

Su Ürünleri Bilimlerinde Yeni Güncel Konular

Editor
Ali Bilgili

BİDGE Yayınları

Su Ürünleri Bilimlerinde Yeni Güncel Konular

Editör: Prof. Dr. Ali Bilgili

ISBN: 978-625-372-504-4

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 25.12.2024

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



İçindekiler

Tunceli Su kaynakları ve Sürdürülebilirliğin Sağlanması	5
Banu KUTLU	5
Karanfil (<i>Syzygium Aromaticum</i>) Yağı: Bileşimi, Faydaları Ve Uygulamaları	25
Mustafa ÖZ.....	25
Enes ÜSTÜNER.....	25
Major Requirements For The Expansion Of Seaweed-Based İmta In Türkiye	65
Gamze TURAN.....	65
Övgü GENCER	100
Sağlık ve Kozmetik Endüstrisinde Su Ürünleri Kaynaklarının Kullanımı	127
Cansu METİN HACİSA	127
Yunus ALPARSLAN	127
Taçnur BAYGAR.....	127
Deniz Salyangozlarında Yağ Asidi Profili.....	170
Esin ÖZÇİÇEK.....	170
Balıklarda Yağ Asitlerinin Önemi	189
Nermin KARATON KUZGUN	189
Ağır Metal Kirliliği*	204
Özge ZENCİR TANIR	204
Suat ŞENGÜL	204
Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Kuluçkahane Yönetimi.....	246
Ramazan SEREZLİ	246

Effects Of Paracetamol On Reproduction And Physiological Traits Of <i>Daphnia Magna</i>	259
Çetin YAĞCILAR.....	259
Muazzez GÜRGAN ESER ²	259
İrem Nur AY ³	259
Ayşe Nur KARABAL ⁴	259
Cnidaria Filumu Özellikleri ve Karadeniz'deki Medüz Üyeleri..	273
Zekiye BİRİNCİ ÖZDEMİR.....	273

BÖLÜM I

Tunceli Su kaynakları ve Sürdürülebilirliğin Sağlanması

Banu KUTLU¹

Giriş

Sürdürülebilir kalkınmanın temelinde su, hayati bir kaynak olarak yer almaktadır. Geçmişten günümüze dünya nüfusu hızlı şekilde artarken, su kaynaklarının kullanımı ise altı katına çıkmıştır (Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi, 2002). Ancak, suya olan bu artan talep, herkesin eşit derecede fayda sağlayabileceği şekilde sürdürülebilir değildir. Bu durum, dünya genelinde su krizinin kaçınılmaz hale gelmesine neden olmuştur.

Su krizi, dünya genelinde bir milyardan fazla insanın temiz içme suyuna erişememesi ve dünya nüfusunun yarısının yeterli su ve atık su altyapısından mahrum olması şeklinde kendini göstermektedir.

¹ Prof. Dr. Banu KUTLU, Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli/Türkiye, Orcid: 0000-0001-6348-2754 kutlubanu@gmail.com

Günümüzde ve gelecek yıllarda, özellikle büyük şehirlerde su talebinin hızla artması beklenmektedir. Önümüzdeki 20 yıl içinde gelişmekte olan ülkelerde tarımsal üretimin artan su ihtiyacı nedeniyle %17 daha fazla suya gereksinim duyulacağı ve toplam su tüketiminin %40 oranında yükseleceği öngörülmektedir (AB, 2002). Bazı tahminlere göre, 2025 itibarıyla 3 milyardan fazla insan su kıtlığıyla karşı karşıya kalabilir (Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi, 2002). Bu durumun temel nedeni, aslında dünyanın su kaynaklarının azlığı değil, bu kaynakların verimli bir şekilde yönetilememesidir. Dolayısıyla, dünya genelindeki su krizi gerçekte bir kaynak kıtlığı değil, bir yönetim sorunu olarak görülmelidir. Küresel ölçekte herkes için yeterli su kaynağı mevcutken, etkili ve sürdürülebilir yönetim politikalarının eksikliği, suyla ilgili gelecekteki tehditlerin ciddi bir sorun haline gelmesine yol açmıştır.

Sosyo-ekonomik, teknik ve kurumsal faktörlerin bir arada değerlendirilmesi ihtiyacı, “bütünleşik su kaynakları yönetimi” kavramının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Su, yalnızca insan sağlığı ve yaşamı için değil, aynı zamanda ekosistemlerin devamlılığı ve ülkelerin kalkınması için de kritik bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Ancak, giderek artan su kıtlığı ve hızla düşen su kalitesi, küresel bir sorun olarak gün yüzüne çıkmaktadır ve bu durum, toplumlar ve ekonomiler üzerinde birçok zincirleme etki yaratmaktadır. Dünyadaki temiz su kaynakların korunarak kullanılması ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için koruma-kullanma dengesinin ülkemizin sosyo-ekonomik koşullarına uygun bir şekilde düzenlenmesi büyük önem arz etmektedir ve bu, oldukça güç bir sorumluluktur. Tüm bu etkenlerin çözümü ise ancak sürdürülebilir su yönetimi kapsamında mümkün olacaktır.

Günümüzde su kaynaklarının yönetimi, havza düzeyinde ve diğer doğal kaynaklarla uyum içinde ele alınması gereken bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Su, enerji, tarım, sağlık ve çevre gibi sosyoekonomik kalkınmanın temel sektörlerine destek sağlayan önemli bir itici güç olarak kabul edilmektedir. Bu kaynakların, çevreye uyumlu ve bütüncül bir yaklaşımla yönetilmesi, sürdürülebilir kalkınmanın vazgeçilmez unsurlarından biridir. Suyun verimli kullanımı kadar, doğal yenilenme süreçlerini dikkate alarak gelecek nesillerin ihtiyaçlarının da gözetilmesi kritik bir öneme sahiptir.

1.Türkiye Su Varlığı

Dünyadaki sınırlı su kaynakları ve hızla artan su talebi, su sorununu çözülmesi gereken en acil konulardan biri haline getirmiştir. Bu sorunun üstesinden gelmek için, su kaynaklarının mekânsal ve zamansal uyum içinde yönetilmesi ve arz-talep dengesinin sağlanması büyük bir fırsat yaratmaktadır. Ancak, bu dengeyi sağlamak için arıtma tesisleri ve kırsal kesimlere su temini gibi maliyetli ve acil yatırımlar yapılması gerekmektedir. Su kaynakları ve nüfusun dünya üzerinde dengesiz dağıldığı göz önüne alındığında, bazı bölgeler su zenginliği yaşarken, diğerleri ciddi su kıtlığıyla karşı karşıyadır. Bu orantısız dağılımın belirgin örneklerinden biri, Türkiye'nin bulunduğu Orta Doğu'dur. Su kaynakları açısından bakıldığında, Türkiye ne su zengini ne de su fakiri bir ülke konumundadır. Ülkenin ekonomik yapısı, nüfus artışı ve buna bağlı olarak artan gıda ve enerji ihtiyacı düşünüldüğünde, su kaynaklarının enerji üretimi ve tarımsal sulama amacıyla kullanımı Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu alanlarda etkili planlamalar yapılması gereklidir.

Türkiye, su kaynaklarını iyi bir şekilde yönettiği takdirde, Orta Doğu'daki uluslararası politikalar üzerinde, gelecekte petrol kadar önemli bir ekonomik ve siyasi araç olarak etkili olabilir. Türkiye su kaynakları açısından hem kendi ihtiyaçlarını karşılayabilen hem de sınır aşan sular aracılığıyla komşu ülkelere su sağlayabilen ülkelerden biridir. Ayrıca, deniz kıyılarının uzunluğu, gelecekte arıtma teknolojilerinin gelişip maliyetlerin düşmesi durumunda, deniz suyunun arıtılarak kullanılmasında önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Ülkemizde uzun yıllar süren gözlemler sonucunda, yıllık ortalama yağış miktarının 643 mm olduğu saptanmıştır. Bu yağış miktarı, bölgelere ve mevsimlere bağlı olarak büyük farklılık gösterir ve genellikle 250 mm ile 3000 mm arasında değişim gösterir. Yıllık yaklaşık 501 milyar m³ yağışın yalnızca 186 milyar m³'ü akışa geçerek akarsular aracılığıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere ulaşmaktadır. Ekonomik ve teknik açıdan kullanılabilir su potansiyelinin ise 95 milyar m³/yıl olduğu belirtilmektedir (Burak & ark., 1997). Şu anda bu potansiyelin hidrolik olarak %29'u (27,5 milyar m³/yıl) değerlendirilmekte olup, inşa halindeki hidroelektrik tesislerin tamamlanmasıyla birlikte bu oranın %38'e çıkması öngörülmektedir (TÜSİAD, 1998). Ülke sınırları dışında doğup ülkeye giren akarsulardan elde edilen su miktarı ise sadece 7 milyar m³/yıl düzeyindedir. Bazı akarsu havzalarında su talebinin mevcut potansiyeli aştığı dikkat çekerken, su kaynaklarının Türkiye'nin coğrafi bölgelerine eşit dağılmadığı da önemli bir husustur. Suyun miktarındaki bu dengesizliğe ek olarak, ülke genelinde su kalitesi açısından da ciddi farklılıklar bulunmaktadır ve bu durum sağlıklı ve güvensiz su kullanımını kaçınılmaz hale getirmektedir.

1988 yılında Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nın 2872 Sayılı Çevre Kanunu'nun 8. Maddesi gereğince yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY, 1988), su kalitesi yönetimi konusunda kapsamlı düzenlemeler sunmaktadır. Bu yönetmelik, su kaynaklarının ekosistem ilkelerine uygun olarak korunmasını ve ülke ihtiyaçlarına göre su kalitesinin iyileştirilmesini amaçlamaktadır. Yönetmelik kapsamında, içme ve kullanma suyu rezervuarlarının çevresinde koruma alanları oluşturulması, evsel ve endüstriyel atık suların deşarj düzenlemeleri ve tarım arazilerinin korunmasına yönelik kurallar belirlenmiştir. Ayrıca, yüzey ve yeraltı suları için kalite sınıflandırmaları yapılmıştır.

Son zamanlardaki ilerlemeler, dünya genelindeki su krizine çözüm bulmada "bütünleşik su kaynakları yönetimi" ilkelerinin giderek daha fazla önem kazandığını göstermektedir. Bu doğrultuda, Avrupa Birliği de su politikalarını yeniden şekillendirerek, Aralık 2000'de yürürlüğe giren "Su Çerçeve Direktifi" (SÇD) ile havza bazlı bir yönetim yaklaşımını benimsemiştir. Bu direktif, AB sınırları içindeki su kaynaklarının sadece miktarını değil, aynı zamanda kalitesini de korumayı ve düzenlemeyi amaçlamaktadır. Sonuç olarak, Avrupa'daki su kaynaklarını ortak bir çerçevede koruyacak kapsamlı bir politika oluşturulmuştur. SÇD, bu bağlamda, daha önce yayımlanan "Kentsel Atıksuların Arıtılması Direktifi" gibi yönetmelikleri temel alarak, su kaynaklarının bütünsel bir yaklaşımla korunmasını sağlamayı amaçlamaktadır.

Su Çerçeve Direktifi (SÇD), daha önce yayımlanan suyla ilgili mevzuatları kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Bu mevzuatlar arasında, "Arıtılmasına İlişkin Direktif (91/271/EEC)", Nitrat Direktifi (1991), İçme Suyu Direktifi (1998), Bütünleşik Kirlenme

Önleme ve Kontrolü (IPPC) Direktifi (1996) ve Yüzme Suyu Kalitesi Direktifi (1991) yer almaktadır. Gelecekte, sınır ötesi su kaynakları ve bu kaynakların toplama havzaları, ilgili ülkeler tarafından ortaklaşa yönetilecektir. Bu, sadece ulusal ya da bölgesel yönetim yaklaşımlarının ötesine geçilmesini ve daha geniş çaplı bir iş birliğini gerektirecektir. Su kaynaklarının kalitesini değerlendirme yöntemleri de değişmektedir; geçmişte yalnızca kirleticiler dikkate alınırken, artık su ekosisteminin flora ve faunasını, yani su ekolojisini de göz önünde bulundurmak gerekecektir. 2015 yılı itibarıyla tüm su kaynaklarının, kalite kategorilerine göre "iyi durum" seviyesine getirilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, AB ülkeleri hem ulusal hem de uluslararası düzeyde uygun ölçüm yöntemleri ve yönetim planları geliştireceklerdir. Su Çerçeve Direktifi, bu ilkeler doğrultusunda tüm katılımcıların su yönetimi süreçlerine etkin katılımını teşvik edecek ve suyun ekonomik bir değer olarak kabul edilmesiyle, su fiyatlandırmasında daha doğru ve gerçekçi bir yaklaşım benimsenmesini sağlayacaktır. Avrupa Birliği, "suyu kullanan öder" ilkesini benimseyerek, su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamayı amaçlamaktadır.

Türkiye'nin su kaynakları ile su tüketimi arasındaki dengesizlik, ülkenin su zengini olmadığı ve gelecekte su kıtlığı riskiyle karşı karşıya kalacağı gerçeğini gözler önüne sermektedir. Şu an için Türkiye'de kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı yaklaşık 1.600 m³'tür. Bu değer, dünya genelindeki ortalamaların ve su zengini kabul edilen ülkelerin çok altında kalmaktadır; zira su zengini ülkelerde bu miktar 5.000 m³'ün üzerinde olmaktadır. Türkiye'nin 2025 yılı itibarıyla nüfusunun 100 milyon sınırına dayanması bekleniyor; bu da su kaynaklarına olan talebin hızla

artacağı anlamına gelir. Eğer bu konuda gerekli önlemler alınmazsa, su kıtlığı ciddi bir tehdit haline gelebilir; bu da su kaynakları üzerindeki baskının daha da artacağı anlamına gelmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın temel amacı, çevreyi kirlenmeden korumak ve doğal kaynakları israf etmeksizin kullanmaktır. Bu yaklaşım, insan sağlığını güvence altına alırken, doğal kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasını gerektirir. Kalkınma sürecinde, su kaynaklarının artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde sürdürülebilir bir yönetim anlayışıyla ele alınması büyük önem taşımaktadır.

Su yönetimi, su kaynaklarının verimli bir şekilde planlanması, dağıtılması ve kullanılması sürecini kapsar. Bu süreç, su kaynaklarının geliştirilmesine yönelik stratejik ve teknik kararlar almayı, su hakları ve tahsisatını düzenlemeyi, çevreyi koruyacak önlemleri uygulamayı, suyun fiyatlandırılmasını belirlemeyi, arazi kullanımını yönetmeyi ve kullanıcıların aktif katılımını teşvik etmeyi içerir.

Sürdürülebilir su yönetimi, doğadaki ekolojik dengeyi göz önünde bulunduracak şekilde, tüm ülkelerin ortak bir yaklaşımla ve küresel düzeyde koordine edilen politikalarla ele alınması gereken bir mesele olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yönetim anlayışının temel amacı, su kaynaklarını tahrip etmeden ve hidrolojik sistemin işleyişini bozmadan hem bugünün hem de geleceğin su ihtiyacını karşılayabilecek sürdürülebilir bir potansiyel yaratmaktır.

2. Tunceli İli Su Kaynakları

Tunceli ili, su kaynakları açısından oldukça zengindir. Bölgenin yüksek ve engebeli yapısı çok sayıda akarsuyun oluşmasına olanak

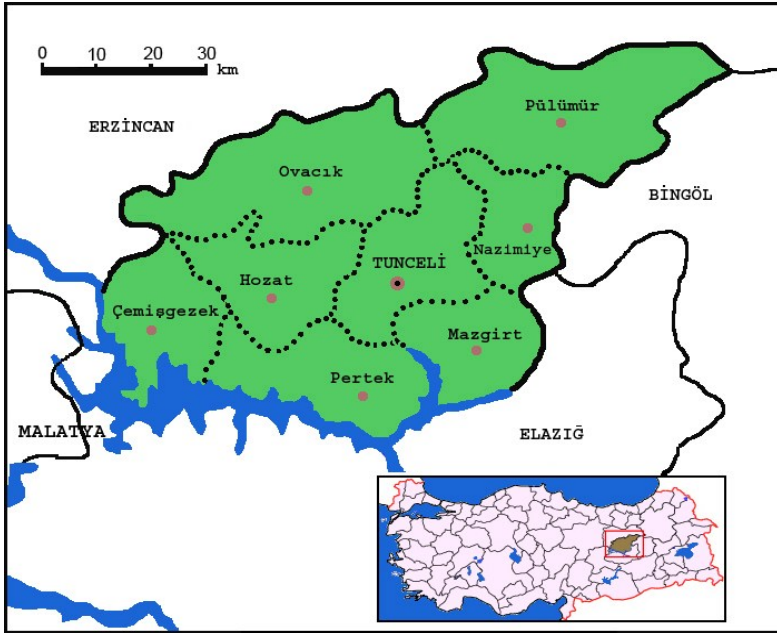
tanır. Kış aylarında yağışlar çoğunlukla kar şeklinde olduğu için bu mevsimde akarsular yeterince beslenmez. Fakat ilkbaharda, karların erimesi ve yağmur yağışlarıyla birlikte akarsular bol miktarda su taşır. Munzur ve Mercan dağları çevresinde yer alan akarsular, dağ zirvelerindeki sirk gölleri ve karstik kaynaklarla önemli bir su potansiyeli barındırır. Bu dağlık bölgede sürekli akan akarsuların yanı sıra, geçici olarak akan çok sayıda dere de bulunmaktadır. Bu dereler, daha çok dağlık alanların kuzey kısmında yoğunlaşmıştır (Durmuş & Çağlıyan, 2009). Düzenli yağış alan dağlarda, kar ve yağmur suları yer altına sızarak daha düşük rakımlarda kaynaklar şeklinde yeniden yüzeye çıkar. Bu sürekli kaynaklar sayesinde akarsular bol miktarda su taşır ve akışları oldukça düzenli olur. Tunceli'nin en önemli akarsuları arasında Munzur Suyu, Mercan Deresi, Pülümür Çayı, Peri Suyu ve Tahar Çayı yer alır.

