fazla gelişecektir (MacArthur ve Pianka, 1966; Pyke, 1984; Sinervo, 1997; Castro ve Huber, 2003). Bunun yanı sıra “av” olan canlıların da etkili savunma mekanizmaları vardır. Bu savunma mekanizmalarının başında çift kabuklular için öncelikle bir çift kabuk olmak üzere, kum midyelerinin kendini sedimentin altına gömmesi (Blundon ve Kennedy, 1982; Haddon, Wear ve Packer, 1987), midyelerin birbirlerine sıkıca tutunarak grup oluşturması (Côté ve Jelnikar, 1999; Güler ve Lök, 2018), deniz su seviyesinde dalga etkisindeki yüksek bölgelerde tutunma (Gosling, 2015), deniztaraklarında görülen kapaklarını açıp kapatılarak yapılan kaçma hareketi (Magnesen ve Redmond, 2012), şekilli-tırtıklı ve kalın

kabuk oluşturma ve birçok ailede görülen güçlü addüktör kası (Hancock, 1965; Kautsky, Johannesson ve Tedengren, 1990; Reimer, Olsson ve Tedengren, 1995; Saier, 2001) örnek olarak verilebilir.

Predasyon ile ilişkili konuların incelenmesinde kullanılabilecek kavramlardan biri de predasyon döngüsüdür. Predasyon döngüsü, predasyon olayı sırasında avcı ve avın karşılaşması, avcının avı yakalayabilmesi ve avcının avı tüketebilmesi durumlarını ayrı ayrı inceleyerek, bu durumları ihtimaller üzerinden değerlendirir (Osenberg ve Mittelbach, 1989; Wong ve Barbeau, 2005; Nadeau, Barbeau ve Brêthes, 2009; Güler ve Lök, 2015). Eğer ortamda yeterli av çeşitliliği veya farklı yiyecekler bulma ihtimali mevcutsa avcı, predasyon döngüsünün son iki maddesi ile ilgili olarak optimal yiyecek arama teorisinin öngördüğü kârlılık esaslarına göre hareket edecektir. Eğer ortamda yeterli çeşitlilikte av veya yiyecek yoksa avcı, mevcut avı yine predasyon döngüsünün son iki maddesi ile ilgili olarak ve aynı zamanda açlık durumu ve diğer predatörlerin mevcudiyeti gibi dinamiklere göre hareket edecektir (Hughes, 1980; Hughes ve Dunkin, 1984; Perry, 1987; Vermeij vd., 1989; Güler ve Lök, 2019).

3. PREDATÖRLERİN ÇİFT KABUKLULAR ÜZERİNE ETKİLERİ

Çift kabuklular ve predatörleri arasındaki ilişkilerin, bu kitabın konusu olan çift kabuklu yetiştiriciliği üzerinden değerlendirilmesinin ön adımı olarak, bu ilişkilerin ekolojik rolü ile ilgili başlıca konulara kısaca değinmek gerekmektedir. Birçok sistemde, av ve avcılar, birlikte belirli

bir denge halinde yaşarlar. Eğer avcılar avlarını çok fazla tüketirse avlarının miktarı bir hayli azalır ve sonraki süreçte bu durumdan sadece av değil avcı da yiyecek bulamadığı için etkilenmeye başlar. Bu süreç, genellikle Lotka-Volterra ve benzeri eşitlikler veya modellerle ele alınarak mevcut durum tahmin edilebilir veya ilerisi için öngörülerde bulunulabilir (Gotelli, 1998). Dengeli sistemlerde av olan canlılar üreme ile popülasyondaki kayıplarını tamamlar. Genel olarak bu denge bozulursa sonuçlarından sadece av ve avcı değil, sistemde bulunan diğer türler de etkilenebilirler. Örnek olarak, birkaç tür sülük ayaklı (örn. *Balanus* sp.), birkaç tür makro alg, denizyıldızı ve midyelerden oluşan denge halindeki kayalık bir kıyı sistemini ele alıp, olasılıkları değerlendirelim. Öncelikli olarak midyeler, predasyon baskısı sebebi ile daha çok, denizyıldızlarının zor ulaşacağı gelgit bölgesi ve hatta üst kısmında yer alacaklar, alt kısımlarda daha az bulunacaklardır ve alt kısımlarda türler dengeli bir şekilde dağılacaktır. Eğer bu sistemden denizyıldızları çıkartılacak olunursa bu sefer midyeler daha alt kısımlara yerleşmeye başlayacak, hızlı üreme özellikleri sebebi ile bütün kaya yüzeylerini kaplayıp diğer türlerin yaşaması için boşluk bırakmayacaklar ve en sonunda sistemde sadece midyeler kalacaktır.

Bu senaryo, denizyıldızlarının ortamdan uzaklaştırılması sonucu gerçekleşebilecek olasılıklardan sadece birisidir. Buna benzer bir durum, doğal ortamda (Mukkaw Körfezi, Amerika) deneysel olarak test edilmiş (denizyıldızı: *Pisaster ochraceus*, midye: *Mytilus californianus*) ve yukarıda bahsedildiğine benzer bir şekilde sonuçlanmıştır (Paine, 1966; Castro ve Huber, 2003). Paine (1969),

deneme ortamından çıkarttığı sonuçlara göre denizyıldızlarını “kilit taşı tür” olarak tanımlamıştır. O tarihten günümüze “kilit taşı tür” kavramı ekolojinin klasik, uygulanabilir ve ayrıca tartışılan konularından biri haline gelmiştir (Menge, Berlow, Blanchette, Navarrete ve Yamada, 1994). Genel bir ifade ile “kilit taşı tür” “ekosisteme etkisi, kendi popülasyon büyüklüğüne göre orantısız ölçüde fazla olan türler” için kullanılmaktadır. Kilit taşı türlerin bir sistemde yok olması, o sistemde başta tür çeşitliliğinin azalması olmak üzere çok büyük değişimlere sebep olabilmektedir. Besin zincirinin en üstünde bulunan birçok predatör canlının yanı sıra, besin zincirinde daha alt katmanlardaki canlılar da (buldukları ortamla da ilgili olarak) kilit taşı tür olarak tanımlanabilir. Kilit taşı tür kavramı, özellikle insan eliyle bazı predatörlerin yok edilmesinin beklenenden çok daha büyük ekolojik etkileri olması durumlarını iyi tarif etmektedir (Barua, 2011).

Ekoloji ile ilgili ön plana çıkan diğer bir olgu da, bazı durumlarda predatör organizmaların avlarının popülasyonunu aşırı ölçüde azaltmasıdır. Örnek olarak, predatör deniz salyangozları, avları olan çift kabuklular üzerine belirli bir seviyede (az veya çok) predasyon baskısı kurabilmektedirler (Menge, 1976; Morton, 2004). Fakat sistemde beklenmedik bir değişiklik olduğunda, etkileri bambaşka bir boyut kazanıp avlarını tamamen yok edebilecek seviyelere kadar ulaşabilmektedir. Buna örnek olarak Karadeniz’e 20. yüzyıl ortalarında giriş yapmış, Uzak Doğu denizleri kökenli Muricidae ailesi mensubu bir deniz salyangozu olan *Rapana venosa* verilebilir. *R. venosa* giriş yaptıktan kısa bir süre sonra Karadeniz şartlarına uyum sağlayarak

yerleşmiştir (Drapkin, 1953; Mann ve Harding, 2000). *R. venosa*'nın etkileri sonucu o tarihten günümüze Karadeniz'deki yerel ve yüksek ticari önem arz eden türler midye (*Mytilus galloprovincialis*) ve istiridye (*Ostrea edulis*)'nin bazı bölgelerde popülasyonlarının aşırı azaldığı ve bazı bölgelerde bu türlerin yok olduğu kaydedilmiştir. *R. venosa*'nın etkilerinin bu derece büyük olmasının sebebi olarak bu tür ile rekabet edecek veya beslenecek yaygın bir diğer türün olmaması gösterilebilir (Mann ve Harding, 2000; Degtiareva, 2012; Bondarev, 2014; Kosyan, 2016). Sonuç olarak denge halindeki bir sisteme beklenmedik bir predatör girişi gerçekleşmiş ve yıkıcı etkileri olmuştur.

4. PREDATÖR ORGANİZMALAR VE ÇİFT KABUKLU YETİŞTİRİCİLİĞİNE ETKİLERİ

Çift kabuklu predatörleri, hayvanlar âleminin birçok farklı taksonomik grubunda yer alabilir. Bu canlıların yaşam alanları, oldukça geniş bir çeşitlilikte ve farklı ortamlarda bulunabilir. Bunun yanı sıra, denizde yetiştiriciliği yapılan ve ticari olarak değerli çift kabuklular midyeler, istiridyeler, inci istiridyeleri, taraklar ve kum midyeleri olarak ele alınacak olunursa, yine her birinin yaşam ortamının ve yaşam biçiminin farklı olduğu görülecektir. Bu sebeplerle, predatörlerin çift kabuklu yetiştiriciliğine etkileri, yetiştiriciliğin nerede ve nasıl yapılacağı ile birlikte de ele alınmalıdır.

Genel olarak deniz içinde yapılan çift kabuklu yetiştiriciliğinin dip ve dip üstünde yapılan yetiştiricilik; yapılan müdahaleye göre de kontrollü (az veya daha fazla) ve kontrolsüz şartlar altında yapılan yetiştiricilik

olarak sınıflandırıldığı söylenebilir. Dip yetiştiriciliğinde, yetiştiriciliği yapılan canlılar deniz dibi ile temas halindedir. Özellikle bu tip yetiştiricilikte, kayıpların yaşanmasının en önemli sebeplerinden biri predasyondur (Kristensen ve Lassen, 1997; Kamermans, Blankendaal ve Perdon, 2009). Dip üstü yetiştiriciliği ise farklı birçok yetiştiricilik tipini kapsamakla beraber, genel olarak canlının dip ile temasının olmadığı veya az olduğu sistemler olarak özetlenebilir. Bu sınıflandırmalarda, özellikle kontrolsüz ve yarı kontrollü şartların tarifinde kesin sınırlar bulunmamaktadır. Burada farklı yetiştiricilik sistemleri bir arada yürütülebilir ve bu durum üretim yoğunluğu ile de ilişkilendirilebilir. Üretim tipi türden türe, yetiştiricilik alanına göre, bölgeden bölgeye veya yatırımın miktarına bağlı olarak değişebilir. Dünyada hem dip hem de dip üstü yetiştiricilik güncel olarak uygulanmaktadır. Aşağıdaki bölümde predatörler ayrı ayrı değerlendirilirken, yetiştiricilik tipinin, predatörlerin faaliyetleri üzerine oynadığı rol de ele alınacaktır. Ek olarak hali hazırda kullanılan korunma yöntemleri ve etkinlikleri tartışılacaktır.

4.1. Yengeçler

Istakozlar gibi deniz canlılarının çift kabuklular üzerine etkileri rapor ediliyor olsa da (Côté ve Jelnicar, 1999), kabuklular arasında en önemli ve yaygın predasyon etkisi yengeçlere aittir. Çift kabukluların doğal düşmanları olan bu canlılar avlarının kabuklarını kırarak ete ulaşırlar. Farklı koşullara göre (avcı/av boy oranı, av türü, ortam koşulları vb.) avlarının kabuklarını farklı yollar izleyerek kırarlar (Elner ve Hughes, 1978). Genellikle dip yetiştiriciliği üzerine tehlikeli olabilen bu

hayvanlar, aynı zamanda deniz zeminine yakın halatlara tutunarak veya bazı türleri yüzerek dip üstü yetiştiricilik için de risk oluşturabilirler. Birçok yengeç türü sedimenti kazabilir. Örneğin ülkemiz denizlerinde de bulunan mavi yengeç (*Callinectes sapidus*) sedimenti kazarak çift kabukluya ulaşabilir. Görece büyük bir tür olan mavi yengeç, güçlü ve büyük kısıkaçları ile çift kabuklu popülasyonlarına ciddi ölçüde zararlar verebilir (Eggleston, Lipcius ve Hines, 1992; Clark, Wolcott, Wolcott ve Hines, 2000; Kraeuter, 2001). Ülkemiz sularında görülen, daha küçük fakat etkili olabilen türlerden biri de çingene yengeci olarak geçen *Carcinus aestuarii*'dir (Güler, 2007; Serdar vd., 2007). Bu yengeç dünyanın birçok bölgesine ulaşmış istilacı bir türdür. Yine sedimenti kazabilen yengeçlerdendir. Yüksek miktarlara ulaşabildikleri ve midye ve kum midyesi yetiştiriciliği için özellikle yavru boylarında tehlike arz ettikleri rapor edilmektedir (Chen, Watanabe ve Yokota, 2004; Mistri, 2004).