3. Akarsular:

Tunceli il sınırları içinde bulunan akarsuların toplam uzunluğu, il sınırları içindeki uzunlukları ve yıllık ortalama debileri aşağıda belirtilmiştir. Düzenli yağış alan dağlarda, kar ve yağmur suları yer altına sızarak daha düşük rakımlarda kaynaklar şeklinde yeniden yüzeye çıkar (Şekil 1). Bu sürekli kaynaklar sayesinde akarsular bol miktarda su taşır ve akışları oldukça düzenli olur. Tunceli'nin en önemli akarsuları arasında Munzur Suyu, Mercan Deresi, Pülümür Çayı, Peri Suyu ve Tahar Çayı yer alır (Tablo 1).

Tablo1 Tunceli İli Akarsu Kaynakları

Akarsu	Toplam Uzunluğu (km)	İl Sınırları İçindeki Uzunluğu (km)	Debisi (m ³ /sn)	Kolu Akarsu
Mercan Suyu	21	21	18	Munzur
Munzur ayı	113.4	113.4	98	Fırat
Pülümür ayı	76.62	76.62	40	Munzur
Tağar ayı	50	50	21	
Singeç ayı	39.4	39.4	-	



Şekil 1. Tunceli İli Haritası

3.1.Munzur ayı

Munzur Çayı, Tunceli'nin en büyük akarsuyudur. Ovacık ilçe merkezinin birkaç kilometre batısında, Munzur Dağları'nın eteklerinde doğar. Ziyaret köyünde bol su taşıyan karstik kaynaklar halinde yüzeye çıkan ve batıdan doğuya doğru akararak ilerleyen Munzur Çayı, Koyungölü köyü yakınlarında Karagöl Deresi'nin oluşturduğu birikinti yelpazesi nedeniyle güneye yönelmiş, yaklaşık 3,5 km boyunca güneydoğuya akıp tekrar eski yönüne dönmüştür (Kutlu & ark., 2017). Ovacık ilçesinde, Munzur Dağlarının derinliklerinden gelen Mercan Vadisi boyunca uzanarak çıkan Mercan Deresi ile 5 km'lik bir alanda birleşen Munzur Çayı, dar ve derin vadilerden hızla güneye doğru akar (Şekil 2). Tunceli şehir merkezine ulaşana dek Havaçor, Şamuşağı, Mamuşağı, Kabuşağı, Nanikuşağı, Haçılı, Mercan, Merho, Sarıtaş, Laç, Kalan ve İksor Deresi gibi birçok akarsu ile birleşir. Şehir merkezinde Pülümür Çayı ile buluşarak güneye yönelir ve sırasıyla Uzunçayır Baraj Gölü ve Keban Baraj Gölü'ne dökülür (Kutlu & ark., 2017).

Ovacık ilçesinde Munzur Çayı, yaklaşık 5 km boyunca Munzur Dağları'nın derinliklerine uzanan Mercan Vadisi'nden gelen Mercan Deresi ile birleşir. Bu birleşimden sonra Munzur Çayı, yer yer dar ve derin vadilerden hızla güneye doğru akar. Tunceli şehir merkezine kadar Havaçor, Şamuşağı, Mamuşağı, Kabuşağı, Nanikuşağı, Haçılı, Mercan, Merho, Sarıtaş, Laç, Kalan ve İksor Deresi gibi birçok dere ile birleşerek akışını sürdürür. İl merkezinde ise Pülümür Çayı ile birleşerek güneye yönelir ve sırasıyla Uzunçayır Baraj Gölü ile Keban Baraj Gölü'ne dökülür.

Munzur Suyu, kış aylarında 0-4°C, yaz aylarında ise 15-20°C su sıcaklığı ile berrak ve temiz bir akarsu olup özellikle kırmızı benekli alabalık açısından zengin bir balık varlığına sahiptir. Su debisi çok

düzenli olmamakla birlikte, Aşağı Torunoba'dan Tunceli şehir merkezine kadar olan kısmı rafting için uygun bir alan sunmaktadır. 2013 yılında bir ekip tarafından yapılan incelemelerde Munzur Suyunun, uluslararası rafting yarışmalarına elverişli olduğu belirlenmiştir.

Munzur Vadisi boyunca, akarsu yatağının genişlediği alanlarda doğal bitki örtüsü dikkat çekerken, dar ve derin kısımlarında dik yamaçlar, ilginç kaya oluşumları, kanyonlar ve şelaleler gibi doğa harikaları gözlemlenebilir. Bu kanyonlar arasında, Halbori Gözelerinin yaklaşık 3-4 km kuzeyinde Munzur Suyuna katılan Laç Deresi'nin oluşturduğu ve doğuda Pülümür Çayı'na kadar uzanan kanyon oldukça etkileyici bir manzara sunmaktadır.

Ovacık-Yeşilyazı civarında ve Munzur Gözelerinden 1,5 km aşağıda, Munzur Suyunun iki yakasında bölgenin karakteristik ağacı olan huş ağaçları görülür. Türkiye'de nadir rastlanan bu ağaç türü, akarsu kıyısında güzel gövdeleriyle bitki örtüsüne büyük katkı sağlar. Munzur Suyunun yukarı kısımları, yöreye özgü kırmızı benekli alabalığın yetişmesi için son derece uygun şartlara sahiptir. Munzur Suyu, Mercan Deresi ve bu akarsulara katılan diğer küçük derelerde yaşayan kırmızı benekli alabalık, Munzur Gözelerinin 1-2 km güneyinden başlayarak yaklaşık 75 km boyunca bu su alanında yayılmaktadır. Alabalık, endemik türleri ve lezzetiyle sadece ekonomik bir değer yaratmakla kalmayıp, bölgeye turizm açısından da önemli bir potansiyel sunmaktadır (Anonim, 2012a).

Işık'ın (2012) aktardığına göre, Evliya Çelebi, Seyahatname 'de Munzur Çayı için şunları anlatır: “Ovacık nahiyesinde, Munzur Baba Aziz'in dağından çıkan ve Murat Nehri'ne karışan bir

kaynaktır. Bu nehir, her yıl ağustos ayında kırk gün boyunca acı, kırk gün ise tatlı akar. Nehrin lezzetli alabalıkları vardır ve avcılar ziyaret bölgesinin aşağısında balık tutarlar. Eğer ziyarette avlanırlarsa balıklar pişmez. Ayrıca, bu pınarın kuzeyinde Munzur Baba'nın diktiği, kesildiğinde zarar getiren, simsiyah bir ağaç bulunur. "Munzur Çayı, yaklaşık 75 km uzunluğunda olup 793 hektarlık bir yüzey alanına ve saniyede ortalama 87 m³ su akışına sahiptir. Bu çay, Tunceli il sınırları içinde doğar ve yine il sınırları içinde Keban Baraj Gölü'ne dökülür. Karapınar (1972) çalışmasında, Munzur Çayı'nın Türkiye'de balık bulunan akarsular arasında yer aldığını ve Murat Nehri'ne döküldüğünü belirtmiştir. Bilge (1972) ise, Munzur Suyu'nda alabalık ve akbalık türlerinin yaşadığını ve Doğu Anadolu Bölgesi'nin toplam balık üretiminin 1120 ton olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, Bingöl, Hakkâri ve Tunceli illerine ait balık ürünleri hakkında istatistiksel veri bulunmadığına dikkat çekmiştir. Çıldır, Zap ve Munzur sularında yakalanan alabalıkların oldukça büyük olduğunu, bazen 10-15 kiloluk alabalıkların yakalandığını, Fırat ve çevresindeki sularda ise sazanların 15-20 kiloluk büyüklüklere ulaşabileceğini aktarmıştır.

Geldiay & Balık (2007), Kuru'nun (1975) çalışmalarına atıfta bulunarak, Munzur Çayı'nda alabalık (*Salmo trutta macrostigma*) ve Kuru'nun (1971) çalışmalarında ise tatlı su kefali (*Leuciscus cephalus* Linnaeus, 1758) ve kababurun balığı (*Chondrostoma regium* Heckel, 1843) türlerinin rapor edildiğini belirtmişlerdir. Çolak (1981), Keban Baraj Gölü balık faunası üzerine yaptığı araştırmada, Munzur ve Peri sularının birleşim noktası olan Pertek'te *S. trutta macrostigma* türüne rastladığını belirtmiştir. 2010 yılında Tunceli ilinde yapılan bir balık tüketim anketine göre, bölge halkı

tarafından Munzur Alabalığı olarak bilinen dağalas (*Salmo trutta macrostigma* Dumeril, 1858) en beğenilen balık türü olarak %39,8 oranında seçilmiştir. Ancak, ticari avcılığının yasak olması nedeniyle bu balığın tüketim oranı %14,7 gibi daha düşük bir seviyededir (Yüksel & ark., 2011).

Keban Baraj Gölü balık faunası üzerine yapılan bir çalışmada, Munzur Çayı'nda bulunan *Salmo macrostigma*'nın karnivor olduğu ve kış aylarında soğuk sular nedeniyle Keban Baraj Gölü'ne kadar indiği belirtilmiştir. Ancak, Uzunçayır Barajı'nın inşası sırasında balıkların göç etmesine olanak sağlayan geçitlerin yapılmaması nedeniyle, bu balık türünün Munzur Çayı'na göç etmesi engellenmiş ve yakın gelecekte Keban Baraj Gölü balık faunasında yer almayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, bu balık türü koruma altında olduğundan, yıl boyu avlanması yasaklanmıştır (Yıldırım & ark., 2012).

Son olarak, Munzur Çayı'nda yapılan bir araştırmada, toplam 11 farklı zooplankton türü tespit edilmiştir (Saler, 2011). Temiz tatlı su kaynakları, suyun insan tüketimi ve gelecekteki nesiller için kullanılabilirliği ve kalitesi açısından korunması gereken önemli bir çevre olgusudur. Tunceli ili sınırları içinde bulunan ticari olarak içme suyu olarak kullanılan, fonksiyonel madenler ile tarım ve hayvancılık çayın suyu kalitesi; su kalitesi endeksi ve çok değişkenli istatistiksel yaklaşımlarla değerlendirilmiştir. Mevcut çalışmanın sonuçları, su kalitesi parametrelerinin, WHO ve ulusal izin verilen sınırlarının içinde olduğunu göstermiştir.



Şekil 2. Munzur Çayı

3.2.Pülümür Çayı

Pülümür Çayı, Avcı Dağları'nın eteklerinden doğar ve Tunceli il merkezine kadar uzanarak Munzur Suyuna katılır. Bu çay, kar suları ve birçok dereden beslenmesi nedeniyle suyu boldur; ancak rafting yapmak için debisi yeterli değildir. Pülümür Çayı'nın Kırmızıköprü'nün güneyindeki bölgesi, balık çeşitliliği bakımından oldukça zengindir ve sportif balıkçılık için uygun bir alandır.

Çayın üzerinde, Pülümür ilçe merkezinin yaklaşık 3 kilometre güneyinde Pülümür Hanım (Hatun) Köprüsü yer alır. Ancak bu köprü'nün kitabesi günümüze ulaşamamış ve kaynaklarda hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır, bu yüzden yapım tarihi ve kimin tarafından inşa edildiği belli değildir (Işık, 2012). Pülümür Çayı, Hel Dağı ve Bağırpaşa Dağı'ndan kaynaklanan Aşkirik, Dereova, Kutudere, Yastık ve Çukurderesi gibi derelerle beslenip, il

merkezinde Munzur Suyu'na katılmaktadır. Çayın suyu berrak olup, alabalık gibi balık türlerine ev sahipliği yapmaktadır (Anonim, 2016a). Geldiay & Balık (2007), Kuru'nun (1975) yaptığı araştırmada, *Salmo trutta macrostigma* türünün Pülümür Çayı'ndan rapor edildiğini belirtmişlerdir.

Pülümür Çayı, kar suları ve birçok dere ile beslenen suyu oldukça boldur. Çay, Tunceli Pülümür karayolunun 20 km kadar kuzeyinde doğarak, Pülümür'e kadar dar ve dik vadilerde akar. Çayın çevresinde yer alan vadiler, zengin orman örtüsü, şelaleler, kayalık yamaçlar ve kanyonlarla şekillenmiş olup, bölge doğal güzellikler açısından oldukça zengindir. Kutu Dere ile Kırmızıköprü arasında Pülümür Vadisi'nin derinleşen kısımlarında, vadinin yamaçlarından akarak çaya ulaşan birçok şelale mevcuttur (Anonim, 2016b). Ayrıca, bölge doğa yürüyüşü gibi açık hava etkinlikleri için uygun alanlar sunmaktadır (Şekil 3).

Pülümür Çayı'nın toplam uzunluğu 70 km olup, saniyede ortalama 20,040 m³ su akıtmaktadır. Çayın yükselti seviyesi 886 metre olup, yağış alanı ise 1374 km²'dir. 1978-2009 yılları arasında DSİ tarafından kaydedilen verilere göre, çayın su seviyesi Şubat ayında artmaya başlar, Nisan ayına kadar yükselmeye devam eder ve sonra düşüşe geçer (Şekil 3).



Şekil 3. Pülümür Çayı

3.3.Tahar Çayı

Tahar Çayı, farklı isimlerle anılmaktadır; bunlar arasında Ali Boğaz Çayı (Tağar), Ormanyolu Çayı ve Toğar Çayı yer alır (Şekil 8). Kırklar Dağı'nın eteklerinden doğan Tahar Çayı, Hozat ilçesinin Ağviran köyü yakınlarında başlar ve Kırklar Çayı'ndan beslenir. Çay, Çemişgezek ilçesinin batısında geçtikten sonra Keban Baraj Gölü'ne dökülür. Diğer çaylara kıyasla beslenme noktaları daha azdır. Su miktarındaki değişimler, bölgedeki yağışlar ve kaynak sularının gücüne bağlı olarak artar veya azalır. Çayın geniş ve suyun sakın olduğu alanlarında yaz aylarında yüzme yapılabilir.

Çemişgezek ilçesinin 3 kilometre güneyinde, Tahar Çayı üzerinde yer alan Tahar Köprüsü, tarihi bir yapıdır ve halk arasında Aşağı Köprü olarak bilinir. Taştan yapılmış olan köprü, tek bir sivri kemerden oluşur. Kitabesine göre, bu köprü 1807 yılında Yusuf Ziya Paşa tarafından inşa edilmiştir. Bu nedenle köprü, Yusuf Ziya Paşa Köprüsü olarak da tanınmaktadır (Işık, 2012).

Tahar ayı, il sınırları içinde 40 km uzunluğa sahiptir ve yıllık ortalama debisi saniyede 9,944 m³'tür. Çayın yükseltisi 916 metre olarak belirlenmişken, yağış alanı ise 528 km²'dir. DSI tarafından 1988, 1989 ve 2014 yıllarında kaydedilen verilere göre, Tahar ayı'nın su seviyesi şubat ayında artmaya başlar ve Nisan ayına kadar yükselmeye devam eder. Bu artışın ardından ise su seviyesi düşüş gösterir (şekil 4).

Ormanyolu ayı (Tahar ayı olarak da bilinir), Karaoğlan Dağı'nın batı yamaçlarından doğarak Çemişgezek üzerinden geçer ve sonunda Keban Baraj Gölü'ne dökülür. Çayın akış hızı, mevsimsel değişimlere bağlı olarak büyük dalgalanmalar gösterir, çünkü yüksek dağlardan beslenmez. Bu sebeple akış miktarı, yılın yağış durumuna göre değişir. Baraj glne ulaşmadan önce, Emirgan, Ağveren, Ekrek ve Oskih dereleri gibi birçok su kaynağını toplar (Anonim, 2016a).



şekil 4. Tahar ayı

3.4.Mercan Deresi

Mercan Deresi, Avcı Dağları'nın batı yamaçlarından doğarak Ovacık'ın doğusunda Munzur Suyu ile birleşir. Bir tarafında Munzur Dağları, diğer tarafında ise Avcı Dağları yer alır. Deresi, dik ve derin bir vadi boyunca akar ve bu nedenle suyu boldur. Mercan Deresi, alabalıklarının bolluğu ile tanınır (Işık, 2012). Toplamda 22 km uzunluğa sahip olan Mercan Deresi (Şekil 5 Fotoğraf: H. Yanmaz), günümüzde balıkçılığın yasaklandığı bir bölge olarak kabul edilmektedir (Anonim, 2012b).

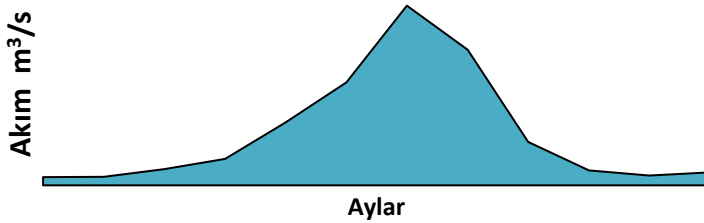


Şekil 5. Mercan Deresi

3.5.Singeç Deresi

Singeç Deresi, toplamda yaklaşık 28 km uzunluğunda olup saniyede ortalama 5,121 m³ su akıtmaktadır. Bu derenin yükseltisi 925 metre ve toplam yağış alanı 384 km²'dir. 1963-1964 yıllarına ait DSİ akım verilerine göre, su seviyesi Ocak ayında artmaya başlar ve Nisan'a kadar yükselmeye devam eder; bu dönemden sonra ise su seviyesi

düşer (Şekil 6). Hozat ilçesi yakınlarında doğan Singeç Deresi, Çıkarbahçe bölgesinde Keban Baraj Gölü'ne karışır. Çevresinde bir vadi oluşturan bu dere, Pertek ilçesinin kuzeyinden güneyine doğru akar. Keban Baraj Gölü'ne doğrudan dökülen akarsulardan biridir (Şıkoğlu, 2010). Ayrıca, bu derenin Kızıldağ Hozat Deresi'nin bir kolu olan Büyükdere tarafından derince bir şekilde yarıldığı da belirtilmiştir (Durmuş ve Çağlıyan, 2009). türlerin belirlenmesi gerekmektedir. Hedef türlerin belirlenmesi için öncelikle suyun taşındığı akarsu ekosistemindeki türlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için literatürden yararlanılabilir. Veri eksikliği durumunda türün tespitine yönelik gerekli saha/gözetim çalışmalarının yapılması gerekmektedir.



Şekil 6.Singeç Deresi'nin Akım Verileri (Dereli İstasyonu)

SONUÇ

Lotik ekosistemler insan üretkenliğinde önemli bir rol oynar. Su temini, balıkçılık, su arıtma, rekreasyon ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi alanlarda sağladıkları birçok fayda nedeniyle, lotik ekosisteme farklı şekillerde zarar veren hızlı ekonomik büyüme, insan faaliyetleri ve küresel iklim değişiklikleri, bir dizi çevresel soruna yol açmıştır. Küresel olarak, tüm tatlı su habitatlarının (örneğin göller, göletler, nehirler, akarsular ve barajlar) yaklaşık

%65'nin orta derecede ıla ciddi şekilde tehdit altında olduğu tahmin edilmektedir. İnsan nüfusundaki artış ve su talebinin yüksekliği, bu sistemler üzerindeki tehdidi artırmaktadır. Artan su tüketimi, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler ile kentleşme ve inorganik süreçler, yüzey sularını kirletmekte ve bozmaktadır. Bu antropojenik etkiler, tatlı su ekosistemlerinin ekolojik bütünlüğünü ve işleyişini olumsuz etkileyerek, bu suların evsel, endüstriyel ve tarımsal amaçlar için kullanılabilirliğini azaltmaktadır. Özellikle nehir ekosistemleri açısından bu durum önemlidir çünkü bir bölgedeki bozunmalar, ekosistem işleyişı ve yönetimi üzerinde geniş kapsamlı aşağı havza etkilerine yol açabilir. Su kaynaklarının iyileştirilmesi ve yönetilmesi amacıyla uygulamaya konulan Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi, en önemli çevre yasasıdır. Sularının fiziko-kimyasal bileşenleri ve hidro-morfolojik özelliklerine dayandırmayı önermektedir.

Temiz tatlı su kaynakları, suyun insan tüketimi ve gelecekteki nesiller için kullanılabilirliği ve kalitesi açısından korunması gereken önemli bir çevre olgusudur. Tunceli ili sınırları içinde bulunan ticari olarak içme suyu olarak kullanılan ve akarsu, derelerin, fonksiyonel madenler ile tarım ve hayvancılık çayın suyu kalitesinin korunması değerlendirilerek mekanizmaların kurulması ve yönetim önemli yer tutmaktadır.

BÖLÜM II

Karanfil (*Syzygium Aromaticum*) Yağı: Bileşimi, Faydaları Ve Uygulamaları

Mustafa ÖZ¹

Enes ÜSTÜNER²

Giriş

Son yıllarda tüketiciler kimyasal katkı maddelerine karşı şüphe ile bakmakta ve doğal koruyucu maddelere talep göstermektedir (Omidbeygi ve ark., 2007). Bu sebeple özellikle gıda muhafazası için kullanılan doğal antimikrobiyaller üzerine yapılan araştırmalar giderek daha fazla ilgi görmektedir (Goni ve ark., 2016). Bazı baharatlar (Karanfil, kekik, nane, kekik ve tarçın), antioksidan ve

¹ Prof. Dr., Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Su Ürünleri ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Aksaray/Türkiye, Orcid: 0000-0001-5264-7103, ozmustafa@aksaray.edu.tr

² Arş. Gör, Aksaray Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Su Ürünleri ve Hastalıkları Anabilim Dalı, Aksaray/Türkiye, Orcid: 0000-0002-3837-5049, enesustuner@aksaray.edu.tr

antimikrobiyal aktiviteleri nedeniyle yüzyıllardır gıda koruyucu ve tıbbi bitki olarak kullanılmıştır. Yapılan birçok araştırma baharat bitkilerinin antibakteriyel, antifungal, antiviral ve antikarsinojenik özelliklerini doğrulamaktadır. Özellikle karanfil, diğer baharatlar arasında öne çıkan güçlü antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri nedeniyle dikkat çekmiştir (Shan ve ark., 2005). Karanfil, *Syzygium aromaticum* ağacının aromatik kurutulmuş çiçek tomurcuklarına verilen isimdir. *Syzygium* cinsine, *Syzygieae* kabilesine ve *Myrtaceae* ailesinin *Myrtoideae* alt familyasına aittir. Karanfil, angiospermik bir bitkidir ve bu ağaç öncelikle Endonezya, Hindistan, Madagaskar, Zanzibar, Pakistan ve Sri Lanka'da yetişir (Goni ve ark., 2016). Karanfil (*Syzygium aromaticum*), yüzyıllardır gıda koruyucu olarak ve birçok tıbbi amaç için kullanılan en değerli baharatlardan biridir (Cortés-Rojas ve ark., 2014).

S. aromaticum'un ana uçucu bileşeni olan karanfil yağı, antimikrobiyal aktivite ve aromalar açısından çeşitli avantajlara sahiptir ve kimyasal gıda koruyucularının ideal bir ikamesidir. Karanfil yağının en önemli bileşeni olan öjenol, Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği ve diğer ülkeler ve bölgeler tarafından gıda koruyucu olarak kabul edilmiştir. Karanfil yağı içeren birçok ağız bakım ürünü Çin'de piyasaya sürülmüştür, bu ürünler ağız kokusu, diş plağı, ağız bakterileri ve dişin alerjik ağrısı üzerinde faydalı etkiler göstermektedir (Zhang, Chen ve He, 2009).

Karanfil yağının gıda güvenliğinden klinik uygulamalara kadar geniş bir yelpazede kullanımı göze çarpmaktadır. Özellikle antimikrobiyal özellikleri, çeşitli kanser türlerine karşı sitotoksik etkileri, tip 2 diyabet, karaciğeri koruyucu özellikleri, ağız ve diş sağlığı, su ürünleri sektöründe önemli bir anestezi madde

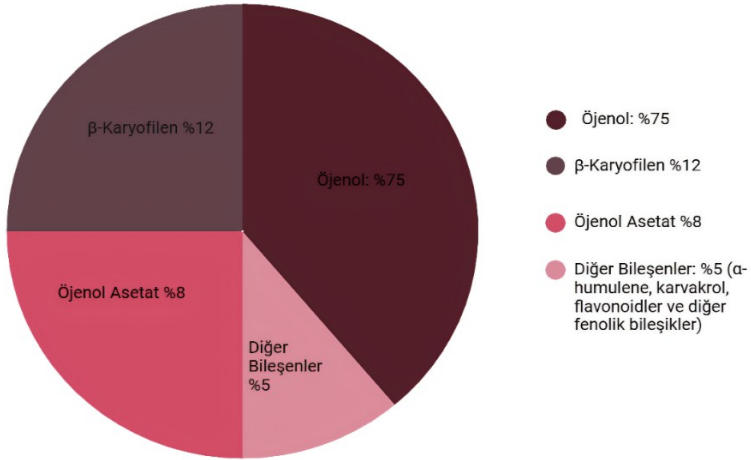
kullanımına ilişkin son araştırmalar karanfil yağının güvenli ve etkili bir şekilde kullanımı için yararlı bilgiler sağlamak amacıyla bu makalede incelenmiştir.

Bileşimi

Karanfil ağacının (*Syzygium aromaticum*) iek tomurcuklarından elde edilen karanfil uçucu yağı, ağırlıklı olarak yüksek öjenol içeriği ile tanınan zengin bir kimyasal bileşime sahiptir. Fenolik bir bileşik olan öjenol, ekstraksiyon yöntemine ve kullanılan karanfil çeşidine bağlı olarak genellikle bu yağın %60 ila %90'ını oluşturan başlıca aktif bileşendir (Panomsuk, Porkar, Meerasen, Kunrattanaporn, & Satiraphan, 2020). Bu bileşiğin antimikrobiyal, antifungal ve analjezik etkileri de dahil olmak üzere birçok terapötik özelliği bulunmaktadır (Alanazi ve ark., 2022). Karanfil uçucu yağı, jenole ek olarak, bira önemli bileşik daha içermektedir. Bu bileşiklerden biri, genellikle %4 ila %20 arasında değişen konsantrasyonlarda bulunan ve bir seskiterpen olan β -karyofilendir (Rahmi ve ark., 2021). Bu bileşik, potansiyel anti-inflamatuar ve analjezik özellikleriyle dikkat çekmekte ve karanfil yağının çeşitli uygulamalardaki genel etkinliğine katkıda bulunmaktadır (Hema Krishna, 2024). jenoln bir esteri olan öjenol asetat da tipik olarak %5 ila %15 seviyelerinde bulunur (Panomsuk, Keawsri, ve ark., 2020). Karanfil uçucu yağının diğer küçük bileşenleri arasında α -humulene, karvakrol, çeşitli flavonoidler ve fenolik bileşikler yer alır; bunlar, yağın bileşiminin %30'una kadarını oluşturabilir (Abdelmoety, Foda, El-Hadary, & Abo-El-Seoud, 2023). Bu bileşiklerin varlığı sadece yağın aromatik profiline katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda antioksidan ve antimikrobiyal özellikler gibi biyolojik aktivitelerini de arttırır (Niazi ve ark., 2022).

Kesin bileşim karanfilin coğrafi kökeni, bitkinin kullanılan kısmı (tomurcuklar, yapraklar veya saplar) ve kullanılan ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir (Nugroho & Cahyaningrum, 2023). İçeriklerin ortalama değerleri şekilde 1 gösterilmiştir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, karanfil uçucu yağının kimyasal bileşenlerinin ayrıntılı profillerini ortaya koymak için gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS) gibi gelişmiş analitik tekniklerden yararlanmıştır. Örneğin, bir araştırmada öjenolün, karanfil tomurcuklarından elde edilen yağın yaklaşık %97,76'sını oluşturduğu, β -karyofilen ve öjenil asetatın ise daha küçük oranlarda bulunduğu bildirilmiştir (Gasni ve ark., 2024). Başka bir analiz, yağın %80'e kadar öjenol içerebileceğini ve β -karyofilen seviyelerinin %14 civarında olduğunu vurgulamaktadır (Purnami, Wardana, Hamidi, Sasongko, & Darmadi, 2019). Bu bulgular, farklı ekstraksiyon ve işleme yöntemlerinin bileşimde yol açabileceği değişkenliği vurgulamaktadır. Karanfil esansiyel yağının kalitesi, genellikle etkili bir gösterge olan öjenol içeriğine bakılarak değerlendirilir. Yüksek kaliteli karanfil yağları genellikle %80'in üzerinde öjenol seviyelerine sahiptir ve bazı premium yağlar %90'a kadar çıkabilir (Gasni ve ark., 2024; Panomsuk, Keawsri, ve ark., 2020). β -karyofilen ve öjenil asetat gibi diğer bileşiklerin varlığı da yağın genel kalitesini ve terapötik potansiyelini belirlemede önemli bir rol oynar (Hema Krishna, 2024). Karanfil uçucu yağı, öjenolün baskın bileşen olduğu biyoaktif bileşiklerin karmaşık bir karışımını içerir. Tipik bileşiminde, aromatik ve terapötik özelliklerine katkıda bulunan çeşitli küçük bileşenlerin yanı sıra önemli miktarda β -karyofilen ve öjenil asetat bulunur. Bu bileşiklerin yüzdeleri, karanfilin kaynağı ve kullanılan ekstraksiyon

yöntemi gibi faktörlere bağılı olarak büyük ölçüde değişebilir. Bu bileşimin anlaşılması, yağın kalitesini ve etkinliğini mutfak kullanımlarından tıbbi uygulamalara kadar çeşitli alanlarda değerlendirmek için gereklidir



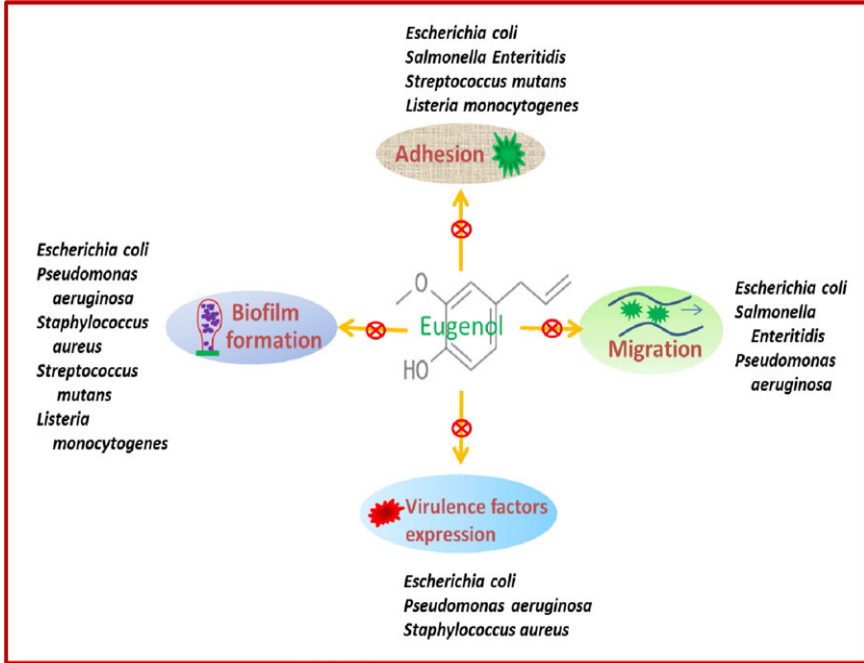
Şekil 1: *Karanfil yağının içeriğinin ortalama değerleri (orijinal)*

Antimikrobiyal Aktivite

Antibiyotiklerin keşfedilmesi ve zaman ilerledikçe geliştirilmesi bulaşıcı hastalıklarla mücadelede önemli bir biçimde gelişime yol açmış olup, 20. Yüzyılın en büyük ilerlemeleri arasında gösterilmektedir. Bu gelişmelerin yanı sıra bazı dezavantajlarda ortaya çıkmıştır. Antibiyotiklerin aşırı kullanımı, tedavi sürecinin tam anlamıyla tamamlanmaması, bakteriler genetik özelliklerini çok yönlü olması, bakteriler arasında dirençli genlerin farklı bakteri türleri arasında yatay aktarımı nedeniyle ilaca karşı dirençli mikroorganizmaların çıkmasına neden olmuştur. Bu sebeplerden dolayı antibiyotiklerin klinik olarak etkinliği azalmıştır (Amit &