Çift kabuklu yetiştiriciliğinde yengeçler özellikle dipte yapılan yetiştiricilikte problem yaratmaktadırlar. Yengeçlerle mücadelede en çok kullanılan metot ağ-örtülerle veya ağ çantalarla çift kabukluların korunması şeklindedir. Özellikle kum midyesi türlerinde ağ örtü metodu yaygın olarak kullanılır. Bu ağ-örtüler genel olarak sert materyalden yapılır ve kenarları mutlaka sedimentin altına gelecek şekilde yetiştiricilik alanının tabanına serilir. Ayrıca çift kabuklular yine sert materyalden yapılan file çantaların içinde de belirli bir yoğunluğu geçmeyecek şekilde alana yerleştirilebilirler. Bu çantaların ağ göz açıklıkları, bölgede saptanmış predatörlerin giremeyeceği boyutta

olmalıdır. Birçok kum midyesinin (clam) yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılan ağ-örtülerin pratikte kullanımı ile ilgili farklı görüşler vardır. Bu ağ örtüler, re-süspansiyonu engelleyerek altlarında sediment birikmesine neden olabilir ve yetiştiriciliği yapılan çift kabuklular bu durumdan olumsuz etkilenebilir (Simenstad ve Fresh, 1995; Kaiser, Edwards ve Spencer, 1996). Bunun yanında ağ örtülerin, sediment içindeki organik yükü ve istenmeyen canlı organizma miktarını arttırdığı da öne sürülmüştür (Spencer, Kaiser ve Edwards, 1998). Bu filelerin kullanımı sırasında fileler üzerinde veya fileler ile sediment arasında makro algler oluşabilmektedir (Powers, Peterson, Summerson ve Powers, 2007). Bu durumun özellikle genç kum midyelerinde, mortalitenin önemli ölçüde artmasına neden olduğu rapor edilmiştir (Suhriebier vd., 2017). Bazı araştırmacılar tarafından, örtülerin yengeçlere yönelik etkili bir koruma sağlayamadığı ve örtü kullanımının, örtü olmayan sistemlere göre daha iyi sonuçlar vermediği öne sürülmüştür (Bendell, 2015). Tersine olarak, bu filelerin önemli ölçüde fayda sağladığı ve kullanılmadığı alanlara göre hayatta kalma oranlarını bariz bir şekilde arttırdığı da rapor edilmiştir (Munroe vd., 2015).

Yengeçlere karşı etkili olabilecek yöntemlerden bir diğeri de yetiştiricilik sahasının etrafının çit ile çevrilmesidir (Davidson ve Mullen, 2005). Bu yöntem için kullanılan bir örnekte, toplam yüksekliği 120 cm olan çit, 20 cm kısmı sedimente gömülü olarak sabitlenir. Çit plastik kaplamalı telden imal edilir ve göz açıklığı 3-4 cm'dir. Çitin üst bölgesi yetiştiricilik sahasının dışına doğru aşağıya

bakacak şekilde 45–60° olarak kıvrılmış 10 cm genişliğinde düz galvanize sac ile kaplanır. Çit belirli yerlerden zemine gömülü ve betonla sağlamlaştırılmış direklerle güçlendirilir. Bu yapıların kullanımı ve uygulanması ile ilgili izinler ülkeden ülkeye değişmektedir. Hem çit hem de önceki paragrafta bahsedilen örtü ve filelerde delik bulunmaması ve oluşabilecek deliklerin kontrolü önemlidir (Davies, Dare ve Edwards, 1980; Boudreau, Fougere, Davidson ve Niles, 2005; Flimlin, MacFarlane, Rhodes ve Rhodes, 2010; Suhrbier vd., 2017).

Bu farklı görüşlerden yola çıkarak genel bir değerlendirme yapılacak olunursa, filelerin olumsuz yönlerinin bölgeden bölgeye, özellikle sediment yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterebileceği, fileler üzerinde oluşan fouling organizmaların düzenli bir şekilde temizlenmesi gerektiği ve filelerin özellikle yengeçlere karşı sert materyalden yapılmış olması gerekliliği konuları öne çıkmaktadır. Burada kullanılacak malzemenin miktarı hatta kaç kat olacağı predatörün yoğunluğuna göre ayarlanmalıdır. Yine de bazı araştırmacıların bu malzemelerin yengeçlere karşı faydalarının sınırlı olduğunu belirtildiği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca kullanılan özellikle plastik materyalin çevre üzerine olumsuz etkileri mutlaka göz önünde bulundurulmalı ve kullanım sonrasında uzaklaştırılmaları takip edilmelidir (Bendell, 2015).

Genel olarak her türlü çift kabuklu yetiştiricilik girişiminden önce yetiştiricilik ortamı detaylı bir şekilde izlenmelidir. Bölgede bulunan yengeçler toplanmalı ve başka uygun bölgeye nakli sağlanmalıdır. Bazı yengeç türleri, ticari olarak değerli oldukları için yetiştiricilik sahasında, yetiştiricilik öncesi ve yetiştiricilik sırasında gerekli izinler alınarak avcılıkları da yapılabilir. Yetiştiricilik ortamındaki predatörlere karşı kimyasal kullanılması çevreye olumsuz etkileri yanı sıra genel olarak sınırlı etkiye sahiptir.

4.2. Denizyıldızları

Dipte yapılan çift kabuklu yetiştiriciliğinde karşı karşıya kalınabilecek en etkili predatörlerden bir diğeri de denizyıldızlarıdır. Predatör denizyıldızları çift kabuklu avlarını cinslerine göre iç veya dış tüketim olmak üzere iki farklı tipte tüketirler. İlk tip, iç tüketimde denizyıldızı çift kabuklu avını bütün olarak içine alıp oksijensiz bırakır ve/veya sindirim enzimlerine boğar. Bu işlemin sonucunda çift kabuklu avın kapakları denizyıldızı içinde açılır ve et sindirilir; sindirim bittikten sonra boş kabuklar dışarıya atılır (Jangoux, 1982; Güler ve Lök, 2015). Bu şekilde tüketim yapan denizyıldızlarına ülkemiz sularından *Astropecten* spp. örnek verilebilir. Bu ve benzeri denizyıldızlarına yumuşak zeminlerde sıklıkla rastlanır. Özellikle kum midyelerine karşı tehdit oluşturabilecek bu denizyıldızları aynı anda birden fazla çift kabukluyu tüketebilir (Christensen, 1970). Önlem olarak çift kabukluların özellikle genç dönemlerinde yetiştiricilik sahasında takip edilmeleri önemlidir. İkinci tip tüketimde, denizyıldızı tüp ayaklarını kullanarak ve özelleşmiş bir organını dışarıya çıkartarak çift kabuklu

avının kapaklarını açar ve avını tüketir; dışarıda başlayan sindirim denizyıldızının içinde biter (Jangoux, 1982; Castro ve Huber, 2003). Bu tip beslenen denizyıldızlarına örnek olarak ülkemiz kıyılarından *Marthasterias glacialis* verilebilir. *M. glacialis* büyük bir denizyıldızdır ve erişkin bireyleri birçok farklı tür ve boy çift kabukluyu tüketebilir (Thrush, 1988; Güler, 2012).

Denizyıldızları ile ilgili alınacak ilk önlem, yetiştiricilik girişiminden önce yetiştiricilik sahasından toplanmalarıdır. Bu amaçla kullanılan araçlardan birisi denizyıldızı paspasıdır. Denizyıldızı paspası Amerika’da yaklaşık 100 yıldır kullanılan etkili bir araçtır. Basitçe 2–3 metrelik demir bir çubuğa bağlı 10 – 15 adet yaklaşık 1 metrelik pamuk tomarları olarak tarif edilebilir. Bu araç bir tekneye bağlı olarak dibi tarar ve pamuk yapısı sayesinde denizyıldızlarını dikenlerinden yakalar; büyük ölçüde denizyıldızlarını yakaladığı ve seçici bir yapısı olduğu iddia edilmektedir (Barkhouse, Niles ve Davidson, 2007). Diğer bir metot da dreç kullanımınıdır. Dreç asıl olarak özellikle kontrolsüz yetiştiricilikte çift kabukluları toplama aracı olarak kullanılır (ekolojik açıdan deniz dibi için zararlıdır). Fakat hasat sırasında istenmeyen canlıların uzaklaştırılmasında da etkili olduğu rapor edilmiştir (Barthelemy, DePauw ve Joyce, 1991; Barkhouse vd., 2007). Diğer bir yöntem de denizyıldızı tuzaklarıdır. Yöresel olarak dip canlılarını özellikle yengeçleri yakalamak için kullanılan tuzaklara benzeyen bu araçlar, her seferde 60 adede kadar denizyıldızını yakalayabilecek şekilde büyük olarak yapılır. Güncel olarak kullanılan bir mücadele yolu olsalar da tuzakların hazırlanması, yerleştirilmesi ve toplanması hem maddi

olarak hem de iş gücü açısından uygulanması zor olarak nitelendirilmektedir (Barkhouse vd., 2007). Yengeçler ile ilgili bölümde bahsedilen “çit”, denizyıldızlarının kontrolünde de kullanılmaktadır. Modifiye edilerek üst bölümündeki dışarı doğru çıkıntı uzatılarak kullanılan çitlerin etkilerinin yengeçlere göre daha az olduğu belirtilmektedir (Barkhouse vd., 2007). Bunlarla beraber yetiştiricilik sahasındaki denizyıldızları sıklıkla elle toplanmaktadır (Flimlin vd., 2010). Yengeçler ile ilgili bölümde bahsedilen file örtüler, özellikle yumuşak yapıda olanları denizyıldızlarına karşı fazla etkili değildir. Dış tüketim yolu ile beslenen denizyıldızları sert malzemedeki yapılan bu örtülerin dışından da çift kabuklu avına ulaşım onu tüketebilecektir (Barkhouse vd., 2007). Bununla beraber bazı denizyıldızı türlerinin çift kabuklulara zararı yoktur. Hatta bazı yılan yıldızı türleri tutunan algleri ve ortamda biriken organik maddeleri tükettikleri için kapalı çanta benzeri yetiştiricilik malzemelerinde, filelerde veya raflarda yapılan yetiştiricilikte ortamda bulunmaları istenilen canlılardır.

4.3. Deniz Salyangozları

Predatör deniz salyangozları çift kabuklu yetiştiriciliğinde risk oluşturan canlılardır (Mann ve Harding, 2000; Peharda ve Morton, 2006). Predatör deniz salyangozları, avlarının kabuklarını radula isimli diş benzeri yapılarını kullanarak ve kimyasal yollarla deler veya avlarının kabuklarının uç bölümlerini çentiklerler. Oluşturdukları delikten içeriye salgıladıkları enzimlerle avını zayıflatarak ve/veya açılan kapaklardan ete ulaşarak avlarını tüketirler. Bunların yanında çift

kabuklu avlarını kabukta iz bırakmadan tüketme, boğma, kapaklarını kavrayarak açma ve açarken kendi kabuklarını da kullanma vb. yollar izlerler (Vermeij, 1983; Ansell ve Morton, 1987; Lau ve Leung, 2004; Güler ve Lök, 2016).

Karadeniz kıyılarında ekolojik ve ekonomik olarak büyük tahribata yol açmış olan *R. venosa* predatör deniz salyangozlarının en bilinen örneklerindedir. Bu istilacı tür kendi kökeni olan Uzakdoğu denizlerine ek olarak Karadeniz'den, Amerika'nın deniz canlıları ve çift kabuklu üretimi ile ünlü Chesapeake Körfezine, yine çift kabuklu yetiştiriciliğinde adı geçen Kuzey Adriyatik Denizine (Mann ve Harding, 2000) ve Uruguay kıyılarına (Giberto, Schiariti ve Bremec, 2011) kadar dünyanın birçok denizine ulaşmış ve bu bölgelerdeki çift kabuklu üreticileri için endişe unsuru olmuştur. *R. venosa* yüksek tüketim miktarları, hem sert hem de yumuşak zemindeki birçok çift kabukluyu tüketebilmesi ile oldukça etkili bir predatördür (Hu vd., 2016). Bunların yanında *R. venosa* adaptasyonu yüksek, dayanıklı bir türdür ve görece yüksek miktarda yavru üretir. Yavrular, larval aşamalarının ilk kısmını (20 günden fazla) sert yüzeylere döşenmiş kapsüller içerisinde geçirir ve kapsüllerden, suda yüzen ve planktonla beslenen veliger larva formunda dışarıya çıkarlar (Mann ve Harding, 2000). Larvaların su sütununda geçirdikleri bu 2. aşama predasyon ile ilgili olarak önemlidir. Bu aşamada larvalar hem uzun mesafe (pasif olarak da olsa) kat edebilirler hem de normalde deniz dibine bağımlı olarak yaşamalarına rağmen dip üstü yetiştiricilik sistemlerine (özellikle sal ve çanta-file sistemleri gibi geniş hacimli) girebilirler. *R.*

venosa, genç dönemlerinde büyük avlarını delerek beslenirken, erişkinleri genellikle çentikleyerek veya iz bırakmadan çift kabuklu avlarını tüketir (Harding, Kingsley-Smith, Savini ve Mann, 2007; Kosyan, 2016).