Shailendra, 2006). Bundan dolayı etkili, uygun maliyetli antimikrobiyal ajanlar sürekli araştırılmaya başlanmış olup, bunların başında bitkisel ürünlerin antimikrobiyal ajan olarak kullanılması araştırılmaya başlanmıştır (Cowan, 1999). Bu bitkilerden biri olan *Syzigium aromaticum* (clove) yapılan çalışmada Gram negatif ve Gram pozitif bakterilerde antimikrobiyal etki gösterdiği görülmüştür (Ayoola ve ark., 2008). Gıdaların aktif paketlenmesi bozulabilir gıdaların ömrünü uzatmak, kalite kontrol ve güvenliğin iyileştirilmesi için yeni bir yöntemdir. Ambalajlama tüketilebilir gıdalar için aktif bileşiklerin gıdaların kontaminasyonu engelleme özelliğine sahiptir. Bu özelliklerini yanında patojenik mikroorganizmalar ürün içine girebilmektedir (Schaefer & Cheung, 2018). Yapılan bir çalışmada farklı konsantrasyonda kekik yağı ve karanfil yağı ile birleştirilmiş ambalajlarda kullanılmak üzere Poly (lactide)-Poly (butylene adipate-co-terephthalate) (PLA-PBAT) filmi hazırlamak için solvent döküm yöntemi kullanılmış, karanfil yağı ve kekik yağı kompozit filmi E.coli bakterisinin biyofilm oluşturma özelliğini sırasıyla %93.43 ve %82.30 oranında inhibe etmiştir. Karanfil yağı kompozit filmi aynı zamanda UV engelleme özelliği göstermiş bu çalışmadan görüldüğü üzere karanfil yağı aktif gıda ambalajı olarak kullanılma potansiyeli yüksektir (S. Sharma, Barkauskaite, Duffy, Jaiswal, & Jaiswal, 2020). Özellikle dünyada tüketimi çok olan burger ve bunların benzeri et ürünlerinde üreyen halk sağlığı için önemli olan *Staphylococcus aureus* bakterisine karşı inhibitör etki göstermiş buda kimyasal koruyuculara alternatif olabileceğini göstermiştir (Radünz ve ark., 2019). Karanfil yağı ve ana etkili bileşimi öjenolun bakteriler üzerindeki adezyon, göç,

virölens faktör, biofilm oluşturma özelliklerine olan etkileri aşağıda şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2: Öjenolün antibakteriyel etkisi (Hu, Zhou, & Wei, 2018)

Antifungal Aktivite

Toplumda mantar enfeksiyonları bağışıklık düzeyi düşük olanlar çoğunlukta olmak üzere son birkaç yıldır önemli ölçüde artmıştır. Kullanılan mantar önleyici ilaçları çoğu yanlış ilaç kullanımı, ilaçların birbiriyle etkileşimleri, sık ve uygun dozda kullanılmaması sonucu dirençli suşlar ortaya çıkmaktadır. Yeni fungal ilaçların son zamanlarda ortaya çıkmasına rağmen, fungal ilaçların sayısı yeterli sayıda değildir (Rapp, 2004). Gıdalarda mantar oluşması gıdanın bozulmasına, kalitenin düşmesine ve miktarda azalmalara neden

olmaktadır. Gıda ve yem kontaminasyonundan sorumlu *Aspergillus* türü mantarlar kontaminasyonun başında gelmektedir (Abarca, Bragulat, Castella, & Cabanes, 1994). Bu sebepten dolayı uzun süre saklanan gıda ve tahılda mantar ve bunların mikotoksinleri insan ve hayvan sağlığı açısından tehlikeli olmaktadır. Mantar oluşmasını engelleyen mikotoksin oluşumunu geciktirmek için uçucu yağların kullanılmasına yönelik ilgi sürekli olarak artmaktadır. Kimyasal koruyucuların birçok kanserojen ve teratojenik özelliklerinin olmasından dolayı kullanılmasına üzerine tartışmalar halen devam etmedir. Bu gibi sebeplerden dolayı tüketiciler kimyasal katkı maddelerine şüpheyle yaklaşmakta ve daha kabul edilebilir koruyuculara yönelme eğiliminde olmaktadırlar (Skandamis, Koutsoumanis, Nychas, & Fasseas, 2001). Yapılan bir çalışmada üzüm hasatı sonrası çürümeye neden olan 6 tane mantara karşı karanfil ve tarçından elde edilen uçucu yağların etkinliği araştırılmış. Mantarların büyümesini önemli ölçüde azalttığını bulunmuş, buda bize tarçın ve karanfil yağı kombinasyon etkinliği mantarların büyümesini engellemede potansiyeli olduğunu göstermektedir. Mantar oluşumunu önlemek için tarçın ve karanfil yağı karışımının yüksek oranda kullanılması gerekmekte olduğu bulunmuştur (Sukatta, Haruthaithanasan, Chantarapanont, Dilokkunanant, & Suppakul, 2008). Başka bir yapılan çalışmada kültür ortamında ve salçada karanfil, kekik ve sater (summer savory) yağı kullanılmış bunların antifungal etkileri gözlenmiş. Bir mantar türü olan *Aspergillus Xavus* kullanılmış olup invitro olarak Sabouraud Dextrose Broth ve salça içine inoküle edilmiş. Daha hazırlanan her örneğe farklı miktarlarda uçucu yağlar eklenmiş ve daha sonra 25 ±0.5 °C’de 2 ay tutulmuş. Sonuç olarak *Aspergillus Xavus*

büyümesini engellediği kekik ve sater (summer savory) mantar büyümesini engellediği ortaya konulmuştur (Omidbeygi, Barzegar, Hamidi, & Naghdibadi, 2007). Hasat sonrası patojenlerin üremesi ve büyümesi engelleyen karanfil yağı miktarının yüksek seviyelerde olması gerekmektedir. Bu nedenle bu miktarı azaltmak için mikrokapsül teknolojisi kullanılmış olup, yeşil küfün nedeni olan *Penicillium digitatum*'a karşı invitro ortamda navel portakallarına karşı antifungal etkisinin artıp artmayacağı ile ilgili çalışma yapılmış. Mikrokapsül teknolojisi kullanılarak, karanfil yağı minimum inhibitör konsantrasyonu 500 µg/ml'den 125 µg/ml ve 250 µg/ml'ye düşürülmüş bu düşüşe rağmen fungisidal aktivitenin arttığı gözlenmiştir. Karanfil yağı mikro kapsülleri 25°C'de 5 günlük depolamanın ardından navel portakallarında lezyon çapı ve gelişimi 0.79 mm, %8.64 bulunmuştur. Saf karanfil yağı kullanımı sonucu lezyon çapı ve genişliği 4,2 mm, %55.56 bulunmuştur. Buhar aşamasında karanfil yağı mikro kapsülleri yeşil küf kontrolü açısından en yüksek yeteneğe sahip olduğu ortaya konulmuş. Bir başka bulguda mikro kapsüllerin *Penicillium digitatum*'un çimlenmesinde saf yağdan daha fazla baskılayıcı etkinlik göstermiştir. Buradan çıkarılacak sonuç karanfil yağının mikrokapsül dönüştürülmesi saf yağa göre daha fazla göre antifungal aktivitesini arttığı görülmektedir (Wang, Bian, Ren, Song, & He, 2018).

Antiviral Aktivite

İlaçlara karşı dirençli suşların çıkmasıyla insanlar viral hastalıklar için yeni arayışlar içine girmiş olup daha düşük toksisiteye sahip yeni terapötikler araştırılmaya başlanmıştır. Tıp tarihinde bitkiler en eski ilaç olarak kullanılmaktadır. Çalışmalar geleneksel olarak

kullanılan ilaçların, invitro ortamda virüsleri inhibe edecek bileşikler içerdiğini göstermiştir (Locher ve ark., 1996). Karanfil yağı içeriğinde yüksek miktarda öjenol içermekte olup, yapılan bir çalışmada HSV-1 ve HSV-2 virüslerine karşı çalışma yapılmış. Invitro ortamda yapılan çalışmada öjenolün virüslerin replikasyonunu engellediği bulunmuştur. Farelerde topikal uygulama ise herpes virüsün neden olduğu keratit gelişimini yavaşlattığı ortaya konulmuştur (Benencia & Courreges, 2000). Yapılan başka bir çalışmada 10 bitki özü kullanılıp bunlardan biri olan *Syzygium aromaticum* asiklovir ile kombine şekilde kullanılması sonucunda invitro ortamda HSV-1 virüsünü güçlü şekilde inhibe ettiği görülmüştür. Farelerde hayatta kalma oranında uzatmış ve toksik bir etkisi de görülmemiştir. Tek başına kullanımda ise asiklovir tek başına kullanılmasına kıyasla beyin ve deride daha güçlü şekilde azalttığı bulunmuştur (Kurokawa ve ark., 1995). Patateslerde 27 viral hastalığın enfekte ettiği bildirilmiş olup, bunların içinden PLRV ve PVY dünya genelinde yaygın olarak görülüp patateslerde ciddi yıkıcı etkileri bulunmaktadır. PLRV dünya genelinde en önemli hastalıklarda biri olarak kabul edilmekte olup, özellikle Pakistan gibi yeterli kaynaklara sahip olmayan ülkelere çok ciddi zararlar vermektedir (Peters, 1981). Bu hastalığa karşı pestisit kullanılmakta olup, pestisit kullanımı ise ciddi sorunlara yol açmaktadır. Bundan dolayı farklı arayışlar içine girilmiş olup, uçucu yağ asitlerinin, latekslerin antiviral etkileri üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Rezene tohumları, Okaliptüs citriodoranın yaprakları, karanfil tomurcuklarından uçucu yağlar çıkarılmıştır. Ficus, Aloe vera ve Calotropis procera lateksleri kullanılmış. Uçucu yağ ve lateksler sırasıyla yüzde %5 ve %10

konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. İlaçlama zamanı ise 7 günde bir yapılmıştır. Elde edilen sonuçlarda PLRV karşı önleyici etki göstermiş olup, PLRV virüsünde mRNA inhibisyon etki göstermektedir. Pestisitlerin insan sağlığı üzerine etkileri yadsınamaz olup genetik ve işlevsel olarak bitkilerde görülen virüslere karşı değerlendirilmeyi ve kullanılmayı bekleyen esansiyel yağların ve latekslerin büyük bir potansiyeli olduğu görülmektedir (İftikhar ve ark., 2013). Yapılan başka bir çalışmada karanfil yağı nanoemülsiyon kullanılmıştır. İki konsantrasyonda hazırlanmış olup %5 ve %10'luk patates y virüsüne (PVY) karşı invitro ve invivo olarak incelenmiştir. Sistemik ve lokal olarak iki konakçı belirlenmiş olup, sistemik konakçı *Lycopersicon esculentum* fideleri lokal lezyon konakçı ise *Chenopodium quinoa* bitkileri kullanılmıştır. Yapılan tüm denemelerde hem invitro hem invivo ortam olsun PVY virüsüne karşı inhibitör etki göstermiştir (Shafie, 2017). Tüm dünyada pandemiye neden olan maddi, manevi ve ekonomik kayıplara neden olan COVID-19 virüsüne karşı kullanımıyla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. *Syzygium aromaticum* antiviral, antienflamatuvar, antitrombotik, immünostimülatör ve antibakteriyel etkileri üzerine çalışmalar halen devam etmektedir. Bu gibi önemli etkileri ve başka diğer etkilerinden dolayı COVID-19 tedavisinde büyük ölçüde etki göstereceği düşünülmektedir (Viciomini, Roviello, & Roviello, 2021).

Antioksidan Aktivite

Reaktif oksijen türleri (ROS) oksijen içeren DNA, lipid ve protein üzerinde etkili olan hücre içi kimyasal türlerdir. Süperoksit anyonu, hidrojen peroksit ve hidroksil radikalleri içermektedir. Hücreler zarar vermekte olup diyabet, kardiyovasküler hastalıklar,

gastrointestinal hastalıklar gibi birçok hastalıktan sorumlu olmaktadır. Farelerde yapılan çalışmalarda diyabet ve kansere neden olduğu ilgili bulgular bulunmuştur (Glasauer & Chandel, 2013). Karanfil yağının ana bileşeni olan öjenolün antioksidan kapasitesini belirlemek için yapılan bir çalışmada süpürücü aktivite, toplam antioksidan, bakır ve demir iyonları azaltma yeteneğine bakılmıştır. Öjenol linoleik asit emülsiyonun lipid peroksidasyonu yaklaşık %96,7 oranında inhibe ettiği görülmüştür (İ. Gülçin, 2011). Gaz kromatografisi-kütle spektroskopisi (GC-MS) yöntemi kullanılarak *Syzygium aromaticum* tomurcuklarından on altı tane uçucu bileşik tanımlanmıştır. Ana bileşenler öjenol ve öjenol asetatıdır. Elde edilen tüm özler ve izole edilmiş flavonoidler 1,2-difenil pikrilhidrazil'e (DPPH) karşısında çok güçlü bir antioksidan bir aktivite göstermiştir. Test edilen özler arasında karanfil tomurcuklarından elde edilen etanol özütü, sentetik olan bütillenmiş hidroksil toluen (BHT) gibi sentetik antioksidanlarla karşılaştırıldığında sentetik oksidana karşı kayda değer bir süpürme aktivitesi göstermiştir. Ayrıca bu çalışmada karanfilin etanol özütü, dişi sıçanlarda parasetamolün neden olduğu karaciğerdeki hepatosit hücrelerinde hasara karşı hepatosit hücrelerini koruyucu etki göstermiştir (Nassar ve ark., 2007). Yapılan başka bir çalışmada karanfil tomurcukları ve lavantanın su, etanol ekstralarının antioksidan aktivitesi incelenmiş. Farklı antioksidan testleri kullanılarak değerlendirme yapılmış olup incelenen parametreler serbest radikal süpürme, süperoksit anyon, radikal süpürme, indirgeyici potansiyel ve metal şelatlama aktiviteleri incelenmiştir. Karanfil ve lavanta güçlü antioksidan aktivite göstermiştir. Farklı konsantrasyonlarında karanfil ve su özütü linoleik asit emülsiyonunun lipid peroksidasyonu üzerinde

sırasıyla %90ın üzerinde inhibe ettiği görülmüştür. Yine farklı konsantrasyonlarda karanfil ve lavanta etanol özütü ise sırasıyla %90ın üzerinde inhibisyon etki göstermiştir. Hem karanfil hem de lavanta test edilen konsantrasyonlarda metal şelatlama, süperoksit anyon radikal süpürücü, serbest radikal süpürücü ve indirgeyici potansiyel aktivite göstermiştir. Başka bir bulgu ise lavanta ve karanfil ekstralarının toplam fenolik bileşiklerinin değeri gallik asit eş değeri olduğu bulunmuştur (İ. Gülçin, Şat, Beydemir, Elmastaş, & Küfrevioğlu, 2004). Karanfil yağının tomurcuklarının kavurulma ve kavrulmaması ile ilgili yapılan çalışmada karanfil tomurcuklarının kavrulması ile %74,19 öjenol içerirken kavrulmamış karanfil tomurcukları ise %94,73 öjenol içermektedir. Kavrulmuş karanfil yağının buharında farklı türde bileşiklerde bulunmuştur. Kavrulmamış karanfil yağının antioksidan aktivitesi kavrulmuş karanfil yağının buharında daha çok antioksidan aktivite göstermiştir (Ramkrishna, Sengupta, Bandyopadhyay, & Ghosh, 2021).