Predatör deniz salyangozlarına ülkemiz sularından verilebilecek diğer bir örnek de madyadır (*Hexaplex trunculus*). Akdeniz'in yerli bir türü olan madya hem kumlu hem de kayalık zeminde yaşayan ve çift kabuklular da dâhil olmak üzere geniş bir besin grubu üzerinden beslenen fırsatçı bir türdür. Akdeniz'in bazı bölgelerinde midye ve istiridye yetiştiriciliğinde istenmeyen tür olarak belirlenmiştir (Morton, Peharda ve Harper, 2007). Madya, avının kabuğunu delerek, kabuk uçlarını çentikleyerek veya avı üzerinde iz bırakmadan ete ulaşır. Kabuk bir kere delindikten veya uç bölgeleri parçalandıktan sonra madya, çift kabuklu avını sindirmeye başlar ve daha sonra iyice zayıflayan kabukların arasından ete tamamen ulaşır. Madya larval aşamasının büyük bölümünü kapsül içerisinde tamamlar ve kapsülden çıktıktan sonra kısa bir süre su sütununda veliger/pediveliger larva olarak kaldıktan sonra uygun bir yüzeye tutunur (Güler ve Lök, 2014). Bu aşaması, *R. venosa*'nın su sütununda geçirdiği döneme göre oldukça kısa olmasına rağmen çift kabuklu yetiştiriciliği ile ilgili önceki bölümde değinilen, dip üstü sistemlere ulaşabilme durumu madya için de geçerli olabilir. Belirli bir yüzeye tutunan madya kısa bir süre sonra predasyon faaliyetlerine başlamaktadır. Yavru madya ortamda bulunan diğer besinlerin yanında kendisinden büyük çift kabuklu yavrularını da delerek tüketmeye başlayabilir; dört-beş ay içerisinde ise yemeklik boy

midyeleri tüketebilir hale gelebilir (Güler ve Lök, 2016). Madyanın bir diğer ayırıcı özelliği de avına grup halinde saldırabilmesidir. Bu durumun daha yüksek etkili tüketime yol açabileceği bildirilmiştir (Güler ve Lök, 2019).

Önceki bölümlerde değinilen çit benzeri yapılar özellikle kumda iyi hareket edebilen predatör salyangoz türleri için etkisiz kalabilmektedir. Salyangozlar bu çitlerde veya örtülerde açıklık bulabilmekte ve yetiştiricilik sahasına veya file örtünün altına girebilmektedirler (Flimlin vd., 2010). Bazı türler ise hortum benzeri organlarını uzatarak çift kabuklu avını sert plastikten yapılmış bir file veya torbanın dışından da tüketebilmektedirler. Bunun yanında dip üstü yetiştiricilikte file, çanta veya tepsi gibi kapalı sistemlerde tutulan çift kabuklular salyangozlarla ilgili olarak kontrol edilmelidir. Örneğin larval aşamasını su sütununda geçiren salyangozlar file içerisine girebilir ve burada uygun ortam bularak filenin içerisindeki çift kabukluları yiyebilirler. Kontroller esnasında saptanacak olurlarsa, file ile beraber tuz veya çevreye olumsuz etkisi olmadığı kanıtlanmış rahatsız edici bir solüsyona batırılarak küçük olanlarının düşmeleri sağlanabilir. Predatör deniz salyangozlarının birçok türünün ticari değeri olması sebebi ile dışarıdan tedarik edilecek kalifiye elemanların dalarak bu hayvanları toplamaları ve ücret olarak da topladıkları ürünleri almaları uygulanan bir yöntemdir. Bununla beraber, eğer predatör miktarı çoksa işletme bu predatörleri kendi yaratacağı imkânlarla toplayarak ticari olarak değerlendirebilir. Fakat bu hayvanların farklı taşıma paketleme ve

işleme yöntemleri olduğu ve bunun da yeni bir yatırım gerektiren ayrı bir iş olduğu bilinmelidir.

4.4. Balıklar

Çift kabuklular da dâhil olmak üzere, denizde yapılan her türlü yetiştiricilik faaliyeti bölgede bulunan balıkları cezbeder (Barrett, Swearer ve Dempster, 2018). Özellikle balık yetiştiriciliğinde, başta yem kokuları olmak üzere birçok sebepten dolayı o bölgede bulunan balıklar yetiştiricilik alanlarını düzenli veya düzensiz olarak ziyaret eder veya yetiştiricilik alanlarına yerleşirler (Ballester-Moltó, Sanchez-Jerez, Garcia-Garcia ve Aguado-Giménez, 2015). Çift kabuklu yetiştiriciliğinde yem kullanılmamasına rağmen üç boyutlu korunaklı bir alan oluşturdukları için çiftlikler balıkları çekecektir (Morrisey vd., 2006). Çift kabuklu çiftliklerinde balık kaynaklı predasyonu takip etmek kolay değildir (Tsuyuki ve Umino, 2017). Diğer bölümlerde bahsedilen omurgasız canlılar, yavaş hareket ettikleri ve buldukları bölgeye bağlı yaşadıkları için predasyonun herhangi bir aşamasında kolaylıkla tespit edilebilir. Bunlar verdikleri zararlar ilişkilendirilebilir ve mevcut duruma göre planlama yapılabilir. Balıklarda ise bunu yapmak zordur (Segvic-Bubic vd., 2011). Verdikleri zararın izleri (dipte veya dip üstü sistemlerde bırakılan kırık kabuklar şeklinde) tespit edilebilse bile, bu zarardan yetiştiricilik sahasındaki hangi tür balığın sorumlu olduğu, olayın ne zaman ve ne şekilde gerçekleştiğini tespit etmek güçtür.

Dalgıçların yaptığı izleme veya akustik yöntemlerle yapılan tespitlere göre Sparidae ailesi mensubu balıklar çift kabuklu yetiştiricilik alanlarında yoğun olarak tespit edilmektedir (Peteiro, Filgueira, Labarta ve Fernández-Reiriz, 2007; Tsuyuki ve Umino, 2017). Ülkemiz sularında da bu aileye ait bireyler, hem yaygın olarak bulunmakta hem de birçok tür ile temsil edilmektedir. Adriyatik Denizi'nde yapılan bir çalışmada Sparidae ailesi mensubu bir balık olan çipuranın, çift kabuklu yetiştiriciliğinin başlamasından sonra yetiştiricilik bölgesindeki miktarının iki buçuk katına çıktığı ve çipuraların mide içerikleri incelendiğinde dominant bir şekilde o bölgede yetiştiriciliği yapılan midyeye (*M. galloprovincialis*) rastlandığı bildirilmiştir (Segvic-Bubic vd., 2011). Yine aynı çalışmanın diğer ayağı olarak uzun halat yönteminin kullanıldığı midye çiftliklerinde, özellikle yavru boylarda yoğun bir kayıp rapor edilmiş ve sebep olarak çipuranın yarattığı predasyon baskısı öne sürülmüştür. Segvic-Bubic vd. (2011) tarafından yavrular üzerine rapor edilen bu kayıplar doğrudan tüketilmenin yanında, yavruların özellikle sisteme yerleştirildikleri ilk günlerde halatlara sıkı tutunmadıkları ve balık müdahalesi ile tüketilmeler bile kayarak zemine düştükleri belirlenmiştir. Birkaç haftalık bir süre sonrasında bu durumun bisus ipliklerinin çoğalması ve sağlamlaşması sebebiyle daha az görüldüğü çıkarımı yapılmıştır. Aynı çalışmada midye çiftlikleri etrafında ülkemiz denizlerinde de bulunan birçok balık türünde artış belirlenmiştir. Genel olarak balıkların predasyonuna önlem olarak, çift kabuklular, sert plastik materyalden hazırlanmış çanta, raf veya sepetler içerisinde denize yerleştirilir. Dip yetiştiriciliği veya korumasız yapılan uzun halat sisteminde çift kabuklular ortamda

bulunan Sparidae ailesi mensupları veya vatozlar gibi güçlü predatörler tarafından kolaylıkla tüketilebilecektir (Segvic-Bubic vd., 2011). Ek olarak, balık çiftliklerinin yakınlarında polikültür şeklinde kurulacak çift kabuklu çiftliklerinin, mevcut balık çiftliklerinin etrafında hali hazırda artmış olan doğal balık popülasyonundan etkilenebileceği durumu, plan ve proje aşamasında göz önüne alınmalıdır.

4.5. Deniz Memelileri ve Kuşlar

Deniz memelilerinin yüksek miktarda çift kabuklu tüketebildikleri bilinmektedir. Fakat çift kabuklu yetiştiriciliğinde daha çok potansiyel olarak ve sistemdeki yapılara verebilecekleri zararlardan bahsedilir ve deniz memelileri ile ilgili belirlenmiş vaka azdır (Kemper vd., 2003; Gallardi, 2014; Barrett vd., 2018). Yine de değinmek gerekirse bu konu ile ilgili en çok bahsi geçen türlerden Pasifik Okyanusu kuzey sahillerinde yaşayan deniz samurları, dipten kum midyelerini çıkartıp dişleri veya bir taş yardımı ile ete ulaşabilmektedirler. Ülkemiz sularında bulunan Akdeniz fokunun da çift kabukluları tükettiği ve hatta çift kabuklular kaynaklı zehirlenme vakaları olduğu rapor edilmekle beraber (Van Dolah, 2005) predasyon ihtimalleri değerlendirilirken predatörün popülasyon büyüklüğünün göz önünde bulundurulması gerekliliği unutulmamalıdır.

Kuşlar, çift kabuklu yetiştiriciliğinde predatör etkileri sıklıkla rapor edilen ve kurulması düşünülen tesislerde göz ardı edilmemesi gereken hayvanlardır (Ross ve Furness, 2000; Barrett vd., 2018). Çift kabuklular, özellikle midyeler, ördek predasyonuna maruz

kalabilmektedirler. Telkuyruk ve kara ördek gibi türlerin ve birçok balıkçıl türünün etkileri rapor edilmiştir. Ördekler öncelikle küçük çift kabukluları tüketir, daha sonra büyükler ile beslenmeye devam eder. Özellikle göç öncesi yağlanma için yüksek miktarlarda besine ihtiyaç duyduklarında, sürüler halindeki kuşlar çift kabuklu yetiştiriciliği yapılan tesisler için önemli tehlike oluşturabilirler (Varennes, Hanssen, Bonardelli ve Guillemette, 2013). Ayrıca ördekler ve diğer kuş türleri sadece çift kabukluları tüketmekle kalmaz yetiştiricilik sistemlerine de zarar verebilirler. Bu zarar doğrudan tüketimin yanında, hamle yaptıkları sırada ağ ve halatlara hasar verilmesi ya da tüketmedikleri kısmın sistemden kopup zemine düşmesi şeklinde olabilmektedir. Çift kabuklu kültüründe normal zamanda bulunmasalar da, hasat koşullarının kuşlar için cazip bir ortam oluşturmasından dolayı, kuş türleri artış göstererek buralarda sisteme veya hasat edilen tür ile beslenerek ekonomik kayıp yaratabilir (Varennes vd., 2013; Gallardi, 2014).

Kuşlara karşı alınacak önlemler iki tip olarak özetlenebilir: İlki, balık yetiştiriciliğinde de kullanılan kuş ağları gibi pasif önlemlerdir (Varennes vd., 2013). Bu önlemler için kullanılan ağlar predasyonun tipine ve yoğunluğuna göre su üstü ve bazen de su altına yerleştirilir; ağların göz açıklığı musallat olan kuşun türüne göre belirlenir (Ross ve Furness, 2000). Diğeri de aktif önlemler olup kovalama, gaz bombaları, akustik sistemler, korkuluk ve lazer ışığı olarak özetlenebilir. Aktif yöntemler ve korkutma başlangıçta işe yarasa da daha sonra alışma sebebi ile etkinliğini yitirmektedir (Curtis, Pitt, ve Conover, 1996).

Sonuç olarak kuşlardan korunmak için kullanılabilir en etkili yöntemlerin başında kuş ağları gelmekte, bunun yanı sıra yetiştiricilik tesisinin kurulacağı yerin de mevcut ve göç ile gelebilecek kuşlar ile ilgili değerlendirilmesi ve potansiyeli henüz proje aşamasındayken yapılmalıdır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir çift kabuklu yetiştiricilik girişiminin predasyon ile ilgili planlanmasının ilk adımı, predatör organizmaların yetiştiricilik alanındaki varlığı ve miktarı üzerine olmalıdır. Örneğin *R. venosa* gibi predatör deniz salyangozlarının yoğun olarak bulunduğu bir bölgede dip yetiştiriciliği yapmak veya predatör yengeçlerin bol olduğu bir dalyan/lagünde korumasız yetiştiricilik yapmak tavsiye edilebilecek türde girişimler değildir. Bununla beraber çift kabuklu yetiştiriciliği için uygun alanlar da sınırsız değildir ve çoğu durumda yetiştiricilerin ufak bir predasyon öngörüsünde farklı alanlar bulabilme lüksü yoktur. Predatörler yetiştiricilik sahasında büyük bir ihtimalle doğaları gereği bulunacaklardır. Dünyada yapılan çift kabuklu yetiştiriciliği örneklerinin çoğunda predatörlerin az veya çok etkileri görülmektedir. Önemli olan, ortamdaki predatör türlerin etkilerinin mantıklı ve gerçekçi bir şekilde ele alınıp buradaki bölüm boyunca örnek olarak verilen veya diğer önlemlerle beraber, yetiştiriciliğin uygulanabilme yollarının aranmasıdır. Tabi ki alınacak önlemlerde çevre duyarlılığı ön planda tutulmalıdır. Bunun yanında, bir yetiştiricilik sahasında bulunan/bulunabilecek predatörlerin etkilerinin değerlendirilmesinde predatörlerin yeterlilikleri/kabiliyetleri ile beraber miktarları da süreç

boyunca ele alınmalıdır. İlk yıllar etkisi çok az olan bir predatörün ileriki yıllarda bol besin ve uygun şartlarla beraber aşırı çoğalabileceği ve etkisinin artabileceği de göz önünde bulundurulmalı, predatörler ile ilgili izleme ve değerlendirmeler periyodik olarak yapılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Ansell, A., Morton, B. (1987) Alternative predation tactics of a tropical naticid gastropod. *J. Exp. Mar. Biol.* 111: 109–119.
- Ballester-Moltó, M., Sanchez-Jerez, P., Garcia-Garcia, B., Aguado-Giménez, F. (2015) Husbandry and environmental conditions explain temporal variability of wild fish assemblages aggregated around a Mediterranean fish farm. *Aquac Environ Interact.* 7: 193–203.
- Barkhouse, C.L., Niles, M., Davidson, L.-A. (2007) A literature review of sea star control methods for bottom and off bottom shellfish cultures. *Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 279: vii 38pp.
- Barrett, L.T., Swearer, S.E., Dempster, T. (2018) Impacts of marine and freshwater aquaculture on wildlife: A global meta-analysis. *Rev. Aquacult.* 11(4): 1022-1044.
- Barrows, E.M. (2001) *Animal Behavior Desk Reference: A Dictionary of Animal Behavior, Ecology, and Evolution. Second Edition*, CRC Press LCC, Boca Raton, FL. 922pp.
- Barthelemy, G., DePauw, N., Joyce, J. (1991) Mechanical and biological control of the starfish *Asterias rubens* proliferation in the Bay of Quiberon (southern Brittany, France). *Aquaculture and the Environment. International Conference Aquaculture Europe '91 Layout and Processing, June 10-12, Dublin, Ireland.* pp: 22.
- Barua, M. (2011) Mobilizing metaphors: the popular use of keystone, flagship and umbrella species concepts. *Biodivers. Conserv.* 20 (7): 1427–1440.
- Bendell, L. (2015) Favored use of anti-predator netting (APN) applied for the farming of clams leads to little benefits to industry while increasing nearshore impacts and plastics pollution. *Mar. Pollut. Bull.* 91(1): 22-28.
- Bengston, S. (2002) Origins and early evolution of predation. *The Paleontological Society Papers*, 8: 289-317.

- Blundon, J.A., Kennedy, V.S. (1982) Mechanical and behavioral aspects of blue crab, *Callinectes sapidus* (Rathburn), predation on Chesapeake Bay bivalves. *J. Exp. Mar. Biol.* 65: 47–65.
- Bondarev, I.P. (2014) Dynamics of *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (Gastropoda: Muricidae) Population in the Black Sea. *Int. J. Mar. Sci.* 4(3): 42-56.
- Boudreau, R., Fougere, R., Davidson, L.A., Niles, M. (2005) Fencing the seabed to protect sea scallops (*Placopecten magellanicus*) from predation. *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2717: 7pp.
- Brown, B.T. (1992) Golden Eagles feeding on fish. *J. Raptor Res.* 26: 36-37.
- Charnov, E.L. (1976) Optimal foraging the marginal value theorem. *Theoret. Popul. Biol.* 9(2): 129–136.
- Castro, P., Huber, M.E. (2003) *Marine Biology. 4 th ed.* McGraw-Hill, New York, USA, 460pp.
- Chen, R.B., Watanabe, S., Yokota, M. (2004) Feeding habits of an exotic species, the Mediterranean green crab *Carcinus aestuarii*, in Tokyo Bay. *Fish Sci.* 70: 430–435.
- Christensen, A.M. (1970) Feeding biology of the sea star *Astropecten irregularis* Pennant. *Ophelia* 8: 1–134.
- Clark, M., Wolcott, T., Wolcott, D., & Hines, A. (2000). Foraging Behavior of an Estuarine Predator, the Blue Crab *Callinectes Sapidus* in a Patchy Environment. *Ecography*, 23(1), 21-31.
- Côté, I.M., Jelnikar, E. (1999) Predator-induced clumping behaviour in mussels (*Mytilus edulis* Linnaeus), *J. Exp. Mar. Biol.* 235(2): 201-211.
- Curtis, K.S., Pitt, W.C., Conover, M.R. (1996) *Overview of techniques for reducing bird predation at aquaculture facilities.* The Jack Berryman Institute Publication 12, Utah State University, Logan, 1-20
- Davidson L.A., Mullen J. (2005). Proceedings of the Scallop Aquaculture Workshop: Halifax, Nova Scotia, January 24, 2004. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci* 2610: iv +37p.

- Davies, G., Dare, P.J., Edwards, D.B. (1980) Fenced enclosures for the protection of seed mussels (*Mytilus edulis* L.) from predation by shore — crabs (*Carcinus maenas* (L)). *Fish. Res. Tech. Rep.*, MAFF direct Res., Lowestoft (56): 14 pp.
- Degtiareva, I. A. (2012) *Şile (Karadeniz) kıyılarında egzotik bir gastropoda türü Rapana venosa (Valenciennes, 1846)'nin yayılımının incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Temel Bilimler Anabilim Dalı, Deniz Biyolojisi Programı, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
- Drapkin, E.I. (1953) A New Mollusk in the Black Sea. *Priroda* 9: 92–95.
- Eggleston, D.B., Lipcius, R.N., Hines, A.H. (1992) Density-dependent predation by blue crabs upon infaunal clam species with contrasting distribution and abundance patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 85: 55-68.
- Elnor, R.W., Hughes, R.N. (1978) Energy maximization in the diet of the shore crab, *Carcinus maenas*. *J Anim Ecol.* 47: 103-116.
- Flimlin, G., MacFarlane, S., Rhodes, E., Rhodes, K. (2010) *Best Management Practices for the East Coast Shellfish Aquaculture Industry*. East Coast Shellfish Growers Association. 81pp.
- Gallardi, D. (2014) Effects of Bivalve Aquaculture on the Environment and Their Possible Mitigation: A Review. *Fish Aquac J.* 5:105.
- Giberto, D.A., Schiariti, A., Bremec, C.S. (2011) Diet and Daily Consumption Rates of *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846)(Gastropoda: Muricidae) from the Rio de la Plata (Argentina-Uruguay). *J. Shellfish Res.* 30(2): 349–358.
- Gosling, E. (2015) *Marine bivalve molluscs. Second edition. Marine bivalve molluscs*. Wiley Blackwell (pp. 243-269)
- Gotelli, N.J. (1998) *A Primer of Ecology. 2nd edition*. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA.
- Guégan, J., Morand, S., Poulin, R. (2007) Are there general laws in parasite community ecology? The emergence of spatial parasitology and epidemiology. In: Thomas, F., Renaud, F., Guegan, J-F. (eds), *Parasitism and Ecosystems*. Oxford University Press Inc., New York, USA. pp: 22-42.

- Güler, M. (2007) *Akdeniz kıyı yengecinin (Carcinus aestuarii) midye (Mytilus galloprovincialis) populasyonu üzerine etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Güler, M. (2012) *Çift kabuklu türlerinden kara midye (Mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819) üzerine predasyon baskısı*. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Güler, M., Lök, A. (2014) Embryonic development and intracapsular feeding in *Hexaplex trunculus* (Gastropoda: Muricidae). *Mar. Ecol.* 35(2): 193–203.
- Güler, M., Lök, A. (2015) Foraging behaviors of sea stars, *Marthasterias glacialis* and *Astropecten aranciacus* (Asteroidea) and predator-prey interactions with warty venus clam, *Venus verrucosa* (Bivalvia). *J. Exp. Mar. Biol.* 465: 99–106.
- Güler, M., Lök, A. (2016) Foraging Behaviors of *Hexaplex trunculus* (Gastropoda: Muricidae) Juveniles. *J. Shellfish Res.* 35(4): 911–919.
- Güler, M., Lök, A. (2018) Predatör bir deniz salyangozunun (*Hexaplex trunculus*) tüketim davranışları: Çift kabuklu avın (*Mytilus galloprovincialis*) kümelenme davranışının etkisi. *International Agriculture Environment and Health Congress ICAEH*, 26.10.2018 -28.10.2018, *Proceeding Book*, 1247-1253
- Güler, M., Lök, A. (2019) Foraging Behaviors of a Predatory Snail (*Hexaplex trunculus*) in Group-Attacking. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 19: 391-398.
- Haddon, M., Wear, R.G., Packer, H.A. (1987) Depth and density of burial by the bivalve *Paphies ventricosa* as refuges from predation by the crab *Ovalipes catharus*. *Mar. Biol.* 94: 25–30.
- Hancock, D.A., 1965. Adductor muscle size in Danish and British mussels and its relation to starfish predation. *Ophelia* 2: 253-267.
- Harding, J.M., Kingsley-Smith, P., Savini, D., Mann, R. (2007). Comparison of predation signatures left by Atlantic oyster drills (*Urosalpinx cinerea* Say, Muricidae) and veined rapa whelks (*Rapana venosa* Valenciennes, Muricidae) in bivalve prey. *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.* 352, 1–11.
- Hu, N., Wang, F., Zhang, T., Song, H., Yu, Z. L., Liu, D.P. (2016) Prey selection and foraging behavior of the whelk *Rapana venosa*. *Mar. Biol.* 163(11): 1–12.

- Hughes, R.N. (1980) Optimal foraging theory in the marine context. *Oceanogr. Mar. Biol. - An Annual Review* 18: 423-481.
- Hughes, R.N., Dunkin, S.D.B. (1984) Behavioural components of prey selection by dogwhelks, *Nucella lapillus* (L.), feeding on mussels, *Mytilus edulis* L., in the laboratory. *J. Exp. Mar. Biol.* 77(1-2): 45-68.
- Jangoux, M. (1982) Food and feeding mechanisms: Asteroidea. In: Jangoux, M., Lawrence, J.M. (eds), Echinoderm Nutrition. A.A. Balkema Publishers, Rotterdam, Netherlands. pp: 117-159.
- Jurkevitch, E., Davidov, Y. (2007) Phylogenetic Diversity and Evolution of Predatory Prokaryotes - Predatory Prokaryotes: Biology, Ecology and Evolution, in: Jurkevitch, E. (Ed.), . Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 11-56.
- Kaiser, M.J., Edwards, D.B., Spencer, B.E. (1996) Infaunal community changes as a result of commercial clam cultivation and harvesting. *Aquat. Living Resour.* 9: 57-63.
- Kamermans, P., Blankendaal, M., Perdon, J. (2009) Predation of shore crabs (*Carcinus maenas* (L.)) and starfish (*Asterias rubens* L.) on blue mussels (*Mytilus edulis* L.) seed from wild source and spat collectors. *Aquaculture* 290: 256-262.
- Kane, A., Healy, K., Guillerme, T., Ruxton, G.D., Jackson, A.L. (2017) A recipe for scavenging in vertebrates – the natural history of a behaviour. *Ecography* 40(2): 324-334.
- Kautsky, N., Johannesson, K., Tedengren, M. (1990) Genotypic and phenotypic differences between Baltic and North Sea populations of *Mytilus edulis* evaluated through reciprocal transplantations I. Growth and morphology, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 59: 203-210.
- Kemper, C. M., Pemberton, D., Cawthorn, M., Heinrich, S., Mann, J., Würsig, B., Shaughnessy, P., Gales, R. (2003). Aquaculture and marine mammals: co-existence or conflict? In N. Gales, M. Hindell, & R. Kirkwood (Eds.), *Marine mammals: fisheries, tourism, and management issues* (pp. 208-225). CSIRO Publishing.

- Kosyan, A. (2016) Predation mechanisms of *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae) in different biotopes along the Black Sea coast. *Mar. Pollut. Bull.* 102(2): 265–270.
- Kraeuter, J.N. (2001) Predators and predation, in: Kraeuter, J.N., Castagna, M.B.T.-D. in A. and F.S. (Eds.), *Biology of the Hard Clam*. Elsevier, pp. 441–589.
- Kristensen, P.S., Lassen, H. (1997) The production of relaid blue mussels (*Mytilus edulis* L.) in a Danish fjord. *ICES J Mar Sci*, 54(5): 854–865.
- Lafferty, K.D., Kuris, A.M. (2002) Trophic strategies, animal diversity and body size. *Trends Ecol Evol*, 17(11): 507–513.
- Lau, D.C.P., Leung, K.M.Y. (2004) Feeding physiology of the carnivorous gastropod *Thais clavigera* (kuster): Do they eat "soup"? *J. Exp. Mar. Biol.* 312(1): 43-66.
- Lincoln, R.J., Boxshall, G.A. Clark, P.F. (1985) *A Dictionary of Ecology, Evolution, and Systematics*. Cambridge University Press, New York, USA. 298pp.
- MacArthur, R., Pianka, E. (1966) On Optimal Use of a Patchy Environment. *Am. Nat.* 100(916): 603-609.
- Magnesen, T. Redmond, K.J. (2012) Potential predation rates by the sea stars *Asterias rubens* and *Marthasterias glacialis*, on juvenile scallops, *Pecten maximus*, ready for sea ranching. *Aquac. Int.* 201: 189-199.
- Mann, R., Harding, J.M. (2000) Invasion of the North American Atlantic coast by a large predatory Asian mollusc. *Biol. Invasions.* 2(1): 7–22.
- Menge, J.L. (1974) Prey selection and foraging period of the predaceous rocky intertidal snail, *Acanthina punctulata*. *Oecologia*, 17: 293–317.
- Menge, B.A. (1976) Organization of the New England Rocky Intertidal Community: Role of Predation, Competition, and Environmental Heterogeneity. *Ecol. Monogr.* 46(4): 355-393.
- Menge, B.A., Berlow, E., Blanchette, C., Navarrete, S., Yamada, S. (1994) The Keystone Species Concept: Variation in Interaction Strength in a Rocky Intertidal Habitat. *Ecol. Monogr.* 64(3): 250-286.
- Mistri, M. (2004). Prey preference of *Carcinus aestuarii*: possible implications with the control of an invasive mytilid and Manila clam culture in a northern Adriatic lagoon. *Aquaculture* 230, 261–272.