Antikanser Aktivite

Kanser küresel olarak artmasıyla dünya genelinde halk sağlığı sorunlarının başında gelmektedir (Jemal ve ark., 2011). Kanser 2012 yılında yaklaşık 14 milyon vaka ile dünya genelinde hem erkek hem de kadınlar için ölümlerin meydana geldiği ikinci hastalıktır (Torre ve ark., 2015). Kanser ise en genel tabiri ile kontrol dışı hücre büyümesi ile karakterize olan bir hastalıktır. 100den fazla kanser türü bulunmakta olup bunların sınıflandırılması ise hücre tiplerine göre olmaktadır. Tümörler büyüyerek sindirimi, sinir ve dolaşım sistemine etki ederek bu sistemlere müdahale ederek işlevlerini etkileyebilmektedir (P. Sharma & Baranwal, 2014). Yapılan bir çalışmada karanfil etil asetat ekstratının invivo ve invitro ortamda

tümör üzerine antitümör etkileri, biyolojik mekanizmaları araştırılmıştır. Karanfil etil asetat ekstraktının insan kanser hücre dizileri kullanılarak, hücrelerin büyümesi ve apoptoz üzerine etkilerine bakılmıştır. Moleküler değişiklikler ise western blot ve (qRT)-PCR ile analiz edilmiştir. Karanfil etil asetat ekstraktı insan kanser hücrelerine karşı sitotoksik etki göstermiş olup, kolon kanserinde kullanılan 5-florourasil'den daha üstün olduğu bulunmuştur (Liu ve ark., 2014). *Syzygium aromaticum* tomurcuklarının metanolik özütleri akciğer, meme ve rahim kanserine karşı çalışma yapılmıştır. Bu üç kanser türüne karşı büyümeyi engelleyici ve sitotoksik etki göstermiştir. Çalışmadaki bir başka bulgu ise sitotoksik ve büyümeyi durdurucu etkisi daha çok içeriğindeki maddelerden biri olan öjenolden kaynaklandığı bulunmuştur (Begum ve ark., 2020). Keten tohumu yağı, karanfil yağı ve zeytinyağı ile hazırlanan nanoemülsiyonların karaciğer kanser hücrelerine 1µl 10µl 25µl konsantrasyonda test edilmiş. IC50 değeri hazırlanan nanoemülsiyon solüsyonlarında keten tohumu yağında 10µl karanfil yağında 25µl zeytinyağında ise 1µl olmuştur. Sonuçlar ise bu yağların antikanser etki göstermiştir. Meme ve rahim kanserinde hücre ölümünü indükleyerek kanser hücrelerinin ölmesine neden olduğunu göstermiştir (Hassan & Khan, 2020). Başka bir çalışmada ise karanfilin MCF-7 meme kanseri hücrelerine karşı antikanser etki göstermiştir. Karanfilin heksan ekstratları 125 µg/ml – 350 µg/ml konsantrasyonlarda kanser hücrelerini %50 inhibe edici etki göstermiştir. Konsantrasyon arttığında yaklaşık 700µg/ml konsantrasyonda MCF-7 kanser hücrelerini %90'a varan yüksek oranda inhibe etmiştir (P. Sharma & Baranwal, 2014). Öjenolsün malign melanomun üreme fazını durdurduğu ve hücre

ölümünü (apoptozis) etkinleştirerek tümörün hem büyümesini, hem küçülmesini hem de yayılmasını engellemiştir (Ghosh ve ark., 2005).

Antidiyabetik Aktivite

Dünya Sağlık Örgütü raporuna göre diyabet 2010 yılında 171 milyon civarında olup bu sayının 2030 yılında 366 milyona çıkacağı ön görülmektedir (Shaw, Sicree, & Zimmet, 2010). Diyabet hücresel lezyonlara neden olup, hücrelerde değişken derecede hasara neden olmaktadır (Berg ve ark., 1997). Diyabet tedavisinde günümüzde sentetik ilaçlar kullanılmaktadır fakat pahalı olup çeşitli yan etkilere sebep olmaktadır. Bunun gibi benzer sebeplerden dolayı bitkilerden elde edilen diyabetik ajanlar araştırılması önemli olmaktadır (Odeyemi & Bradley, 2018). Nijerya gibi ülkelerde imkânların diğer gelişmiş olan ülkeler kadar fazla olmadığından dolayı bitkisel gıdaların kullanımı daha fazla olmakta olup diyabet gibi hastalıkların kontrolünde bitkiler sıklıkla kullanılmaktadır (Odugbemi & Akinsulire, 2006). Alternatif tıp olarak doğal bitkiler ve gıdalar çeşitli rahatsızlıkta kullanılmıştır ve kullanılan bitkilerin birçoğu antidiyabetik potansiyelde olduğu bulunmuştur (Afolayan & Sunmonu, 2010; Bailey & Day, 1989). Yakın zamanda yapılmış çalışmalarda farklı ot ve baharatların insülin gibi davranarak yağ dokuya glikoz alımını arttığı bulunmuştur. *Syzygium aromaticum* karaciğer hepatosit hücrelerinde ve hepatoma hücrelerinde insülin gibi davrandığı bulunmuştur. DNA mikro analizi ve küresel gen analizleri sonuçlarına göre insülin ve karanfilin benzer genleri düzenlediği ortaya konulmuştur (Prasad, Herzog, Boone, Sims, & Waltner-Law, 2005). Yapılan bir çalışmada yüksek yağlı besleme ve düşük dozlarda streptozotosin ile oluşturulmuş tip 2 diyabet

sıçanlarda karanfil tomurcuğunun tozunun faredeki biyokimyasal parametrelerini değerlendirmek için 30 günlük bir çalışma yapılmış. Tip 2 diyabet sıçanlar 20-40 g/kg karanfil tozu tomurcukları içeren diyetlere alınmışlar, diyabetik olmayan gruptaki sıçanlara kıyasla diyabetik olan sıçanlarda kan şeker düzeyinde önemli ölçüde azalma görülmüştür. Bunun yanında karaciğer enzimlerin azalma görülmüş ve yüksek düzeyde antioksidan etki göstermiştir. Karanfil tomurcukları ile yapılan diyetlerin tip 2 diyabet tedavisinde, oksidatif stresi düşürmede, karaciğeri korumada etkili olacağını düşündürmektedir (Adefegha, Oboh, Adefegha, Boligon, & Athayde, 2014). Başka bir araştırmada Streptozotosin ile diyabet oluşturulan sıçanlarda *Syzygium aromaticum*'un %50 etanol ekstratı ile standart insülin karşılaştırılmış. Çalışma 48 tane sıçanda gerçekleştirilmiş ve 6 tane gruba ayrılmıştır. Birinci grup kontrol grup olmuş ikinci ve altıncı grup ise intraperitonel olarak streptozosin verilerek diyabet oluşturulmuş. İkinci grup diyabetik kontrol grubu olarak üç, dört, beş, altı ise kontrol grubu olmuşlardır. Üçüncü, dördüncü, beşinci sıçanlara altmış gün boyunca 250, 500 ve 750mg/kg dozda *Syzygium aromaticum*'un %50 etanol ekstratı verilmiştir. Altıncı grup ise altmış gün boyunca günde 2 defa insülin almıştır. Gruplardan on beşinci, otuzuncu ve altmışıncı günlerde aç karnına kan örnekleri alınmıştır. *Syzygium aromaticum*'un tüm uygulanan dozlarda insülin düşürdüğü gözlenmiş fakat en çok 750mg/kg dozda glikozu düşürmüştür. Gruplarda önce ağırlık kaybı olsa da 750 mg/kg dozda alan grup ağırlık düşüşüne rağmen ilerleyen zamanlarda kontrol grubuyla aynı ağırlığa ulaşmıştır. Buradan çıkarılacak sonuçta *Syzygium aromaticum*'un glikoz düşürücü etkisi olup, bu etki doza bağlı olarak değişmektedir

(Chaudhry, Chaudhry, Naseer, & Chaudhry, 2013). Karanfilin yapısında bulunan öjenolun diyabetin indüklenmesiyle sıçanlarda açlık kan şekeri, pankreas ve karaciğer üzerinde etkilerine bakılmış. Kan şekerinin düşmesinin yanın da pankreas ve karaciğerin histolojik incelemeleri sonucunda eski haline dönebileceği ile ilgili bulgular bulunmuştur (Hamdin, Utami, Muliasari, Prasedya, & Sudarma, 2019). İsveç faresine karanfil yağı ile fermente edilmiş süt ile karanfil yağı içermeyen sütü 30 gün boyunca farelere gavaj yoluyla verilmiştir. Deney sonunda insülin duyarlılık arttığı ve kanda glikoz oranında azalma meydana gelmiştir. Deney boyunca farelerde fizyolojik parametrelerde değerlendirilmiş olup hiçbir toksisite belirtisi görülmemiştir. Bu çalışmadan çıkılacak sonuç karanfil yağı ile fermente edilmiş süt ve süt içeceklerinin glisemik indeksi düşürebileceği ve kimyasal koruyuculara alternatif olabileceğini göstermiştir (de Souza ve ark., 2021).

Sitotoksik Aktivite

Hastalıklar ve kanser mücadele etmek için bir kombine tedavi seçenekleri kullanılması gerekmektedir. Tedavilerde kullanılan ilaç kombinasyonları oldukça zehirli olup birçok yan etkisi bulunmaktadır. Yan etkileri nedeniyle kanser tedavisini sınırlamaktadır (Price P, 2008). Bitkisel ürünlerin tüketiminin faydaları arttıkça bitkisel ürünlere yönelme artmakta ve kanser tedavisi için alternatif olarak ortaya çıkmaktadır (Shobana & Naidu, 2000). Yapılan bir çalışmada diş hekimliğinde sıklıkla kullanılan karanfilin fazla kullanım sonucu toksisitesi incelenmiştir. İnsanda fibroblast hücre hattı ve endotel hücrelerinde kabul edilebilir düzeyde sitotoksik etki göstermiştir. Buradan çıkarılacak sonuçlardan biri karanfilin ilaçlarda etken madde olarak

kullanılmasının başka hastalıklarda etkili olabileceğidir (Hepkokur, 2018). İnsanlar arasında sıklıkla görülen kolon kanseri üzerine yapılmış bir çalışmada *Syzygium aromaticum* kolon kanserinin hücre hattına (HT29) karşı sitotoksik etki göstermiştir. Bu sitotoksik etkinin büyük çoğunluğu uçucu yağ konsantrasyonuna bağlı değiştiği bulunmuştur. Yüksek konsantrasyonda uçucu yağ olması kanser hücrelerinde daha fazla sitotoksik etki göstermiştir (Behbahani, Noshad, & Falah, 2019). Fareler üzerinde yapılan çalışmada karanfil yağı mikroemülsiyonun sitotoksik ve inflamatuvar etkilerine bakılmış. Sitotoksik etkisi peritonel makrofajlar üzerinde test edilmiştir. İnflamatuvar etki ise intraperitonel enjeksiyonla değerlendirilmiştir. Sonuçlar ise farelerde inflamatuvar etki göstermediği, makrofajlarda sitotoksik etki gösterdiği bulunmuştur (Mektrirat, Janngoon, Pikulkaew, & Okonogi, 2016). İnsanlarda özellikle kadınlarda meme kanseri sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Meme kanser hücrelerine karşı yapılan bir çalışmada *Syzygium aromaticum* su ekstraktı, etanol ekstratı ve uçucu yağların sitotoksik etkilerine bakılmıştır. İn vitro ortamda yapılan çalışmada kanser hücrelerine karşı güçlü sitotoksik etki göstermiştir. En yüksek sitotoksik etkiyi uçucu yağlar göstermiş ardından etanol ve su özütü izlemiştir. İlerde meme kanseri tedavisinde umut verici sonuçlar verme olasılığı yüksek görünmektedir (P. S. Kumar, Febriyanti, Sofyan, Luftimas, & Abdulah, 2014). Dişlerin çürümesinde oral patojenler etkili olmaktadır. Karanfilin uçucu yağı oral patojen ve kanser hücrelerine karşı sitotoksik etkileri üzerine bir çalışma yapılmış. Ağızda bulunan 114 tür streptokok bakterisi ve 46 tane maya suşuna karşı ve kanserli hücrelere karşı test edilmiştir. Sonuçlar ise çok güçlü antibakteriyel ve antifungal etki göstermiştir. Aynı şekilde

kanser hücre hatlarına göre değişmekle birlikte sitotoksik bir etki bulunmuştur (Kouidhi, Zmantar, & Bakhrouf, 2010).

Analjezik Aktivite

Karanfilin ağrı kesici özelliği birçok dokuda olmak üzere yapılan çalışmalarda özellikle diş ve anal fissür şikâyeti olan hastalarda etkili olduğuna dair etkileri bildirilmiştir (Elwakeel, Moneim, Farid, & Gohar, 2007). *Syzygium aromaticum* ekstratının analjezik ve antiinflamatuvar etkilerinin belirlenmesi için 24 tane farede bir çalışma yapılmış. Çalışmada analjezi ve yalama özellikleri göz önüne alınmıştır. Sentetik ağrı kesiciler ile karşılaştırıldığında doza bağlı olmakla birlikte kayda değer bir analjezik ve anti-inflamatuvar etki göstermiştir (Naji, Amer, & Walaa, 2017). Reseptörler aracılığıyla ağrıları hissederiz. Analjezik özelliğinin opioid reseptörler üzerinde etkisini gözlemlemişlerdir. Nalokson adında opioid reseptör bloke eden bir ilaç kullanmışlardır. Karanfilin sulu özütü çıkarılmış ve farelerde sıcak plaka testine tabi tutulmuş. Naloksonla karanfil sulu özütü kombine edilmiş ve testler sonucunda analjezik özelliğini inhibe ettiği görülmüştür (Asl, Nazariborun, & Hosseini, 2013). Tilapia balıklarında yapılan çalışmada karanfilin anestezi ve analjezik etkisi sonrasında davranışlarında herhangi bir farklılık olup olmadığı ile ilgili çalışma yapılmıştır. Anestezik ve analjezik etkinin sinir sistemini etkileyip sonrasında yan etkileri olup olmadığı denenmiştir. Davranışsal farklılığı anlamak için beslenme davranışı ve saldırganlık davranışı ölçülmüştür. Davranış farklılıkları günlük olarak gözlenmiş ve değerlendirilmiştir. Değerlendirme ve gözlemler sonucu uyaran ve beslenmede olumsuz bir durum gözlenmemiştir (da Silva ve ark., 2021).

Hepatoprotektif Aktivite

Karaciğerin birçok fonksiyonu bulunmaktadır. Parankimal hepatositler karaciğerin ana hücre tiplerinden biridir. Karaciğer gelen çeşitli maddelerin sentezlenmesi, depolanması, metabolizma edilmesi, endokrin ve ekzokrin gibi fonksiyonları vardır. Bunların yanında sitokinleri salınması, vitamin A depolanması, fagositoz gibi birçok görevi vardır (Juza & Pauli, 2014). Toksik bileşikler, kontamine gıdalar, ilaçlar ve kimyasal maddeler gibi birçok karaciğer üzerinde zararlı olacak maddelere maruz kalmaktadır. Bu maruziyet sonrasında karaciğer hepatositlerde hasar neden olmaktadır. Bunlar sonucunda inflamasyon ve hastalıklara neden olmaktadır (Krier & Ahmed, 2009). Karaciğer hastalıklarının tedavisinde modern tıpta bir çok zorluklar mevcuttur. Tedavi seçenekleri yüksek fiyatlı ve ciddi yan etkileri bulunmaktadır (C. H. Kumar, Ramesh, Kumar, & Ishaq, 2011). Bu gibi sebeplerden dolayı halk arasında bitkisel ilaçların kullanımı gün geçtikçe daha da çok artmaktadır. Bitkisel ilaçlar etkili, ucuz ve yan etkileri sentetik ilaçlar kadar yan etkileri yoktur (Asadi-Samani ve ark., 2015). Ratlarda karaciğerde neden olan siröz ve sirözün neden olduğu hücre proliferasyonu üzerine çalışma yapılmıştır. İçme sularına 16 hafta boyunca tiyoasetamid verilerek siröz oluşumu sağlanmıştır. Siröz oluşumundan sonra karanfilin öjenoldan zengin fraksiyonu 9 hafta boyunca verilmiştir. 9 hafta sonunda incelenen bulgularda siröz oluşumu büyük ölçüde azalttığı ve karaciğerde kanser oluşumuna karşı hücrelerin proliferasyonunu inhibe ettiği bulunmuştur (Ali ve ark., 2014). Albino sıçanlarda yapılan çalışmalarda *Syzygium aromaticum*'un diyabete karşı ve karaciğer yağlanmasına karşı yapılan çalışma yapılmıştır. İntraperitoneal olarak streptozotosin uygulamasıyla diyabet oluşturulmuştur. Yüksek dozda karanfil ile

tedavi edilmiştir. Kan örnekleri alınıp, lipid profili, karaciğer enzimleri, üre, kreatin, glikoz miktarlarına bakılmıştır. Yükselmiş kan değerleri tedaviden sonra önemli ölçüde azalma göstermiştir. Histopatolojik incelemelerde hücrelerin normale dönme eğiliminde olduğu görülmüştür. Karanfilin karaciğer yağlanması ve diyabet hastalıklarında destekleyici olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Sammy, Tamuno-Emine, & Nwachuku, 2020). Dünya nüfusu arttıkça çevre kirliliğinde de artış olmaktadır. Yapılan bir çalışmada çevre üzerine zararlı etkileri bulunan karbon tetraklorür zehirlenmesi sonrası *Syzygium aromaticum* 'un karaciğer üzerine koruyucu etkileri araştırılmıştır. Karbon tetraklorür ile zehirlenmiş farelere 8 hafta boyunca *Syzygium aromaticum* verilmiştir. 8 haftanın sonunda karaciğer enzim parametrelerine ve karaciğer histopatolojik olarak incelenmiştir. Karaciğer enzimlerinde düşme ve karaciğer histopatolojisinde damarlaşma ve hücrelerin normale dönme eğiliminde olduğu görülmüştür (El-Hadary & Ramadan Hassanien, 2016).