- Morrisey, D.J., Cole, R.G., Davey, N.K., Handley, S.J., Bradley, A., Brown, S.N., Madarasz, A.L. (2006) Abundance and diversity of fish on mussel farms in New Zealand. *Aquaculture* 252(2-4): 277-288.
- Morton, B. (2004) Predator-prey interactions between *Lepsiella vinosa* (Gastropoda: Muricidae) and *Xenostrobus inconstans* (Bivalvia: Mytilidae) in a southwest Australian marsh. *J. Molluscan Stud.* 70(3): 237-245.
- Morton, B., Peharda, M., ve Harper, E. M. (2007) Drilling and chipping patterns of bivalve prey shell predation by *Hexaplex trunculus* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae). *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 87: 933-940.
- Munroe, D., Kraeuter, J., Beal, B., Chew, K., Luckenbach, M., Peterson, C.P. (2015) Clam predator protection is effective and necessary for food production. *Mar. Pollut. Bull.* 100: 47-52.
- Nadeau, M., Barbeau, M., Brêthes, J.C. (2009) Behavioural mechanisms of sea stars (*Asterias vulgaris* Verrill and *Leptasterias polaris* Müller) and crabs (*Cancer irroratus* Say and *Hyas araneus* Linnaeus) preying on juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus* Gmelin), and procedural effects of scal. *J. Exp. Mar. Biol.* 374(2): 134-143.
- Nøttestad, L., Sivle, L.D., Krafft, B.A., Langård, L., Anthonypillai, V., Bernasconi, M., Langøy, H., Fernö, A. (2014) Prey selection of offshore killer whales *Orcinus orca* in the Northeast Atlantic in late summer: Spatial associations with mackerel. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 499: 275-283.
- Osenberg, C.W., Mittelbach, G.G. (1989) Effects of Body Size on the Predator-Prey Interaction between Pumpkinseed Sunfish and Gastropods. *Ecol. Monogr.* 59: 405-432.
- Paine, R.T. (1966) Food web complexity and species diversity. *Am. Nat.* 100: 65-75.
- Paine, R.T. (1969) A Note on Trophic Complexity and Community Stability. *Am. Nat.* 103: 91-93.
- Peharda, M., Morton, B. (2006) Experimental prey species preferences of *Hexaplex trunculus* (Gastropoda: Muricidae) and predator-prey interactions with the Black mussel *Mytilus galloprovincialis* (Bivalvia: Mytilidae). *Mar. Biol.* 148(5): 1011-1019.

- Perry, D.M. (1987) Optimal diet theory: behavior of a starved predatory snail. *Oecologia*, 72(3): 360–365.
- Peteiro, L.G., Filgueira, R., Labarta, U., Fernández-Reiriz, M.J. (2007) Settlement and recruitment patterns of *Mytilus galloprovincialis* L. in the ría de ares-betanzos (NW Spain) in the years 2004/(2005) *Aquac. Res.* 38(9): 957-964.
- Poulin, R., Randhawa, H.S. (2013) Evolution of parasitism along convergent lines: from ecology to genomics. *Parasitology* 142 (Suppl 1): S6-S15.
- Powers, M.J., Peterson, C.H., Summerson, H.C., Powers, S.P. (2007) Macroalgal growth on bivalve aquaculture netting enhances nursery habitat for mobile invertebrates and juvenile fishes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 339: 109-122.
- Pyke, G. (1984) Optimal foraging theory: a critical review. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst* 15: 523-575.
- Reimer, O., Olsson, B., Tedengren, M. (1995) Growth, physiological rates and behaviour of *Mytilus edulis* exposed to the predator *Asterias rubens*. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* 25: 233–244.
- Ross, B.P., Furness, R.W. (2000) Minimising the impact of eider ducks on mussel farming. University of Glasgow, UK. 52pp.
- Saier, B. (2001) Direct and indirect effects of seastars *Asterias rubens* on mussel beds (*Mytilus edulis*) in the Wadden Sea. *J. Sea Res.* 461: 29-42.
- Segvic-Bubic, T., Grubisic, L., Karaman, N., Ticina, V., Jelavic, K.M., Katavic, I. (2011) Damages on mussel farms potentially caused by fish predation – Self service on the ropes? *Aquaculture*, 319: 497–504.
- Serdar, S., Lök, A., Köse, A., Yıldız, H., Acarlı, S., Gouletquer, P. (2007) Growth and survival rates of carpet shell clam (*Tapes decussatus* Linnaeus, 1758) using various culture methods in Sufa (Homa) Lagoon, Izmir-TURKEY” *Aquac. Eng.* 37:89-99
- Simenstad, C.A., Fresh, K.L. (1995) Influence of intertidal aquaculture on benthic communities in Pacific Northwest estuaries: Scales of disturbance. *Estuaries* 18: 43-70.

- Sinervo, B. (1997) Optimal Foraging Theory: Constraints and Cognitive Processes. In: Sinervo, B. (ed.), Behavioral Ecology. University of California, Santa Cruz. pp: 105–130.
- Smallegange, I.M., Van Der Meer, J. (2003) Why do shore crabs not prefer the most profitable mussels? *J. Anim. Ecol.* 72: 599-607.
- Spencer, B.E., Kaiser, M.J., Edwards, D.B. (1998) Intertidal clam harvesting: benthic community change and recovery. *Aquac. Res.* 29: 429-437.
- Stevens, A. (2010) Predation, Herbivory, and Parasitism. Nature Education Knowledge, 3(10): 36.
- Suhrbier, A.D., Cheney, D.P., Cordell, J.R., Dewey, W.F., Davis, J.P., Ferreira, J.G. (2017) Innovative Farming Methods for Production and Harvest of Manila Clams in Washington State, USA. *World Aquaculture Magazine*, 48(4): 49–57.
- TDK (2021a) Türk Dil Kurumu *Bilim ve Sanat Terimleri Sözlüğü, Su Ürünleri Terimleri Sözlüğü*. [Erişim Tarihi:19.01.2021]. ErişimAdresi: <https://sozluk.gov.tr/>
- TDK (2021b) Türk Dil Kurumu *Bilim ve Sanat Terimleri Sözlüğü, Biyoloji Terimleri Sözlüğü*. [Erişim Tarihi:19.01.2021]. ErişimAdresi: <https://sozluk.gov.tr/>
- Thrush, S.F. (1988) Behavioural observations on sublittoral populations of starfish in Lough Hyne. *Irish Nat. J.* 22 (10), 430–436.
- Tsuyuki, A., Umino, T. (2017) Spatial movement of black sea bream *Acanthopagrus schlegelii* around the oyster farming area in Hiroshima Bay, Japan Fisheries Science, 83: 235–244.
- Van Dolah, F.M. (2005) Effects of Harmful Algal Blooms. In: Reynolds III, J.E., Perrin, W.F., Reeves, R.R., Montgomery, S., Ragen, T. (eds.), Marine Mammal Research: Conservation Beyond Crisis. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA. pp: 85–101.
- Varenes, E., Hanssen, S.A., Bonardelli, J., Guillemette, M. (2013) Sea duck predation in mussel farms: the best nets for excluding common eiders safely and efficiently. *Aquac. Environ. Interact.* 4: 31–39.

- Veilleux, B. (1979) An Analysis of the Predatory Interaction between *Paramecium* and *Didinium*. *J. Anim. Ecol.* 48(3): 787-803.
- Vermeij, G.J. (1983) Traces and trends of predation with special reference to bivalve animals. *Palaeontology* 26: 455–465.
- Vermeij, G.J., Dudley, E.C., Zipser, E. (1989) Successful and unsuccessful drilling predation in recent pelecypods. *Veliger* 32: 266–273.
- Wilson, A.M., Hubel, T.Y., Wilshin, S.D., Lowe, J.C., Lorenc, M., Dewhirst, O.P., Bartlam-Brooks, H.L.A., Diack, R., Bennett, E., Golabek, K.A., Woledge, R.C., McNutt, J.W., Curtin, N.A., West, T.G. (2018) Biomechanics of predator-prey arms race in lion, zebra, cheetah and impala. *Nature*, 554: 183-188.
- Wong, M.C., Barbeau, M.A. (2005) Prey selection and the functional response of sea stars (*Asterias vulgaris* Verrill) and rock crabs (*Cancer irroratus* Say) preying on juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus* (Gmelin)) and blue mussels (*Mytilus edulis* Linnaeus). *J. Exp. Mar. Biol.* 327(1): 1-21.

BÖLÜM 10

ÇİFT KABUKLU İŞLEMESİ VE PAZARLAMASI

Prof. Dr. Aslı CADUN YÜNLÜ¹

¹ Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı
ORCID: 0000-0002-6139-7983 e-posta: asli.cadun@ege.edu.tr

GİRİŞ

Çift kabuklu türleri besinsel özellikleri nedeni ile oldukça beğenilmekte ve tüm dünyada tüketimi her geçen gün artmaktadır (Oliveira, 2011). İnsan sağlığına pozitif etkileri etlerindeki bioaktif bileşiklerden gelmektedir. Kabuklu yumuşakçalar, yetişkin bireylerin esansiyel aminoasit ihtiyacını dengeli şekilde karşılamaktadır (Fauconneau, 2002). Karbonhidrat içeriği yüksek miktarda glikojenden oluşmaktadır ve yıl boyunca üreme periyotlarına göre değişmektedir (Dupčić Radić vd. 2014). Protein, dokularda en çok bulunan biyokimyasal bileşiktir ve bazı kabuklu türlerinde gametogenez süresince alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Dupčić Radić vd. 2014). Besinsel değeri çift kabuklu türleri arasında değişse de, protein içeriği süt ve yumurtadakine benzer oranlarda bulunmaktadır (Oliveira, 2011). Bu canlıların yağ içeriği genellikle düşük olup bazı çalışmalarda % 3 oranını geçmediği bildirilmektedir (Oliveira, 2013). Fakat özellikle üreme öncesinde gonadların olgun olduğu dönemde yağ içeriğinin % 6-7 oranlarına kadar çıktığını rapor eden çalışmalar da bulunmaktadır (Diridi vd. 2007; Serdar ve Lök 2009; 2010).

Yağ içeriğinin düşük olması ve doymamış yağ asit miktarının (özellikle de omega 3), doymuş yağ asit miktarından yüksek olması nedeni ile sağlıklı beslenme için uygundur (Oliveira 2013). Çeşitli çift kabuklulardan ekstrakte edilen toplam lipidlerin yağ asidi profilleri; toplam çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA), doymuş yağ asitleri (SFA) ile tekli doymamış yağ asitlerinden (SFA) daha yaygın olduğunu göstermektedir (Orban vd. 2002; 2007).

Beslenme durumu, su sıcaklığı ve üreme sistemi; midyelerin et verimi ve biyokimyasal kompozisyonunu etkilediği bilinmektedir (Orban vd. 2002). Farklı üretim alanları, farklı şartlarla ve kültür teknolojileri ile çift kabukluların gelişimlerinde ve besinsel kompozisyonlarında farklılık yaratmaktadır ki bu durum tüketici tarafından da fark edilecek şekilde kaliteyi etkilemektedir (Karakoltsidis vd. 1995; Orban vd. 2002). Bununla birlikte, tüketici midyenin kalitesini sadece biyolojik özellikleri ile değil onun yanında görünüşü, esas lezzeti ve istenmeyen bileşiklerin varlığı gibi organoleptik özellikleri ile değerlendirmektedir (Vernoochi vd. 2007). Depurasyon süresince, çift kabuklular metabolizmalarındaki artıkların boşaltımı (Lee vd. 2008) ve metabolik süreçlerindeki enerji rezervlerini harcamaları için zorlanmakta ve bu nedenle besinsel kalite ve organoleptik özellikleri (Ruano vd. 2012) değişmektedir. Biyometrik parametreler, kimyasal kompozisyon ve duyu özellikleri kalitenin belirlenmesi ve farklı bölgelerde üretilen midyelerin ayrılmasında kullanılmaktadır (Fuentes , 2009).

Çift kabuklu türleri su içinde var olan planktonu süzerek beslendikleri için süzüm esnasında yararlı mikroorganizmalar ile birlikte eğer ortamda var ise zararlı mikroorganizma ve çeşitli kimyasal maddeleri de bünyelerine alabilen canlılardır. Bu yüzden insan tüketimine sunulacak çift kabukluların düzenli olarak izlemelerinin yapıldığı sağlık koşullarına uygun alanlardan elde edilmeleri gerekmektedir. Ayrıca üretim alanından başlayıp tüketime kadar tüm hijyenik şartların sağlanması da çok önemlidir.

Türkiye sularında ekonomik değeri yüksek olan 25'den fazla çift kabuklu türü bulunmakta ve insan gıdası veya hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Lök, 2016). Türkiye kıyılarında yaygın olarak bulunan ve işlenen türler; kara midye (*Mytilus galloprovincialis*), beyaz kum midyesi (*Venus gallina*), akivades (*Ruditapes decussatus*), kidonya (*Venus verrucosa*) ve istiridye (*Ostrea edulis*)'dir. Türkiye'deki çift kabuklu üretimi doğal stoklardan avlanmaya yönelik olmakla beraber üretim alanları, 100 g kabuklu eti ve kabuklar arası sıvıdaki *Escherichia coli* miktarına göre A, B ve C olarak 3 kategoride sınıflandırılmaktadır (Serdar, 2016).

Çift kabuklu yumuşakçaların işlenmesi

Pişirme: Buharda pişirme en basit işleme metodudur. Midyeler 130°C'deki yüksek sıcaklıkta kısa bir süre bekletilir (yaklaşık 30-70 saniye) (Blanco vd. 2016). Daha sonra kabukları çıkartılır. Bu metod farklı birçok işleme teknolojisinin ilk basamağını oluşturur (konserve, marinat vb). Son zamanlarda canlı çift kabuklu yumuşakça ihracatının yasaklanması ile de birçok işletme, ürünlerini buharda pişirme sonrası yurtdışına ihraç etmektedir.

Soğutma Teknolojisi: Bozulmanın minimumda tutulması için toplandıktan hemen sonra buzun görevi sadece soğutma değil aynı zamanda depolandığı kutu veya odayı çevreleyen havadan sıcaklığı uzaklaştırmaktır. Buz, içindeki ısıyı dışardaki sıcak havaya karşı depolama süresince absorbe etmektedir. Aynı zamanda da bozulma işleminden kaynaklanan ısıyı da uzaklaştırabilmektedir (Graham vd.

1992). Çift kabukluları 0 ile 5 °C de ki soğuk odada depolamak gerekmektedir. Bu değerden daha düşük sıcaklık çift kabukluların ölmesine neden olmaktadır. Buzla direk temas da bu bireyleri öldürür, eğer soğutmada buz kullanılacak ise buzla midye arasına temiz bir bez ya da havlu konması gerekmektedir. En son üzeri ıslak havlu ile kapatılmalıdır.

Eğer kabuklar açılmış ise içindeki su boşaltılır böylelikle midyeler kirli su içerisinde kalmaz. Çünkü midyeler soğuk odada bile kötü kokmaya başlar ve midyeler açıldığında midye eti kontamine olabilmektedir. Kapağı kapalı kapta bekletilmemelidir. İki tip buz kullanılmaktadır, bunlardan biri yaprak buz bir diğeri ise son yıllarda su ürünlerinde kullanımı giderek artan sıvı buzdur. Çift kabuklu yumuşakçaların buzda depolanması Şekil 1, 2 ve 3'te sırası ile verilmiştir.



Şekil 1. Soğuk Muhafazada Satışa Sunulan Deniz Tarağı (Fotoğraf: B.Ş.Yılmaz)

Yaprak Buz: Yaprak buz, blok buzlara göre daha küçük parçalıdır. Geniş yüzey alanına sahip olduğu için de hızlı soğutma sağlamaktadır.

Bunun yanında ince olduğu için çabuk erimektedir. Bu yüzden yaprak buz kullanıldığında kullanılan kabın eriyen buz suyunun uzaklaştırılabileceği şekilde tasarlanmış dizayn edilmiş olması gerekmektedir.



Şekil 2: Soğuk Muhafazada Satışa Sunulan İstiridyeler (Fotoğraf: B.Ş.Yılmaz)



Şekil 3: Çeşitli Çift Kabuklu Türlerinin Soğukta Depolanması (Fotoğraf: B.Ş.Yılmaz)

Sıvı Buz: Sıvı buz sistemi, her torbada ki her bir midye arasına giren ve tüm ürünün hızlı bir şekilde soğumasını sağlayan otomatikleşmiş buzlama metodudur (Barrento vd. 2013). Sıvı buz, sıvı (su) ve katı (buz)

olmak üzere iki farklı fazdan oluşmaktadır. Bu soğutma sisteminde, denizel türlerin $-0,5$ ile $-1,5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklar arasında değişen sıfır altı sıcaklık derecelerinde depolanması sağlanmaktadır. Yaprak buz ise su ürünlerin son sıcaklığını sadece 0°C 'nin hafif yukarısındaki sıcaklığa getirebilmektedir. Böylelikle sıvı buz, akuatik ürünlerin korunmasında ümit veren değerli bir tekniktir. Bu sistemin bazı avantajları (1) daha yüksek ısı alışverişi kapasitesinden elde edilen hızlı soğutma oranı, (2) mikroskobik küresel tanelerden dolayı balık yüzeyinde daha az fiziksel zarar, (3) balık yüzeyini tamamen kaplayarak oksijen faaliyetine karşı su ürünlerine gelişmiş koruma sağlanması ve (4) proses otomasyonun sonucu olarak balığın daha hijyenik koşullarda işlenmesi şeklinde sıralanabilir (Rodríguez vd. 2006).

Dondurma teknolojisinde: ürünlerin yapısında serbest olarak bulunan su, buz kristaline dönüşmekte, mikroorganizmaların aktivitelerinin durmasına, biyokimyasal ve kimyasal olayların yavaşlamasına neden olmaktadır. Çift kabuklu türlerinin dondurma teknolojisinde kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir. Çift kabuklu yumuşakçalar kabuk ile birlikte dondurulabildiği gibi, kabukları çıkartılıp da dondurulabilir ya da haşlama işlemi sonrasında da dondurulabilmektedir.

Soğuk Havayla Dondurma (Durgun havada dondurma): Bu dondurma yönteminde kullanılan soğuk hava hareketsiz bir durumdadır. Bu şekilde soğutma sağlanır. Bu yöntemde ısı yalıtımlı bir soğuk oda kullanılmaktadır.

Soğutma ekipmanının evaporatörü tavanda, duvarda veya odanın ortasından yukarıya doğru ilerleyen borular şeklinde ya da dik duran raflar şeklinde olabilmektedir. Dondurulacak olan gıda, raflar arasına yerleştirilmektedir. Dondurma işleminin yapıldığı odalarda hava akımı olmamalıdır. Havanın hareketi doğal akımla sağlanmalıdır.

Hava Akımında Dondurma: Soğuk hava ile dondurma yönteminde en çok kullanılan yöntemdir. Bu dondurma yönteminin prensibi dondurulan ürün ile evaporatör arasındaki havanın hızlı hareket etmesine dayanmaktadır. Hava güçlü fanlar yardımı ile hareket ettirilmesi sağlanarak, soğutma spiralleri üzerinden geçerken soğumaktadır. Soğuk hava; 10-15 m/s hızla dondurulacak ürünlerin üzerinden geçer. Hava akımında dondurma yönteminde tünel dondurucular, akışkan yatak dondurucular, spiral bantlı dondurucular olmak üzere 3 tip dondurucu kullanılmaktadır. En yaygın şekilde kullanılan dondurucu ise tünel donduruculardır.

Bireysel Hızlı Dondurma (IQF): Bu yöntem ile dondurulacak gıda ürünleri -40°C 'deki sıcaklıkta çok kısa sürede tek tek dondurulmaktadır. Ürün bantlı dondurucular üzerinde ilerlerken bant altından çok yüksek hızda hava verilmektedir. Bu şekilde ürün neredeyse havada yüzer halde durmaktadır. Bu dondurma yöntemi ile ürün tek tek parçalar halinde dondurulmuş olur.

Plakalı Dondurucularla Dondurma: Bu yöntem ile dondurulmak istenen ambalajlanmış ürün içten soğutulan 2 adet plaka arasına yerleştirilmektedir. Ürünlerin plaka ile direk temas etmesi sonucu ürün

dondurulmaktadır. Bu yöntemle dondurulacak ürünün mutlaka dikdörtgen prizması şeklinde bir ambalaj içerisinde bulunması gerekir.

Daldırarak Dondurma: Bu yöntem ile dondurulmak istenen ambalajlanmış veya ambalajlanmamış ürün düşük derecelere kadar soğutulmuş uygun bir sıvıya daldırılır veya bu sıvı dondurulmak istenen ürün üzerine püskürtülür.

Kriyojenik sıvılarla dondurma: Kaynama noktası çok düşük olan sıvılaştırılmış gazlara kriyojenik sıvılar denir. Sıvı azot ve sıvı karbondioksit en çok kullanılan kriyojenik sıvılar arasında yer almaktadır. Sıvı azot ve sıvı karbondioksitin kaynama noktaları sırası ile -196°C ve -145°C 'dir. Bu yöntem ile paketlenmiş ürün ile sıvı arasında güçlü bir ısı alışverişi gerçekleştiği için hızlı bir donma gerçekleşmektedir.

Marinat: Geleneksel işleme yöntemlerinden biri olup, birçok çeşitte marinat ürünü yapılmaktadır. Sirke ve veya limon suyu gibi organik asitlerin uygulanması ile balıketi veya kısımlarının olgunlaştırılmasını sağlayan bir işleme teknolojisidir. Etler olgunlaştıktan sonra çeşitli baharatlar ve veya soslar (domates, biber vb) ilave edilebileceği gibi sadece bitkisel yağ ilave edilip cam kavanozlarda ve kilitli plastik ambalajlarda da satışa sunulmaktadır. Çift kabuklu yumuşakçalarda uygulanan marinat teknolojisinde ise ürünler buharda pişirildikten sonra sadece organik asitler ve/veya baharat ve soslar kullanılıp yukarıda bahsedildiği şekilde paketlenerek tüketicinin beğenesine

sunulabilmektedir. Midyelerin haşlama işlemi sonrasında marinasyon işlemi Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4: Haşlama Sonrasında Midyelerin Marinasyon İşlemi (Fotoğraf: B. Sayar)

Konserve: Çift kabuklular, buharda 130°C’de 30-70 sn pişirildikten sonra etler kabuklarından çıkarılıp ayrılır. Dolum işlemi öncesinde konserve yapılacak kaplar yıkanıp temizlendikten sonra etler konserve kutusuna (teneke veya cam) yerleştirilir ve üzerine salamura sos (bitkisel yağ, sirke, biber vb.) ilave edildikten sonra hava uzaklaştırılır (termik yöntem, mekanik yöntem, tepe boşluğuna buhar enjeksiyonu, sıcak dolum vb). Kapaklar kapatılmadan önce uygun tepe boşluğu bırakılmalıdır. Sonrasında 115°C’ de 40 dakika süresince otoklavlama gerçekleştirilir. Sıcaklık uygulaması (sterilizasyon) sonrasında soğutma işlemi gerçekleştirilir ve depolanır (Blanco , 2016).

Tütsüleme Teknolojisi: Tütsüleme diğer bir adı dumanlama teknolojisi; çok uzun yıllardır kullanılan işleme yöntemlerinden biridir. Bu teknoloji; içerdiği antimikrobiyal ve antioksidan bileşikler nedeni ile en eski su ürünleri muhafaza yöntemlerinden biridir. İlk uygulandığı

yıllarda ürünün sadece raf ömrünü uzatmak için kullanılırken günümüzde bu özelliğinin yanında kendine özgü lezzet ve renk verdiği için de tercih edilmekte ve birçok gıda gurubuna uygulanmaktadır. 2 tip tütüleme teknolojisi vardır: Soğuk Tütüleme ve Sıcak Tütüleme. Son yıllarda tütülenmiş gıda endüstrisi tütü yağ, tütü tozu veya sadece sıvı formda tütü aroması kullanmaya da başlamıştır (Alçıçek, 2014).

Soğuk tütüleme teknolojisi 25-30°C arasındaki tütüleme dolaplarında birkaç saat içerisinde gerçekleşmektedir (Bell ve Kyriakides 2000). Sıcak tütüleme ise 90-95°C arasındaki özel fırınlara su ürünleri birkaç saatliğine yerleştirilir, ürün iç ısısı ise yaklaşık 30 dakikada 65-75 °C'ye ulaşmaktadır.

Türkiye'de birçok işletmede kullanılan yöntemlerden biri ise taze midye akan su altında yıkandıktan sonra bysus iplikçikleri ayrılır. 80°C'de 10 dakika pişirilir ve iç et kabuklarından ayrılır. % 4 tuz içeren salamurada 15 dakika (midye/su oranı: 2/1) bekletildikten sonra, 60-80°C sıcaklık arasında 13 dakika süresince kurutulur. Dumanlama ise 65-80°C'de 15 dakika süresince gerçekleştirilmektedir. Dumanlamada en çok kayın ve meşe ağaçları kullanılmaktadır. Piyasada satışa sunulan tütülenmiş midye konservesine örnek Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5: Piyasada Satışa Sunulan Tütülenmiş Midye Konservesi

Kaplanmış Çift Kabuklular: Çift kabuklulardan deniztarağı, midye ve istiridye kaplanan çift kabuklulara örnektir (Das ve Kannuchamy 2014). Türkiye’de ise kaplanmış kara midye (*Mytilus galloprovincialis*) tüketilmektedir. Kabuktan ayrılmış, temizlenmiş ham materyale çeşitli katkı maddeleri ilave edildikten sonra, macun uygulanır. Macun genellikle yumurta, su, buğday unu, tuz, maya vb. maddelerin karışımı ile hazırlanmaktadır. Daha sonra kaplama işlemi (paneleme) gerçekleştirilmektedir. Bu işlemde çeşitli renkte kaplama ürünleri kullanılmaktadır. Bu ürünler arasında en çok altın sarısı renk tercih edilmektedir. Kaplanmış ürünlere ön pişirme işlemi uygulanır, ön pişirmede 180-200°C sıcaklıktaki yağda 15-20 saniye süresince kızartılır, soğutulduktan sonra paketlenip dondurulur ve depolanır. Piyasada satışa sunulan kaplanmış midye örneği Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Piyasada Satışa Sunulan Kaplanmış Midye

Sous Vide: Bu yöntemde ambalaj içerisine sadece çiğ ürün (ısıl işlem uygulanmamış) konulabileceği gibi tuz, baharat, çeşitli soslar ve yağ gibi lezzet ve renk veren ürünlerle beraber konup vakum işlemi sonrasında kontrollü sıcaklık/zaman uygulaması yapılarak pişirilmesi (González-Fandos vd. 2004).