Antienflamatuvar Aktivite

Karanfil yağının birçok önemli etkilerinin yanında antienflamatuvar etkisi bulunmaktadır. İnsanlarda derideki fibroblast hücrelerindeki antienflamatuvar etkisi ile çalışma yapılmış. İnsan dermal fibroblast sisteminde kronik inflamasyon ve fibrozu araştırmak için biyobelirteçler değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular dermal fibroblastlarda antienflamatuvar etki göstermiştir. Bu etkilerin yanında kanser hücrelerin sinyal gönderen hücrelerin yolunu değiştirmiştir (Han & Parker, 2017). Karanfil yağının yara iyileşmesi üzerine etkileri bulunmaktadır. Hayvanlarda oluşturulmuş insizyon ve eksizyon yaralarda denenmiştir. Yara üzerine topikal

uygulanmıştır. Uygulama sonrasında yara üzerinde hızlı iyileşme görülmüş ve kollajen üretiminde artış gözlenmiştir. Histopatolojik incelemelerde granüler doku oluşumu hızlanmıştır ve fibroblast canlılığında artış gözlenmiştir. Antienflamatuvar ve yara iyileşmesinde potansiyelinden dolayı sentetik jeller ve antibiyotik içerikli kremler yerine kullanılabileceği öngörülmektedir (Banerjee ve ark., 2020). Farelerde karanfil yağı antienflamatuvar, antinosiseptif ve antipiretik etkileri incelenmiştir. Pençe ödemi ve bira mayası kaynaklı ateş oluşturulmuş ve sırasıyla antienflamatuvar, antipiretik etki araştırmak için kullanılmıştır. Karşılaştırmalarında sentetik olan morfin, aspirin ve parasetamol gibi ilaçlar kullanılmıştır. Karanfil yağı intraperitonel olarak uygulanmış ve etkileri referans ilaçlarla karşılaştırılmıştır. Test sonucunda ise ödemi, ağrıyı ve ateşi önemli ölçüde azaltmıştır (Taher ve ark., 2015). Köpekler üzerinde yapılmış çalışmada karanfil yağının ameliyat sonrası köpeklerde ağrı kesici ve ateş düşürücü etkilerine bakılmıştır. Ameliyat sonrası yapılan ölçüm ve incelemelerde ödem miktarının azaldığı ve rektalden alınan ateş ölçümlerinde ateşin düştüğü görülmüştür. Alınan kan örneklerinde ise kan değerlerinde düşüş görülmüştür. Histopatolojik incelemelerde ise yeniden kan damarlarının oluşumu ve dokularda yeniden onarım bulunmuştur (Nikoui ve ark., 2017).

Anestezik Aktivite

Anesteziler geçici olarak duyu kaybına neden olan doğal ürünler olabileceği gibi sentetikte olabilen ürünlerdir. Genel anestezi tam hareketsizliğe, uyku, hafıza kaybı ve bunun gibi birçok etkilere sebep olmaktadır (COCAN ve ark., 2019). Balık sektöründe, balıkların uzun süre hareketsiz kalmasını istenildiği durumlarda

anestezik maddeler sıklıkla kullanılmaktadır (Zahl, Samuelsen, & Kiessling, 2012). Karanfil yağı balıklarda anestezik olarak sıkça kullanılmaktadır. Sazanlar üzerine yapılmış çalışmada karanfil yağının anestezije giriş süresini vücut kütlesiyle ilişki olduğu bulunmuştur. Çalışmada balıklarda bulunan operculum hareketleri takip edilerek solunum hızlı gözlenmiştir. Büyüklük ve ağırlık arttıkça anestezije giriş süresi daha uzun olduğu gözlenmiştir. Anesteziden çıkış ise bunun tam tersi büyüklük ve ağırlık arttıkça anesteziden daha hızlı çıkış olduğu bulunmuştur (COCAN ve ark., 2019). Karanfil yağı ile anestezije alınmış tilapia balıklarda anestezi sonrasında davranışsal herhangi farklılık olup olmadığı ile çalışma yapılmıştır. Çalışmada dışardan uyaranlara, saldırganlığa ve beslenme davranışları değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda belirtilen davranışların için davranış bozukluğu gözlenmemiştir (da Silva ve ark., 2021). Karanfil yağının kan parametleri üzerine olumsuz etkilerinin olup olmadığı ile ilgili çalışma yapılmıştır. Çalışmada goldfish türü balıklar kullanılmıştır. Karanfil yağı ile anestezije alınan balıklar anestezi etkisi geçtikten sonra kaudal venden kan alınmıştır. Hematolojik incelemeler sonucunda kan değerlerinde geri dönülemez olumsuz bir etkinin olmadığı bulunmuştur (Abdolazizi, Ghaderi, Naghdi, & Kamangar, 2011). Balıkların yanında pasifik istiridyelerinde de karanfil yağı kullanılmıştır. Anestezi sonrasında istiridyelerde ölüm oranı çok düşük miktarda gözlenmiştir (Suquet ve ark., 2009). Uçucu yağlar suda tam anlamıyla çözünmemesi nedeniyle etkilerinde azalmalar görülmektedir. Karanfil yağını nanoparçacık şeklinde hazırlanıp anestezi ve antimikrobiyal etkilerine bakılmıştır. Nanoparçacık şeklinde olmasının öjenolun yavaş yavaş salınması yaklaşık 48 saate

kadar salındığını göstermiştir. Standart karanfil yağı ile karşılaştırıldığında tilapia balıklarında nanoparçacık şeklindeki karanfil yağının daha güçlü anestezik etki gösterdiği bulunmuştur. Antimikrobiyal etkisi ise *Streptococcus agalactiae* ve *Flavobacterium columnare*'ye standart karanfil yağına göre daha güçlü inhibisyon etki göstermiştir (Yostawonkul ve ark., 2019). Genel çıkarılacak sonuç ise su ürünleri yetiştiriciliğinde karanfil yağının anestezi durumunun istendiği zamanlarda güvenli bir şekilde kullanılabilir (Abdolazizi ve ark., 2011; da Silva ve ark., 2021).

Diğer Farmakolojik Aktiviteleri

Yukarıda bahsedilen önemli etkilerinin yanında farklı birçok etkileri bulunmaktadır. Bunlardan birisi antispazmodik etkisidir. Farelerde yapılmış çalışmalarda öjenolün hava yolu ile verilmesinden sonra kas kasılmasında önemli olan Ca^{2+} kanallarını bloke etmiştir. Kas kasılmasında önemli olan proteinlerinde etkinliği azaltmıştır (Lima ve ark., 2011). Kanın pıhtılaşmasını sağlayan kan hücrelerinden biri olan trombositler üzerinde çalışma yapılmıştır. Tavşanlar üzerinde invivo yapılmış çalışmada trombosit aktive edici faktörleri inhibe ederek trombositlerin bir araya gelmelerini engellemiştir. Buda bize anti-trombotik olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Saeed & Gilani, 1994). Anksiyete ve depresyon üzerine çalışma yapılmıştır. Sıçan üzerinde yapılan çalışmada gebelik ve manganez zehirlenmesine maruz bırakıldıktan sonra *Syzygium aromaticum* ile tedavi edilmiştir. Anksiyete ve depresyonu azalttığı bulunmuştur (Adli ve ark., 2014). Akrilamid insan ve hayvanlarda nöronları etkileyerek nörotoksositeye neden olmaktadır. Kızarmış patates, kurabiye ve kraker gibi çok yüksek sıcaklıkta hazırlanan gıdalarda

akrilamid bulunduğu besinlerde, akrilamid toksisitesi ana kaynağıdır (Xu ve ark., 2014). Ratlarda yapılmış bir çalışmada akrilamid ile beyinde dna hasarı ve oksidatif stres oluşturulmuştur. 3 hafta boyunca karanfil yağı ile tedavi edildikten sonra beyin hasarı ve oksidatif stresi düşürmüştür. Bunun yanında nöronları koruduğu bulunmuştur. Buradan çıkarılacak farklı bir etkisi ise nöroprotektif etkisi olduğu görülmüştür (Aboubakr, Ibrahim, Said, Elgendey, & Anis, 2018). Bir başka etkisi ise midede anti ülser olarak görev aldığı görülmektedir. Aspirin ile mide ülseri oluşturulmuş sıçanlarda yapılan çalışmada karanfil yağının mide suyunun hacminde azalmaya ve ülser oluşumu engellediği ortaya konulmuştur. Buradaki parametrelerin yanında histopatolojik incelemeler sonucunda dokularda meydana değişimler ortaya konulmuştur (El-Metwally, 2014). Antiprotozoal etkisine bakıldığında yapılan bir çalışmada karanfil, fesleğen ve civanperçemi uçucu yağlarının ve bileşenlerinin öjenol ve linalol bileşenlerinin *Trypanosoma cruzi epimastigote* protozoa türünde test edilmiştir. Yapılan işlemler sonucu en etkili karanfil bulunmuştur. Parazitlerin büyümesini engellediğini göstermiştir. Etkisini temel olarak protozoa çekirdeğinde göstermiştir (Santoro, Cardoso, Guimarães, Mendonça, & Soares, 2007).

Sonuç

Karanfil (*Syzygium aromaticum*), geniş bir biyolojik aktivite spektrumuna sahip olmasıyla dikkat çekmektedir. Antifungal, antikanser, antidiyabetik, hepatoprotektif ve anestezik etkileri, karanfilin farmakolojik açıdan önemli bir bitki olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bölümde incelenen çalışmalar, karanfilin ve bileşenlerinin sağlık alanında çok yönlü kullanım potansiyelini

vurgulamaktadır. Antifungal özellikleri gıda güvenliği ve korumasında katkı sağlarken, antikanser etkileri yeni tedavi yaklaşımları için umut vadetmektedir. Antidiyabetik ve hepatoprotektif etkileri, metabolik hastalıkların yönetiminde ve karaciğer sağlığının korunmasında karanfilin önemini ortaya koyar. Anestezik etkileri ise özellikle su ürünleri ve veterinerlik uygulamalarında pratik bir kullanım alanı sunmaktadır. Gelecekte, karanfilin tıbbi ve endüstriyel uygulamalarını genişletmek ve etkinliğini tam olarak anlamak için daha fazla klinik ve deneysel araştırmaya ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

Abarca, M. L., Bragulat, M. R., Castella, G., & Cabanes, F. J. (1994). Mycoflora and aflatoxin-producing strains in animal mixed feeds. *Journal of Food Protection*, 57(3), 256-258.

Abdelmoety, A., Foda, F. F. A., El-Hadary, A. E., & Abo-El-Seoud, M. A. (2023). Impact of γ -irradiation on chemical constituents, antibacterial and antioxidant activity of clove and cinnamon volatile oils. *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 14(4), 35-41.

Abdolazizi, S., Ghaderi, E., Naghdi, N., & Kamangar, B. B. (2011). Effects of clove oil as an anesthetic on some hematological parameters of *Carassius auratus*. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 2(1), 108.

Aboubakr, M., Ibrahim, S. S., Said, A. M., Elgendey, F., & Anis, A. (2019). Neuroprotective effects of clove oil in acrylamide induced neurotoxicity in rats.

Adefegha, S. A., Oboh, G., Adefegha, O. M., Boligon, A. A., & Athayde, M. L. (2014). Antihyperglycemic, hypolipidemic, hepatoprotective and antioxidative effects of dietary clove (*Syzygium aromaticum*) bud powder in a high-fat diet/streptozotocin-induced diabetes rat model. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(13), 2726-2737.

Adli, D.E.H., Kahloula, K., Slimani, M., Lahouel, Z., & Belmahi, A. (2014). The efficacy of *Syzygium aromaticum* essential oil in cognitive disorders against manganese chronic exposure in rats during development. *Notulae Scientia Biologicae*, 6(2), 131-137.

Afolayan, A. J., & Sunmonu, T. O. (2010). In vivo studies on antidiabetic plants used in South African herbal medicine. *Journal of clinical biochemistry and nutrition*, 47(2), 98-106.

Alanazi, A. K., Alqasbi, M. H., Alrouji, M., Kuriri, F. A., Almuhan, Y., Joseph, B., & Asad, M. (2022). Antibacterial activity of *Syzygium aromaticum* (clove) bud oil and its interaction with imipenem in controlling wound infections in rats caused by methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Molecules*, 27(23), 8551.

Ali, S., Prasad, R., Mahmood, A., Routray, I., Shinkafi, T. S., Sahin, K., & Kucuk, O. (2014). Eugenol-rich fraction of *Syzygium aromaticum* (clove) reverses biochemical and histopathological changes in liver cirrhosis and inhibits hepatic cell proliferation. *Journal of cancer prevention*, 19(4), 288.

Amit, R., & Shailendra, S. (2006). Ethnomedicinal approach in biological and chemical investigation of phytochemicals as antimicrobials. *Indian Pharmaceutical Sci*, 41, 1-13.

Asadi-Samani, M., Kafash-Farkhad, N., Azimi, N., Fasihi, A., Alinia-Ahandani, E., & Rafieian-Kopaei, M. (2015). Medicinal plants with hepatoprotective activity in Iranian folk medicine. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(2), 146-157.

Asl, M. K., Nazariborun, A., & Hosseini, M. (2013). Analgesic effect of the aqueous and ethanolic extracts of clove. *Avicenna journal of phytomedicine*, 3(2), 186.

Ayoola, G., Lawore, F., Adelowotan, T., Aibinu, I., Adenipekun, E., Coker, H., & Odugbemi, T. (2008). Chemical analysis and

antimicrobial activity of the essential oil of *Syzigium aromaticum* (clove). *African Journal of Microbiology Research*, 2(7), 162-166.

Bailey, C. J., & Day, C. (1989). Traditional plant medicines as treatments for diabetes. *Diabetes care*, 12(8), 553-564.

Banerjee, K., Madhyastha, H., Sandur, R., Manikandanath, N., Thiagarajan, N., & Thiagarajan, P. (2020). Anti-inflammatory and wound healing potential of a clove oil emulsion. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 193, 111102.

Begum, S., Ali, S. N., Farooq, A. D., Siddiqui, F., Siddiqui, B. S., Ayub, A., & Fatima, M. (2020). Volatile constituents and in vitro activity of *Syzygium aromaticum* flower buds (clove) against human cancer cell lines. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 33(6).

Behbahani, B. A., Noshad, M., & Falah, F. (2019). Study Of Chemical Structure, Antimicrobial, Cytotoxic And Mechanism Of Action Of *Syzygium Aromaticum* Essential Oil On Foodborne Pathogens. *Potravinarstvo*, 13(1).

Benencia, F., & Courreges, M. (2000). In vitro and in vivo activity of eugenol on human herpesvirus. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 14(7), 495-500.

Berg, T., Bangstad, H.-J., Torjesen, P., Østerby, R., Bucala, R., & Hanssen, K. (1997). Advanced glycation end products in serum predict changes in the kidney morphology of patients with insulin-dependent diabetes mellitus. *Metabolism*, 46(6), 661-665.

Chaudhry, Z. R., Chaudhry, S. R., Naseer, A., & Chaudhry, F. R. (2013). Effect of *Syzygium aromaticum* (clove) extract on blood glucose level in streptozotocin induced diabetic rats. *PAFMJ*, 63(3), 323-328.

Cocan, D., Popescu, F., Lațu, C., Uiuu, P., Constantinescu, R., Martonos, C., . . Bențea, M. (2019). Induction and recovery times of anesthesia in cyprinids using various doses of clove oil (*Eugenia caryophyllata*). *Scientific Papers: Series D, Animal Science-The International Session of Scientific Communications of the Faculty of Animal Science*, 62(2).

Cortés-Rojas, D. F., de Souza, C. R. F., & Oliveira, W. P. (2014). Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 4(2), 90-96.

Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, 12(4), 564-582.

Da Silva, D. R., Arvigo, A. L., Giaquinto, P. C., Delicio, H. C., Barcellos, L. J. G., & Barreto, R. E. (2021). Effects of clove oil on behavioral reactivity and motivation in Nile tilapia. *Aquaculture*, 532, 736045.

De Souza, K. S. S., de Almeida, A. C., de Oliveira, S. P., Brandi, I. V., Santos, S. H. S., Fonseca, F. S. A., . . . de Farias Lelis, D. (2021). Glycemic profile, inflammatory markers, biochemical and histopathological parameters of mice fed with fermented dairy beverage with clove essential oil. *Research, Society and Development*, 10(4), e22110413826-e22110413826.