Çift kabuklu yumuşakçaların sous vide tekniği uygulamadan önce ürünlere isteğe bağlı olarak haşlama işlemi veya marinasyon uygulaması yapılabilir. Sonra baharat ve/veya sos ilave edilir, ardından vakum paketleme işlemi yapılır. Yaklaşık olarak 95°C’de 10 dk pişirme işlemi uygulanır ve hemen sonrasında çok hızlı soğutma gerçekleştirilir (buz dolu kap içerisinde). Daha sonra soğuk muhafazada (0-4°C) depolanır. Tüketim öncesi tekrar ısıtılıp, servis edilir (Cadun vd. 2016) (Şekil 7 ve 8).



Şekil 7. Sous vide Tekniği ile Hazırlanan Midyelerin Pişirme Aşaması (Fotoğraf: B. Sayar)



Şekil 8. Sous Vide Pişirme Yöntemi Uygulanmış Tüketime Hazır Midye (Fotoğraf: B. Sayar)

Yüksek basınç uygulamaları

Yüksek basınç uygulamaları (200-600 MPa) kabuklu (istiridye, midye, akivades) etininin kabuktan ayrılması için kullanılan son yıllardaki popüler metotlardan biridir (Kingsley 2014). 1 MPa =9.87 atmosfer basınca eş değerdir. Et kabuktan kolaylıkla ve oldukça düzgün bir şekilde ayrılmaktadır. Bu işlem fazla işgücünden kurtarır (Martin ve Hall, 2006). Isıl olmayan bir işlem olan yüksek basınç uygulamaları, bakteri ve virüs gibi patojenik mikroorganizmaları inaktif hale getirebilmektedir. Gram negatif bakteri gelişimini engelleyebilmekte, mantarları inaktif hale getirebilmekte ve *Vibrio* cinsine ait bakteri türlerinin sayısını azaltmada etkilidir. *Salmonella enterica*'da sayıca azalmaya neden olmakta ve bu özellikleri nedeni ile de ürünün raf ömrünü uzatmaktadır. 300 MPa'nın üzerindeki uygulamalarda bazen organoleptik özelliklerde istenmeyen değişikliklere neden olabilmektedir. Yüksek basınç uygulamaları; gıdanın ölçüsüne, şekline, geometrisine bakmaksızın ani ve eşit oranda gıdanın her tarafına uygulanarak yüzeydeki ve bünyesindeki patojenleri inaktif hale getirmektedir (Lou vd. 2015). Yüksek basınç uygulamaları, *Vibrio parahaemolyticus*, enteric virüsler ve diğer patojenleri inaktif ettiğinden her geçen gün kabuklu endüstrisindeki popülerliği artmaktadır (Araud vd. 2015). Yüksek basınç uygulanmış istiridyelerin, basınç uygulanmamış olanlara oranla daha hacimli, daha sulu ve daha yüksek nem içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Kingsley 2014). Aynı zamanda, basınç uygulanmış istiridyelerin duyusal değerlendirmelere göre daha fazla tercih edildiği tespit edilmiştir (Ye vd. 2015).

Yemeye hazır yiyecekler

Midye dolma

Midye dolma; özellikle deniz kıyısı olan illerde daha fazla tüketilen ve seyyar olarak da satılan işlenmiş bir üründür. Son yıllarda gıda işleme teknolojilerinin gelişmesi ile paketli ve raf ömrü belli olan midye dolma ürünleri piyasaya sunulmaya başlamıştır. Bu ürünlerin raf ömrü seyyar olarak satılanlara göre daha uzun olduğu için sadece denize kıyısı olan bölgelere değil, aynı zamanda denizden uzak olan iç bölgelere de ulaştırma imkanı doğmuştur. Böylece zaten çok popüler olan midye dolma tüketimi daha da yaygınlaştırılmıştır.

Midye dolmanın içi karabiber, tuz ve yenibahar gibi baharatlar ile pirincin hafif pişirilmesi ile hazırlanır. Daha önceden temizlenmiş kara midye veya mavi midyenin içi bu malzeme ile doldurulur. Daha sonra eti ile dışı mühürlenir tekrardan pişirme işlemi uygulanıp hazır hale getirilir. Piyasada yemeğe hazır olarak satılan midye dolma Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Piyasada Yemeğe Hazır Olarak Satılan Midye Dolma

Çift kabuklu yumuşakçaların kabuklarının değerlendirilmesi

Midye kabuklarında bulunan kalsiyum karbonat endüstriyel alanda kullanılmaktadır. Bazı ülkelerde istiridye kabukları inşaat yapımında ham madde ve kireç üretiminde (kalsiyum oksit) kullanılmaktadır. Kabuklar aynı zamanda inci tozu olarak işlenip ilaç ve kozmetikte kullanılabilir. Kabuk tozu zengin bir kalsiyum kaynağı olduğundan çiftlik ve kümes hayvanlarının beslenmesinde kullanılabilir. Tarak ve midye kabukları ise mücevher ve süs eşyası olarak da kullanılmaktadır (FAO, 2018).

Midyeler nasıl tüketilmektedir?

Midyelerin Avrupa’da nasıl tüketildiği Tablo 1 ve ülkelere göre işlenme şekilleri Tablo 2’de verilmiştir (Monfort, 2014).

Çift kabuklu yumuşakça tüketimindeki riskler

Çift kabuklu yumuşakçalar süzerek beslendiklerinden ortamda herhangi bir olası çözünmüş ve parçacık haldeki kirletici bulunması durumunda bünyelerine alabilirler. Bu canlılar ağır metal ve pestisit gibi kirleticilerin bulunduğu bölgelerde dağılım gösteriyorsa yine bu maddeleri vücutlarında biriktirebilirler (Viarengo ve Canesivd, 1991; Viarengo vd., 2007). Avrupa Birliği Gıda Yönetmeliğine göre, ‘Marine Biotoxins’in anlamı çift kabuklu yumuşakçaların özellikle toksin içeren planktonla beslenmeleri sonucundaki biriktirdikleri zehirli maddelerdir (EC, 2004). Çift kabuklu yumuşakçaların filtre ederek beslenmeleri, yüksek miktarda deniz suyu ile birlikte insan patojenlerini de içeren

birçok mikroorganizmayı biriktirmelerine neden olmaktadır. Bunlar doğal olarak ortaya çıkabileceği gibi (belirli çevresel *Vibrio* türleri gibi) insan enterik virüsleri gibi insan kaynaklı fekal kirlilik ile de bulaşabilmektedir (Messens, 2017). Midyelerde bulunan ağır metal konsantrasyonları, mevsimsel kaynaklı su sıcaklığı, besin miktarı ve üremeye bağlı değişmektedir (Mubiana vd., 2005).

Tablo 1. Midyelerin Avrupa’da Tüketim Şekilleri

Çiğ Midyeler	Pişmiş kabuğu ile servis edilen midye, soslu veya sossuz	Kabuksuz pişmiş midye limon veya sirkeli salamura	Kabuksuz pişmiş midye sosun içinde ana malzeme	Pişmiş kabuksuz et ikinci malzeme olarak	Tütsülenmiş midye (çok yaygın değil)
İspanya, Portekiz, Fransa	Bütün Avrupa ülkelerinde	Kuzey Avrupa Ülkelerinde	Güney Avrupa Ülkelerinde	Bütün Avrupa Ülkelerinde, birçok menüde	İngiltere, Almanya, Hollanda, Diğer kuzey Avrupa ülkeleri

Tablo 2. Midyelerin ülkelere göre işlenme yöntemleri

Ürün	Çiğ canlı midye	Sosta kabuklu midye	Kabuksuz pişmiş/ pişmiş et	Yarım kabukta ön pişmiş et	Kabuksuz pişmiş et, sosta	Tütsü et	Kabuksuz
İşlenmiş form	Çeşitli ölçülerde poşet içerisinde, VP*	VP, soğutulmuş veya dondurulmuş	Poşetler içinde IQF dondurulmuş veya ş, kavanozda dondurulmuş konserve	VP, soğutulmuş veya dondurulmuş	konserve	VP, soğutulmuş veya dondurulmuş	Kaplanmış, soğutulmuş veya dondurulmuş
Köken	Bütün Avrupa	İrlanda, Fransa	Bütün Avrupa, Şili, Yeni Zelanda	Şili, Yeni Zelanda	İspanya, Hollanda	Yeni Zelanda	nadir

Midyeler gibi süzerek beslenen organizmalarda, fitoplankton patlamaları metal konsantrasyonunu yükseltmektedir (Regoli, 1998). Çift kabuklular denizden veya buldukları ortamdan Cd, Pb, Zn ve Cu gibi ağır metalleri toplamaktadır (Martincié vd. 1984). Çift kabukluların tüketimi ağır metal toksisitesi sebebi ile insan sağlığını etkileyebilmektedir. Bazı biyolojik ve jeokimyasal faktörler çift kabuklulardaki ağır metal alımı ve biyobirikimi etkileyerek akuatik ekosistemi yıkıp gıda tüketimini riskli hale getirmektedir (Kumar ve Weerasooriyagedara, 2018). Çift kabuklu yumuşakçalarda ağır metal analiz sonuçlarının kabul edilebilir değerlerin üzerinde bulunması durumunda üretim alanları ürün alımına kapatılmakta, menşei belgesi düzenlenmemekte ve tüketime sunulmamaktadır. Dondurulmuş ve işlenmiş çift kabuklulardaki kimyasal (ağır metaller ve PAHs), toksikolojik (PSP, ASP, DSP) ve mikrobiyolojik analizler ile kabul edilebilir değerler Tablo 3'te verilmiştir (Resmi Gazete, 2008).

Avrupa Birliği (AB) çift kabuklu yumuşakça üretim ve pazarlaması

AB Yumuşakça üretimi yaklaşık olarak 879.000 tondur. Bu üretimin 629.000 tonu (%72) yetiştiricilik yolu ile kalan 250.000 ton (28%) ise doğadan toplanarak elde edilmektedir (FAO 2016). Piyasada yumuşakça deniz ürünleri tüketiminin %11'ini oluşturmakta, bunun da % 65 'ini iç tüketimden sağlamakta diğer kısım ise ithalata bağlı olarak gerçekleşmektedir. Midyeler AB tüketicileri tarafından en çok tercih edilen yumuşakçadır, sonrasında ise tarak ve kum midyesi türleri

gelmektedir. Çift kabuklu yumuşakça ihracat miktarları Tablo 4'te verilmiştir.

Ne gibi yasal düzenlemelere uyulmak zorunda?

Gıda ürünüde olabilecek, işlem esnasındaki çeşitli basamakların sonucu veya çevresel kaynaklı kontaminasyon Avrupa Birliği yasaları ile kontrol altına alınmıştır. Avrupa Birliği pazarına giden su ürünleri türleri gemiye yüklenmeden önce bazen satın alan kişinin kendi laboratuvarında bazen tanınmış (bağımsız) laboratuvarlarda analiz edilir. Bakanlık tarafından onaylanmış denetçi listesindeki kişiler ve tesisi denetleyene veteriner hekimler tarafından ön sağlık veya sağlık sertifikası hazırlanmalıdır. İhracat için sağlık sertifikası veteriner hekimler tarafından hazırlanmalıdır. Arındırılan çift kabuklu yumuşakçalara ilişkin menşei belgesi ve arındırma belgesinin varlığı, menşei belgelerinin B sınıfı üretim alanlarından alınıp alınmadığı, kayıtları kontrol ederek ihraç edilen parti miktarı ile arındırılan ürün miktarının ve ürün türünün aynı olup olmadığı, çift kabuklu yumuşakçaların uygun süreyle arındırılıp arındırılmadığı, deniz suyu kullanılıyorsa deniz suyunun mikrobiyolojik analiz sonuçlarını ve analizlerin belirlenen aralıklarla yapılıp yapılmadığı, kontrol amacıyla arındırılmış ürünler üzerinde yapılan analizlerin sonuçlarını ve analizlerin uygun periyotlarla yapılıp yapılmadığı kontrol edilir (CBI, 2015).

Tablo 3. Dondurulmuş ve işlenmiş çift kabuklulardaki kimyasal, toksikolojik ve mikrobiyolojik analizler ve kabul edilebilir değerler

Ürün Grubu Kimyasal (X1)	Kabul Edilebilir Değer (Yaş Ağırlık)	Toksikolojik	Kabul Edilebilir Değer	Mikrobiyolojik	Kabul Edilebilir Değer
Dondurulmuş ve işlenmiş Ağır metaller		PSP	100 g'da 80 Mikrogram dan az olmalıdır.	A- Patojenler	
- Cıva	0,5 mg/kg			<i>Salmonella</i>	25 g ette hiç bulunmamalıdır. n*=5, c=0
- Kadmiyum	1,0 mg/kg			<i>V. parahaolyticus</i>	Hiç bulunmamalıdır
- Kurşun	1,5 mg/kg			<i>V. cholera</i>	Hiç bulunmamalıdır.
- Kalay (İnorganik)	200 mg/kg	ASP	g'da 20 Mikrogram dan az olmalıdır.		
- Bakır	20 mg/kg			B- Mikroorganizmalar (g'da)	
- Cıva	50 mg/kg				
PAH		DSP	Hiç bulunmamalıdır	<i>Staphylococcus aureus</i>	n=5, c=2, m=100, M=1000
Benzo(a)piren (Konservede dahil)	10 µg/kg			<i>Koliform</i>	n=5, c=2, m=10, M=100
DİOK.ler				<i>E. coli</i>	n=5, c=1, m=10, M=100
Dioksinlerin toplamı max	4,0 pg/g			<i>L. monocytogenes</i>	n=5, c=0
Dioksinlerin ve benzeri PCBs'lerin toplamı max	8,0 pg/g				

n*: Analizi yapılması gereken örnek ünite sayısı. c: Hatalı numune ünitelerinin kabul edilebilir maksimum sayısı. m: Hatalı kabul edilen örnek ünitelerinin g'ında bulunmasına müsaade edilen mikroorganizma sayısı. (Hiçbir örnek M'den fazla değer gösteremez.) M: Örnek ünitenin g'ında kabul edilebilecek maksimum mikroorganizma sayısı. (Hiçbir örnek M'den fazla değer gösteremez.)