- El-Hadary, A. E., & Ramadan Hassanien, M. F. (2016). Hepatoprotective effect of cold-pressed *Syzygium aromaticum* oil against carbon tetrachloride (CCl₄)-induced hepatotoxicity in rats. *Pharmaceutical Biology*, 54(8), 1364-1372.
- El-Metwally, E. M. (2014). Evaluation of antiulcer activity of ginger, clove and castor oils against aspirin induced gastric ulcers in rats. *World Applied Sciences Journal*, 29(7), 815-824.
- Elwakeel, H., Moneim, H., Farid, M., & Gohar, A. (2007). Clove oil cream: a new effective treatment for chronic anal fissure. *Colorectal Disease*, 9(6), 549-552.
- Gasni, D., Chandra, D., Putra, H., Tagif, I., Hadi, M. R., & Suarnel, V. (2024). Friction and Wear Characteristics of Bio-Lubricants Containing Clove Oil as Antioxidant. *Tribology in Industry*, 46(1), 163-172. doi:10.24874/ti.1563.10.23.01
- Ghosh, R., Nadiminty, N., Fitzpatrick, J. E., Alworth, W. L., Slaga, T. J., & Kumar, A. P. (2005). Eugenol causes melanoma growth suppression through inhibition of E2F1 transcriptional activity. *Journal of Biological Chemistry*, 280(7), 5812-5819.
- Glasauer, A., & Chandel, N. S. (2013). Ros. *Current Biology*, 23(3), R100-R102.
- Goñi, M. G., Roura, S. I., Ponce, A. G., & Moreira, M. R. (2016). Clove (*Syzygium aromaticum*) oils. In *Essential oils in food preservation, flavor and safety* (pp. 349-357). Academic Press.
- Gülçin, İ. (2011). Antioxidant activity of eugenol: A structure–activity relationship study. *Journal of medicinal food*, 14(9), 975-985.

Gülçin, İ., Şat, İ. G., Beydemir, Ş., Elmastaş, M., & Küfrevioğlu, Ö. İ. (2004). Comparison of antioxidant activity of clove (*Eugenia caryophyllata* Thunb) buds and lavender (*Lavandula stoechas* L.). *Food chemistry*, 87(3), 393-400.

Hamdin, C. D., Utami, S. W., Muliasari, H., Prasedya, E. S., & Sudarma, I. M. (2019). Histological pattern on pancreas and liver of diabetic rats after treatment of eugenol isolated from leaves of *Syzygium aromaticum*. Paper presented at the AIP Conference Proceedings.

Han, X., & Parker, T. L. (2017). Anti-inflammatory activity of clove (*Eugenia caryophyllata*) essential oil in human dermal fibroblasts. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 1619-1622.

Hassan, S. H., & Khan, M. R. (2020). Anticancer activity of food grade nanoemulsions on hepatic cancer cells: a comparative study.

Hema Krishna, R. (2024). Studies on the Phytochemicals of Clove and Their Biological Activities. *International Journal of Advanced Chemistry*, 12(1), 35-46. doi:10.14419/8j86jz80

Hepkokur, C. (2018). Investigation of cytotoxic effects of *Eugenia caryophyllus* (Clove). *Cumhuriyet Dental Journal*, 21(3), 173-177.

Hu, Q., Zhou, M., & Wei, S. (2018). Progress on the antimicrobial activity research of clove oil and eugenol in the food antiseptis field. *Journal of food science*, 83(6), 1476-1483.

Iftikhar, S., Shahid, A. A., Javed, S., Nasir, I. A., Tabassum, B., & Haider, M. S. (2013). Essential oils and latices as novel antiviral agent against Potato leaf roll virus and analysis of their

phytochemical constituents responsible for antiviral activity. *Journal of Agricultural Science*, 5(7), 167.

Jemal, A., Bray, F., Center, M. M., Ferlay, J., Ward, E., & Forman, D. (2011). Global cancer statistics. *CA: a cancer journal for clinicians*, 61(2), 69-90.

Juza, R. M., & Pauli, E. M. (2014). Clinical and surgical anatomy of the liver: a review for clinicians. *Clinical anatomy*, 27(5), 764-769.

Kouidhi, B., Zmantar, T., & Bakhrouf, A. (2010). Anticariogenic and cytotoxic activity of clove essential oil (*Eugenia caryophyllata*) against a large number of oral pathogens. *Annals of microbiology*, 60(4), 599-604.

Krier, M., & Ahmed, A. (2009). The asymptomatic outpatient with abnormal liver function tests. *Clinics in liver disease*, 13(2), 167-177.

Kumar, C. H., Ramesh, A., Kumar, J. S., & Ishaq, B. M. (2011). A review on hepatoprotective activity of medicinal plants. *International journal of Pharmaceutical sciences and research*, 2(3), 501.

Kumar, P. S., Febriyanti, R. M., Sofyan, F. F., Luftimas, D. E., & Abdulah, R. (2014). Anticancer potential of *Syzygium aromaticum* L. in MCF-7 human breast cancer cell lines. *Pharmacognosy research*, 6(4), 350.

Kurokawa, M., Nagasaka, K., Hirabayashi, T., Uyama, S.-i., Sato, H., Kageyama, T., . . . Namba, T. (1995). Efficacy of traditional herbal medicines in combination with acyclovir against herpes

simplex virus type 1 infection in vitro and in vivo. *Antiviral research*, 27(1-2), 19-37.

Lima, F. C., Peixoto-Neves, D., Gomes, M. D. M., Coelho-de-Souza, A. N., Lima, C. C., Araújo Zin, W., . . . Leal-Cardoso, J. H. (2011). Antispasmodic effects of eugenol on rat airway smooth muscle. *Fundamental & clinical pharmacology*, 25(6), 690-699.

Liu, H., Schmitz, J. C., Wei, J., Cao, S., Beumer, J. H., Strychor, S., . . . Wu, N. (2014). Clove extract inhibits tumor growth and promotes cell cycle arrest and apoptosis. *Oncology Research Featuring Preclinical and Clinical Cancer Therapeutics*, 21(5), 247-259.

Locher, C. P., Witvrouw, M., De Béthune, M.-P., Burch, M. T., Mower, H. F., Davis, H., . . . Vlietinck, A. J. (1996). Antiviral activity of Hawaiian medicinal plants against human immunodeficiency virus type-1 (HIV-1). *Phytomedicine*, 2(3), 259-264.

Mektrirat, R., Janngoon, K., Pikulkaew, S., & Okonogi, S. (2016). Evaluation of cytotoxic and inflammatory properties of clove oil microemulsion in mice. *Asian J Pharm Sci*, 11(1), 231-232.

Naji, H. H., Amer, J. O., & Walaa, F. O. (2017). Analgesic and anti-inflammatory effects of hydro alcoholic extract of (*Syzygium aromaticum*) in albino mice. *Kufa Journal For Veterinary Medical Sciences*, 8(2).

Nassar, M. I., Gaara, A. H., El-Ghorab, A. H., Farrag, A., Shen, H., Huq, E., & Mabry, T. J. (2007). Chemical constituents of clove (*Syzygium aromaticum*, Fam. Myrtaceae) and their antioxidant activity. *Revista Latinoamericana de Química*, 35(3), 47.

Niazi, M. K., Tufail, T., Noreen, S., Basharat, S., Hassan, F., Zeb, K., . . . Fatima, A. (2022). Therapeutic and Nutritional Effect of Clove: A Miracle Spice. *Pakistan Biomedical Journal*, 12-15. doi:10.54393/pbmj.v5i9.798

Nikoui, V., Ostadhadi, S., Bakhtiarian, A., Abbasi-Goujani, E., Habibian-Dehkordi, S., Rezaei-Roshan, M., . . . Giorgi, M. (2017). The anti-inflammatory and antipyretic effects of clove oil in healthy dogs after surgery. *PharmaNutrition*, 5(2), 52-57.

Nugroho, B., & Cahyaningrum, S. E. (2023). Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite-Nanosilver-Clove Oil (*Eugenia Caryophyllus*) as Antibacterial in Toothpaste Preparations Against *Streptococcus Mutans* Bacteria. *Jurnal Pijar Mipa*, 18(4), 659-665. doi:10.29303/jpm.v18i4.5325

Odeyemi, S., & Bradley, G. (2018). Medicinal plants used for the traditional management of diabetes in the Eastern Cape, South Africa: pharmacology and toxicology. *Molecules*, 23(11), 2759.

Odugbemi, T., & Akinsulire, O. (2006). Medicinal plants by species names: outlines and pictures of medicinal plants from Nigeria. In: University of Lagos press.

Omidbeygi, M., Barzegar, M., Hamidi, Z., & Naghdibadi, H. (2007). Antifungal activity of thyme, summer savory and clove essential oils against *Aspergillus flavus* in liquid medium and tomato paste. *Food control*, 18(12), 1518-1523.

Panomsuk, S., Keawsri, K., Limsatjapanit, C., Asaneesantiwong, N., Chomto, P., & Satiraphan, M. (2020). Development of Clove Oil & In Situ Gels for Buccal Mucoadhesive. *Key*

Engineering Materials, 859, 57-61.
doi:10.4028/www.scientific.net/kem.859.57

Panomsuk, S., Porkar, N., Meerasen, P., Kunrattanaporn, N., & Satiraphan, M. (2020). Development and Physico-Chemical Evaluations of Clove Oil Microemulsions. Key Engineering Materials, 859, 62-67. doi:10.4028/www.scientific.net/kem.859.62

Peters, D. (1981). Potato leaf roll virus. Compendium of Potato Disease, 68-70.

Prasad, R. C., Herzog, B., Boone, B., Sims, L., & Waltner-Law, M. (2005). An extract of *Syzygium aromaticum* represses genes encoding hepatic gluconeogenic enzymes. Journal of ethnopharmacology, 96(1-2), 295-301.

Price P, S. K., Illidge. (2008). T. Treatment of Cancer. 5th ed. London. Hodder Arnold Publication;.

Purnami, P., Wardana, I. N. G., Hamidi, N., Sasongko, M. N., & Darmadi, D. B. (2019). The Effect of Rhodium (III) Sulfate and Clove Oil Catalysts on the Droplet Combustion Characteristics of Castor Oil. International Journal of Integrated Engineering, 11(5). doi:10.30880/ijie.2019.11.05.009

Radünz, M., da Trindade, M. L. M., Camargo, T. M., Radünz, A. L., Borges, C. D., Gandra, E. A., & Helbig, E. (2019). Antimicrobial and antioxidant activity of unencapsulated and encapsulated clove (*Syzygium aromaticum*, L.) essential oil. Food chemistry, 276, 180-186.

Rahmi, D., Yunilawati, R., Setiawati, I., Irwinanita, I., Jati, B. N., Riyanto, A., . . . Aidha, N. N. (2021). Antioxidant Activity, Skin

Irritation Potential and Chemical Composition of Clove Leaf Oil From West Java Indonesia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 23(1), 24. doi:10.17146/jsmi.2021.23.1.6398

Ramkrishna, D., Sengupta, S., Bandyopadhyay, S. D., & Ghosh, A. (2021). *Advances in Bioprocess Engineering and Technology*: Springer.

Rapp, R. P. (2004). Changing strategies for the management of invasive fungal infections. *Pharmacotherapy: The Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*, 24(2P2), 4S-28S.

Saeed, S. A., & Gilani, A. H. (1994). Antithrombotic activity of clove oil. *Journal of Pakistan Medical Association*, 44(5), 112.

Sammy, J. F., Tamuno-Emine, D. G., & Nwachuku, E. O. (2020). Evaluation of Anti-diabetic, Hepatoprotective and Antilipidemic Potentials of *Syzygium aromaticum* (Clove) on Albino Rats. *Journal of Complementary and Alternative Medical Research*, 38-50.

Santoro, G. F., Cardoso, M. G., Guimarães, L. G. L., Mendonça, L. Z., & Soares, M. J. (2007). *Trypanosoma cruzi*: activity of essential oils from *Achillea millefolium* L., *Syzygium aromaticum* L. and *Ocimum basilicum* L. on epimastigotes and trypomastigotes. *Experimental parasitology*, 116(3), 283-290.

Schaefer, D., & Cheung, W. M. (2018). Smart packaging: Opportunities and challenges. *Procedia CIRP*, 72, 1022-1027.

Shafie, R. (2017). Antiviral Activity of Clove Oil Nanoemulsion Against Potato virus-Y (PVY). *Egyptian Journal of Phytopathology*, 45(2), 15-31.

Shan, B., Cai, Y. Z., Sun, M., & Corke, H. (2005). Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(20), 7749-7759.

Sharma, P., & Baranwal, M. G. (2014). Effect of *Syzygium aromaticum* on the growth of cancer cells and microbes.

Sharma, S., Barkauskaite, S., Duffy, B., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2020). Characterization and antimicrobial activity of biodegradable active packaging enriched with clove and thyme essential oil for food packaging application. *Foods*, 9(8), 1117.

Shaw, J. E., Sicree, R. A., & Zimmet, P. Z. (2010). Global estimates of the prevalence of diabetes for 2010 and 2030. *Diabetes research and clinical practice*, 87(1), 4-14.

Shobana, S., & Naidu, K. A. (2000). Antioxidant activity of selected Indian spices. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA)*, 62(2), 107-110.

Skandamis, P., Koutsoumanis, K., Nychas, G., & Fasseas, K. (2001). Inhibition of oregano essential oil and EDTA on *Escherichia coli* O157: H7 [food hygiene]. *Italian Journal of Food Science (Italy)*.

Sukatta, U., Haruthaithanasan, V., Chantarapanont, W., Dilokkunanant, U., & Suppakul, P. (2008). Antifungal activity of clove and cinnamon oil and their synergistic against postharvest decay fungi of grape in vitro. *Agriculture and Natural Resources*, 42(5), 169-174.

Suquet, M., De Kermoysan, G., Araya, R. G., Queau, I., Lebrun, L., Le Souchu, P., & Mingant, C. (2009). Anesthesia in Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Aquatic living resources*, 22(1), 29-34.

Taher, Y. A., Samud, A. M., El-Taher, F. E., Ben-Hussin, G., Elmezogi, J. S., Al-Mehdawi, B. F., & Salem, H. A. (2015). Experimental evaluation of anti-inflammatory, antinociceptive and antipyretic activities of clove oil in mice. *Libyan Journal of Medicine*, 10(1).

Torre, L. A., Bray, F., Siegel, R. L., Ferlay, J., Lortet-Tieulent, J., & Jemal, A. (2015). Global cancer statistics, 2012. *CA: a cancer journal for clinicians*, 65(2), 87-108.

Vicidomini, C., Roviello, V., & Roviello, G. N. (2021). Molecular Basis of the Therapeutical Potential of Clove (*Syzygium aromaticum* L.) and Clues to Its Anti-COVID-19 Utility. *Molecules*, 26(7), 1880.

Wang, Y., Bian, W., Ren, X., Song, X., & He, S. (2018). Microencapsulation of clove essential oil improves its antifungal activity against *Penicillium digitatum* in vitro and green mould on Navel oranges. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 93(2), 159-166.

Xu, Y., Cui, B., Ran, R., Liu, Y., Chen, H., Kai, G., & Shi, J. (2014). Risk assessment, formation, and mitigation of dietary acrylamide: current status and future prospects. *Food and Chemical Toxicology*, 69, 1-12.

Yostawonkul, J., Kitiyodom, S., Kaewmalun, S., Suktham, K., Nittayasut, N., Khongkow, M., . . . Pirarat, N. (2019). Bifunctional

clove oil nanoparticles for anesthesia and anti-bacterial activity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 503, 589-595.

Zahl, I. H., Samuelsen, O., & Kiessling, A. (2012). Anaesthesia of farmed fish: implications for welfare. *Fish physiology and biochemistry*, 38(1), 201-218.

Zhang, H., Chen, X., & He, J. J. (2009). Pharmacological action of clove oil and its application in oral care products. *Oral Care Industry*, 19, 23-24.

BÖLÜM III

Major Requirements For The Expansion Of Seaweed-Based Imta In Türkiye

Gamze TURAN¹

INTRODUCTION

In order to ensure the further development of IMTA systems in Türkiye, several steps should be taken by government, industry, academia, community and non-governmental organizations. These steps as Barrington et al. (2009) stated can include (1) establishing the economic value of IMTA systems and their co-products, (2) developing bio-economic models for IMTA systems, (3) exploring additional economic value for IMTA co-products, (4) exploring CO₂ utilization against global warming by IMTA coproducts, (5) Selecting the right species and habitats, (6) promoting effective government legislation/regulations and incentives for IMTA

¹ Ege University, Fisheries Faculty, Aquaculture Department, 35100 Bornova, İzmir, Türkiye, <https://orcid.org/0000-0002-3610-6347>, gamze.turan@ege.edu.tr

developments and the commercialization of IMTA products, (7) recognizing the benefits of IMTA and educating stakeholders about this practice, and (8) establishing the Research & Development & Commercialization for IMTA.