Tablo 4. Çift Kabuklu Yumuşakça İhracatı (TÜİK, 2015)

Çift Kabuklu Yumuşakçalar	İthalat (kg)
İstiridyeler (kabuk dahil ağırlık<=40 gr), canlı, taze/soğutulmuş	25
İstiridyeler (kabuk dahil ağırlık>40 gr), canlı, taze/soğ.muş	5.228
İstiridyeler; diğer hallerde	1.127
Tarak canlı/taze/soğutulmuş	3.470
Tarak; diğer	10.010
Mytilus cinsi midyeler, diğer hallerde	99.030
Perna cinsi midyeler, diğer hallerde	5.589
Kara kabuk midyesi; hazırlanmış veya konserve edilmiş, hava almayan kaplarda	1.595

Kara kabuk midyesi; hazırlanmış veya konserve edilmiş, diğer kaplarda	230.504
İstiridyeler (kabuk dahil ağırlık>40 gr), canlı, taze/soğ.muş	5.228
İstiridyeler; diğer hallerde	1.127
Tarak canlı/taze/soğutulmuş	3.470
Tarak; diğer	10.010
Mytilus cinsi midyeler, diğer hallerde	99.030
Perna cinsi midyeler, diğer hallerde	5.589
Kara kabuk midyesi; hazırlanmış veya konserve edilmiş, hava almayan kaplarda	1.595
Kara kabuk midyesi; hazırlanmış veya konserve edilmiş, diğer kaplarda	230.504

SONUÇ

Çift kabuklu yumuşakçalar güvenli bölgelerden toplandıklarında ve üretildiklerinde insan sağlığı açısından oldukça yararlı bir gıda grubudur. Gerek Avrupa’da gerekse Amerika’da işlenmiş olan çift kabuklu yumuşakçalar Türk damak tadına uygun besinlerdir. Bununla birlikte, Türkiye’de uygulanan ve Türkiye’ye özgü işlenmiş ve yemeye hazır ürünlerin de hem iç piyasa hem de dış piyasadan talep görme potansiyeli bulunmaktadır. Bunların başında da midye dolma gelmektedir. Canlı çift kabuklu yumuşakça ihracatının yasak olduğu dönemlerde, bu canlılara çeşitli işleme teknolojileri uygulanarak ürün çeşitliliği daha da geliştirilebilir. Böylece Avrupa’daki ürünlere rakip ürünler yaratılır ve dış piyasa ile rekabet şansı arttırılabilir. Aynı zamanda çift kabuklu yumuşakça türlerinin tüketiminin faydaları ve tüketim şekli ile ilgili halkımızın daha fazla bilgilendirilmesi, ayrıca ürün çeşitliliği ile ilgili reklamların arttırılması sağlanmalıdır.

KAYNAKÇA

- Alçıçek, Z. (2014). Effects of Different Liquid Smoke Flavor Levels on the Shelf Life of Venus Clam (*Chamelea gallina*, L 1758), Meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38, 964-970.
- Araud, E., Di Caprio, E., Yang, Z., Li, X., Lou, F., Hughes, J. H., Chen, H., Li, J. (2015). High-Pressure Inactivation of Rotaviruses: Role of Treatment Temperature and Strain Diversity in Virus Inactivation, *Applied and Environmental Microbiology*, 81(19), 6669–6678.
- Barrento, S., Lupatsch, I., Keay, I., Shields, S. (2013). Protocol on Best Practice Handling and Transportation of Live Mussels. Technical Report supported by Project No. 243452, FP7-SME Mussels Alive, 59pp.
- Bell, C., Kyriakides, A. (2000). *Clostridium botulinum*: A practical approach to the organism and its control in foods. ISBN: 978-0-632-05521-0 June 2000, Oxford Wiley-Blackwell 328 Pages
- Blanco, J., Arévalo, F., Correa, J., Porro, M. C., Cabado, A. G., Vieites, J. M., Moroño, A. (2016). Effect of the industrial canning on the toxicity of mussels contaminated with diarrhetic shellfish poisoning (DSP) toxins, *Toxicon* 112, 1-7.
- Cadun, A., Şen, E. B, Sayar, B., 2016. Greyfurt suyu ve beyaz şarabın sous-vide teknolojisi uygulanmış kara midyelerin (*Mytilus galloprovincialis*, L.1819) kalitesine etkisi. Bilimsel araştırma projeleri, Proje No:13SÜF016.
- CBI (2015). Globally Cool. Product Factsheet: Bivalves in Europe. The Hague, The Netherlands: Centre for the Promotion of Imports (CBI).
- Das, O., Kannuchamy, N. (2014). Breaded and Battered Seafood Products: Principles and Processing Methods. *Beverage and Food World*, 41, 26-29.
- Dridi, S., Romdhane, M.S., Elcafsi, M. (2007). Seasonal variation in weight and biochemical composition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in relation to the gametogenic cycle and environmental conditions of the Bizert lagoon, Tunisia. *Aquaculture* 263, 238–248.

- Dupcic Radic, Iris Carić, M., Najdek, M., Jasprica, N., Bolotin, J., Peharda, M., Bratoš, C. A. (2014). Biochemical and fatty acid composition of *Arca noae* (Bivalvia: Arcidae) from the Mali Ston Bay, Adriatic Sea. *Mediterranean Marine Science*, 15, 520-531.
- European Parliament & Council Regulation (EC) (2004). 853 of 2004 of 29 April 2004 laying down specific hygiene rules for food of animal origin. *The Official Journal of the European Union*, 226, 22–80.
- FAO (2016). The state of world fisheries and aquaculture. Contributing to food security and nutrition for all. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Report, 200 pages.
- Fuentes A., Fernandez-Segovia I., Escriche I, Serra J.A. (2009). Comparison of physico-chemical parameters and composition of mussels (*Mytilus Galloprovincialis* Lmk.) from Different Spanish Origins. *Food Chemistry*, 112,295–302
- González-Fandos, E., Garcia-Linares, M. C., Villarino-Rodriguez, A., Garcia-Arias, M. T., Garcia-Fernandez, M. C. (2004). Evaluation of the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by the sous vide method, *Food Microbiology* 21(2), 193-201.
- Graham, J., Johnston, W.A., Nicholson, F.J. (1992). Ice in Fisheries. Fisheries Technical Paper, No. 331. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, 75pp.
- Karakoltsidis, P. A., Zotos, A. Constantinides, S. M. (1995). Composition of the commercially important Mediterranean finfish, crustaceans, and molluscs *Journal of Food Composition and Analysis*, 8, 258–273.
- Kingsley, D.H. (2014). High pressure processing of bivalve shellfish and HPP's use as a virus intervention. *Foods* 3, 336-350.
- Kumar, S.A., Weerasooriyagedara, M.S. (2018). A Review on Heavy Metals Accumulation in Coastal Bivalves used in Seafood Industry: Guide to Safely consumption of Seafood. *International Journal of Scientific and Research Publication*, 8(1), 278-281.

- Lee, R., Lovatelli, A., Ababouch, L. (2008). Bivalve depuration: fundamental and practical aspects. FAO Fisheries Technical Paper. No. 511. Rome, FAO. 139p.
- Lou, F., Neetoo, H., Chen, H., Li, J. (2015). High hydrostatic pressure processing: a promising nonthermal technology to inactivate viruses in high-risk foods. *Annual Review of Food Science and Technology*, 389-409.
- Lök, A. (2016). The current status of edible mollusc production in Turkey. 2nd International Congress on Applied Ichthyology and Aquatic Environment (HydroMediT 2016), 10-12 November 2016, Messolonghi, Greece
- Martin, D.E., Hall, S.G. (2006). Oyster shucking technologies: Past and present. *International Journal of Food Science & Technology*, 41, 223-232.
- Martincić, D., Nürnberg, H.W., Stoeppler, M., Branica, M. (1984). Bioaccumulation of heavy metals by bivalves from Lim Fjord (North Adriatic Sea). *Marine Biology*, 81(2), 177-188.
- Messens, W., S. Pablo, Escamez, F., Lees, D., Lindqvist, R., O'Mahony, M., Suffredini, E., Abrahantes, J.C., Chantzis, E., Koutsoumanis, K. (2017). Thermal processing of live bivalve molluscs for controlling viruses: On the need for a risk-based design, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 58(16), 2854-2865.
- Monfort, M. (2014). The European market for mussels. GLOBEFISH Research Programme, Vol. 115. Rome, FAO 2014. 65p.
- Mubiana, V.K., Qadah, D., Meys, J., Blust, R. (2005). Temporal and spatial trends in heavy metal concentrations in the marine mussel *Mytilus edulis* from Western Schelt estuary (The Netherlands). *Hydrobiologia*, 540, 169-180.
- Oliveira, J. A., Cunha, F., Castilho, J. L., Romalde, M. J., Pereira (2011). Microbial contamination and purification of bivalve shellfish: crucial aspects in monitoring and future perspectives: A mini-review. *Food Control*, 22:805–816.
- Oliveira, J., Castilho, F., Cunha, A., Pereira, M.J. (2013). Bivalve harvesting and production in portugal: an overview. *Journal of Shellfish Research* , 32 (3), 911–924.

- Orban, E., Di Lena, G., Nevigato, T., Casini, I., Marzetti, A., Caproni, R. (2002). Seasonal changes in meat content, condition index and chemical composition of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) cultured in two different Italian sites. *Food Chemistry*, 77(1), 57-65.
- Orban, E., Di Lena, G., Nevigato, T., Casini, I., Caproni, R., Santaroni, G., Giulini, G. (2007). Nutritional and commercial quality of the striped venus clam, *Chamelea gallina*, from the Adriatic Sea. *Food Chemistry*, 101(3), 1063-1070.
- Regoli, F. (1998) Trace metals and antioxidant enzymes in gills and digestive gland of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 34,48-63.
- Resmi Gazete. Çift Kabuklu Yumuşakçalarda Kimyasal, Toksikolojik ve Mikrobiyolojik Kabul Edilebilir Üst Sınır Değerler. Resmi Gazete, Sayı: 27004 EK-9, 2008.
- Ruano F, Ramos P, Quaresma M, Bandarra N.M, Da Fonseca I.P. (2012). Evolution of fatty acid profile and condition index in mollusc bivalves submitted to different depuration periods. *Revista Portuguesa da Ciências Veterinárias*, 111(581-582),75-84
- Rodríguez, Ó., Barros-Velázquez, J., Piñeiro, C., Gallardo, J.M., Aubourg, S. P. (2006). Effects of storage in slurry ice on the microbial, chemical and sensory quality and on the shelf life of farmed turbot (*Psetta maxima*). *Food Chemistry*, 95, 270-278.
- Serdar, S. (2016). Country report from Turkey. *Bull Jap Fish Res Edu Agen* 42, 125-127.
- Serdar, S., Lök, A. (2009). Gametogenic cycle and biochemical composition of the transplanted carpet shell clam *Tapes decussatus*, Linnaeus 1758 in Sufa (Homa) Lagoon, Izmir, Turkey, *Aquaculture*, 293, 81-88.
- Serdar, S., Lök, A. (2010). Monthly variations in gonadal development and biochemical composition of the carpet shell clam *Ruditapes (Tapes) decussatus*, Linnaeus 1758 in Mersin Bay, Aegean Sea, Turkey *Fresenius Environmental Bulletin*, 19 (6a), 1055-1063.

- TUİK (Türkiye İstatistik Kurumu) (2015). 2015 yılı Su Ürünleri İstatistikleri. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Müdürlüğü Ankara.
- Vernocchi, P., Maffei M., Lanciotti, R., Suzzi, G., Gardini, F. (2007). Characterization of Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) harvested in Adriatic Sea (Italy), *Food Control*, 18, 1575–1583.
- Viarengo, A., Canesi, L. (1991). Mussels as biological indicators of pollution. *Aquaculture*, 94, 225-243.
- Viarengo, A., Lowe, D., Bolognesi, C., Fabbri, E., Koehler, A. (2007). The use of biomarkers in monitoring: A 2-tier approach assessing the level of pollutant-induced stress syndrome in sentinel organisms. *Comperative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology and Pharmacology* 146, 281-300.
- Ye, M., Lingham, T., Huang, Y., Ozbay, G., Ji, L., Karwe, M., Chen, H. (2015). Effects of high-hydrostatic pressure on inactivation of human norovirus and physical and sensory characteristics of oysters. *Journal of Food Science* 80, M1330-M1335.



ISBN: 978-625-8061-19-2