Establishing the economic value of Seaweed-based IMTA systems and their co-products

The added valuable crops, such as seaweeds, sponges, molluscs, echinoderms, polychaetes, and crustaceans to an already existing monoculture fish farm make the systems more profitable (Barrington et al., 2009). These types of systems are already developed and practiced semi commercially and commercially in several places in the world, such as in Canada, South Africa, Israel, Chile, and China (Buschmann et al. 1994a, 1996a, 1996b, 2001, 2005, 2006; Carmona et al. 2006; Chopin 2006; Chopin et al. 1999, 2001, 2008; Troell et al. 1997, 2006; Whitmarsh et al. 2006; Yang et al. 2004) have demonstrated that land-based and off-shore IMTA systems are technically feasible and economically profitable. And, many pioneer studies have been conducted in the United States of America, Spain, Portugal, France, United Kingdom of Great Britain, Ireland, Norway, Sweden, Finland (Barrington et al. 2009) and Turkey (Cirik et al. 2006; Osinga et al. 2010; Turan, 2009; Turan et al. 2006, 2007, 2009, 2010).

In order to ensure the further development of IMTA systems in Türkiye, the first step should be the scaling up of the experimental systems to make the biological demonstration at a commercial scale, and to document the economic and social advantages of the concept, which will be key to convincing practitioners of monospecific aquaculture to move towards IMTA practices. IMTA farms should

be planned and engineered as complete systems to maximize the benefits of the complementing ecological functions of the different crops toward the profitability of the entire operations.

Economic analyses should be added into the IMTA systems when they get closer to commercial scale level and their economic benefits to coastal communities are better understood. After adding profitability and economic impacts, it will be possible to compare IMTA and none-IMTA, or monoculture settings. These models will need to be specified for developing models for IMTA systems which fit to the environmental, economic and social particulars of the areas where they will be installed. They could be modified to estimate the impact of organic and other eco-labels, the value of biomitigation, the savings due to multi-trophic conversion of feed and energy which would otherwise be lost, the reduction of risks by crop diversification and the increase in social acceptability of aquaculture (including food safety, food security and consumer attitudes towards buying sustainable seafood products). An indirect effect of establishing the economic value of IMTA systems to a community will result in the increase stewardship of the coastal zone (Barrington et al., 2009).

Developing bio-economic models for Seaweed-based IMTA systems

Bio-economic models for IMTA systems in several places in the world (Chopin et al. 2001; Whitmarsh et al. 2006; Ridler et al. 2007), including Turkey (Cirik et al. 2006; Osinga et al. 2010; Turan, 2009; Turan et al. 2006, 2007, 2009, 2010) were analyzed. The results of some studies of Chopin et al. 2001; Whitmarsh et al, 2006; Ridler et al., 2007, all based on different IMTA operations (using data from

Chile and Sweden, Scotland, and Canada), indicate that integrating mussels and seaweeds with existing salmon monocultures can increase the profits of salmon farmers while remaining environmentally responsible. Also, this increase in profitability is compounded over time, grows with increased production and stocking densities, and is using only conservative estimates for seaweed market value. Assuming no major market changes or die-offs, the outlook for IMTA is certainly promising (Barrington et al., 2009).

Osinga et al. (2010) demonstrated how integrating avaro-producer sponge *Dysidea avara* and collagen-producer sponge *Chondrosia reniformis* with seabream and seabass farms can help increase profits while minimizing environmental impacts of the farm to its environments. The results of the study showed that after being one year in culture, nearly 100% of all explants of *D. avara* survived and their growth was highest underneath the fish cages. For *C. reniformis* survival at the pristine site was 100%, and growth was estimated at 800% per year. And, it was concluded that the aquaculture trials gave promising results and represent significant progress towards feasible aquaculture of *Dysidea avara* and *Chondrosia reniformis*. For this study, the production cost of the sponges was estimated as 36 euro per kg sponge (wet weight) and concluded that it is highly profitable since a cost price for sponges below 50 euro.kg⁻¹ is accepted as profitable. It is also important to note that the sponges in the culture had an avarol content that did not differ from naturally growing specimens.

Cirik et al. (2006), Turan (2009) and Turan et al. (2006, 2007, 2009, 2010) demonstrated how integrating agarophyte red seaweed

Gracilaria with seabream and seabass farms can help increase profits while minimizing environmental impacts of the farm to its environments. For example, a 1- ha *Gracilaria* culture with average 5 % daily growth rate close to the fish cages has the potential to remove dissolved inorganic N and dissolved P from the fish farm and such cultivation would give an annual harvest of 24 dry tonnes of *Gracilaria*, worth 24,000 US\$. And, it was concluded that with 15% dry weight content, 5 ton fresh weight seaweed.ha⁻¹.year⁻¹ in sea-based IMTA and 110 ton fresh weight seaweed.ha⁻¹.year⁻¹ in land-based IMTA systems can be cultivated (Turan 2009, Turan and Neori, 2010).

Exploring additional economic value for Seaweed-based IMTA co-products

Besides the commonly cultured finfish, shrimps and bivalves, the economic value of seaweeds, sponges, echinoderms and polychaetes should also be considered for IMTA. For example, seaweeds represent 23.4% of the total production and 9.7% of the value of the global aquaculture production, including marine, brackishwater and freshwater and estimated as 59.4 million tonnes of fresh weight, worth US\$ 70.3 billion in 2004. Considering only mariculture (50.9% of the global aquaculture, estimated as 30.2 million tonnes and worth US\$ 28.1 billion), seaweeds represent 45.9% of the production and 24.2% of the value. Molluscs represent 43.0%, fish 8.9%, crustaceans 1.8%, and other aquatic animals 0.4% (FAO, 2006a).

The seaweed aquaculture production provides 92% of the world seaweed supplies is estimated as 11.2 million tonnes of fresh weight, worth US\$ 5.7 billion (99.7% being provided by Asian countries).

Approximately 220 species of seaweeds are cultivated; however, 6 genera are providing 94.8% of the seaweed aquaculture production. These genera includes *Laminaria*, or kombu 40.1%, *Undaria*, or wakame 22.3%, *Porphyra*, or nori 12.4%, *Eucheuma* and *Kappaphycus*, 11.6% and *Gracilaria* 8.4%. And, the first 4 genera are providing 95.6% of the economic value of seaweed production, ie *Laminaria* 47.9%, *Porphyra* 23.3%, *Undaria* 17.7 % and *Gracilaria* 6.7 % (Sahoo and Yarish, 2005; Yarish and Pereira, 2007).

Seaweed production in Turkiye is small, at around 45 tonnes *Gracilaria* annually of harvested natural stocks; however, Turkiye is rich with the resources required for a very large seaweed culture industry of which will undoubtedly expand in following years. *Gracilaria*, *Porphra*, *Hypnea*, *Asparagopsis*, Juvenile *Laminaria*, *Sargassum*, *Cystoseira*, *Dictyopteris*, *Ulva*, *Cladophora* and *Caulerpa* are some seaweed species among the 1,000 species identified on the coast of Turkey have potential for their intensive production at IMTA in Turkiye.

Sponges are very efficient filter feeders. A large-scale sponge-finfish IMTA which combines the production of sponges with remediation of pollution, particularly pollution caused by sea-based fish farming culture have a profound effect on the water quality in the vicinity of fish farms. Conversely, the organic enrichment originating from the fish may stimulate sponge growth, thus making sponge aquaculture more efficient. Osinga et al. (2010) showed that two Mediterranean demospongiae species of *Dysidea avara* and *Chondrosia reniformis* Both species have high potential candidate species for IMTA in Turkiye. *Dysidea avara* is known for its secondary metabolite

avarol, which has been in clinical trials as a potential HIV inhibitor. It was also discovered that avarol can also be effective against skin diseases such as psoriasis. *Chondrosia reniformis* is of interest as a producer of collagen, particularly collagen for cosmetic and biomedical applications. Since both avarol and collagen are produced in relatively large quantities by the sponges, aquaculture appears to be a feasible alternative for production of the compounds through chemical synthesis or recombinant production (Osinga et al. 2010). Analogous to this view is the successful culture of corals that has been achieved in the vicinity of fish cages in the Gulf of Eilat (Israel).

Invertebrates and herbivores are recommended other species for IMTA systems, also have high economic value (Barrington et al., 2009). For example, molluscs (particularly bivalves) have well established market value. Other mid-trophic animals such as echinoderms, crustaceans and polychaetes are also economically valuable. In 2004, the global fishery for sea urchins (*Strongylocentrotus* spp. and *Paracentrotus lividus*) was 32,606 tonnes, while commercial aquaculture that same year was reported at only 7 495 tonnes (FAO 2006b). This occurred in Asia (7,491 tonnes of *Strongylocentrotus* spp. worth US\$ 22,473,000) and Europe (4 tonnes of *Paracentrotus lividus* worth US\$ 47,000) (FAO 2006b). In Chile, the sea urchin *Loxechinus albus* has been overexploited for domestic and export markets (Moreno et al. 2007). The largest harvest was recorded in 2002 (60,000 tonnes). It declined to 37,000 tonnes in 2005, with an export of 3,000 tonnes worth US\$ 61,000,000 (FAO 2006b).

Ross et al. (2004) showed how sea urchins and crabs can be cultured with scallops to prevent biofouling on nets, which in turn help reduce maintenance costs and improve growth rates of scallops. These co-products can also be sold. For example, sea urchin gonad, known also as roe or uni, is popular in Asian sushi restaurants where it can demand prices in the range of US\$ 6 to US\$ 200 per kilogram, depending on quality (Robinson et al. 2002; Robinson 2004). Since, wild stocks of sea urchins are in decline, and the demand from Japanese markets exists, sea urchin aquaculture production is viewed in a positive light and research into sea urchin growth and husbandry is ongoing (Pearce et al. 2004; Robinson 2004; Daggett et al. 2006). Sea urchines (*Paracentrotus* and *Arbacia*) naturally grown in Türkiye are excellent candidate species for IMTA practices.

Another echinoderm that has strong market demand from Asian markets is the sea cucumber. In 2004, Asia produced 53,315 tonnes of cultured *Stichopus japonicus* worth US\$159,943,000 (FAO 2006b). Although commercial scale sea cucumber aquaculture is currently restricted to Asia, there is a pilot project underway on the Pacific coast of Canada culturing *Parastichopus californicus*. Traditional fisheries are located globally, capturing a total of 23,439 tonnes, with 4,973 tonnes from North America and 15 470 tonnes from Asia (FAO 2006b). Sea cucumbers, particularly the species *Holothuria scabra* and *Stichopus japonicus*, have been heavily exploited by the traditional fisheries, and as a result of strong market demand, sea cucumber aquaculture is on the rise (Hamel and Mercier 1997; Purcell et al. 2006). Sea cucumbers *Holothuria* are naturally found in Türkiye and they are excellent candidate species for IMTA systems.

Traditional lobster and crab fisheries are also highly lucrative. In 2004, globally, 232,922 tonnes of wild lobster were caught in traditional capture fisheries (FAO 2006b). Commercial aquaculture of the spiny lobster that same year was reported at only 39 tonnes (FAO 2006b). This occurred in North America (1 tonne worth US\$ 5,000) and Asia (38 tonnes worth US\$ 655,000) (FAO 2006b). If these animals could be integrated with existing fed-aquaculture operations, it could not only provide profit for the farmers, but it could also relieve pressure on dwindling wild populations and help clean the benthic environment of the aquaculture sites. While much research is being done on the culture of the spiny and rock lobsters, *Panulirus* sp. and *Janus* sp. (Phillips and Liddy 2003; Phillips et al. 2004), there is much work yet to be done on the culture of the temperate water lobsters, *Homarus americanus* and *Homarus gammarus* (Nicosia and Lavalli 1999; Tlusty et al. 2005) and their integration in IMTA systems. *Penaeus* and *Homarus* species found in Turkiye are very good candidate crustaceans for IMTA.

Polychaetes are another invertebrate group that can play a key role in IMTA (Barrington et al. 2009). These worms are often found in benthic regions under aquaculture sites, and can play an important role in organic sediment bioremediation (Lu and Wu, 1998). Polychaetes (*Sabella spallanzanii*) have been successfully co-cultured with the alga *Cladophora prolifera* as bioremediators for aquaculture wastewater treatment in the Mediterranean Sea (Pierri et al. 2006). In a review on polychaete aquaculture, Olive (1999) recommended the potential for polychaetes to be used as feed for fish brood stock. Olive (1999) also drew attention to the niche that polychaetes have in the recreational fishing industry. Interestingly,

some polychaetes (*Nereis* spp. “ragworms” and *Arenicola* spp. “lugworms”) have high value as bait in the sea angling sport and leisure industry. These marine worms are commonly sold in bait shops in the United Kingdom, Ireland and the Netherlands. Olive (1999) reported that the European baitworm industry is worth about €200 million (US\$ 262 million), and according to FAO (2006b), while no commercial harvest of cultured polychaetes was reported in 2004, there was a wild harvest of 500 tonnes of polychaetes. With a high value as fishing bait, the potential as a food supply for fish brood stock, and their role as a sediment bioremediator (Tsutsumi et al. 2005), polychaetes integrated with existing aquaculture operations could be beneficial for fish farmers. Moreover, the haemoglobin of *Arenicola marina* has been reported as a potential substitute for human red cells (Zal et al. 2002), and could be a promising alternative at a time of worldwide blood shortage. Some of the polychaete species of Turkiye which would play key role in IMTA systems are *Nereis*, *Arenicola*, *Glycera* and *Sabella*.

Besides uses as bioremediators, biofouling agents, bait, fishmeal and human consumption, invertebrates and herbivorous fishes can also be used to meet the market demand for aquaria and laboratory specimens (Barrington et al., 2009). In 2001, the global export value of ornamentals was US\$ 350 million (Hardy, 2003). Although marine ornamentals only consisted of 4 percent of the volume, they were worth 20 percent of the value (Chapman et al. 1997). While most ornamentals are captured in the wild or grown in aquaria, the potential for co-culturing ornamentals with other aquaculture species could hold high economic benefits for farmers, if they chose to exploit this market niche. It will also be important to assemble

interdisciplinary and complementary teams combining the expertise of cultivating and providing marine biomass (of different and consistent composition and quality through IMTA practices) with the expertise of identifying and characterizing bioactive compounds. This will position differentiated IMTA products for high added-value applications in promising niche market opportunities, and, consequently, make the whole IMTA approach even more attractive and profitable.

Exploring CO₂ utilization against global warming by Seaweed-based IMTA co-products

IMTA technologies are the seaweed culture approaches that are bound to play a major role worldwide in sustainable expansions of the aquaculture operations within balanced ecosystem, to respond to a worldwide increasing fuel demand with a new paradigm in the design of the most efficient CO₂ removal systems against global warming (Turan and Neori 2010). Large-scale seaweed culture is attractive due to low cost technologies that have been in operation for decades, and the multiple uses of the product as food, chemicals and biofuel. Yields of seaweeds can be as high as 80 mt dw ha⁻¹ y⁻¹ in modern intensive pond farms, while extensive low technology coastal farms regularly get yields above 20 mt dw ha⁻¹ y⁻¹ (Neori et al. 2004). Seaweeds can take up 29 mt carbon ha⁻¹ y⁻¹ in modern intensive farms and 7.3 mt carbon ha⁻¹ y⁻¹ in low technology farms (Sinha et al. 2001). Possibilities also exist for promoting intensive growth of seaweeds in integrated multitrophic aquaculture (IMTA) where 830 tons of CO₂ can be taken up annually by a 1,000 mt fish-2,000 mt shellfish-500 mt seaweed IMTA farm and 1,230 tons of CO₂ can be taken up annually by a 1,000 mt fish-7,000 mt seaweed

IMTA farm (Turan and Neori, 2010). Türkiye has potential 289,018.5 tonnes. y^{-1} Carbon sequestration just by potential seaweed production of 963,395 dw seaweed annually, if the country increased its production to match production in China which produces ~116 tons dry seaweed $y^{-1} km^{-1}$ (Turan and Neori, 2010).

Among 15 seaweed species examined, the red alga *Pachymeniopsis lanceolata* showed the highest carbon removal rate on area basis, 2500-6000 g C $m^{-2} \cdot y^{-1}$, which is 5 times higher than in tropical forests. *Undaria pinnatifida*, *Porphyra seriata*, *Laminaria japonica*, *Ulva pertusa*, *Ecklonia stolonifera* and *Grateloupia lanceolata* were also found to be highly efficient in removing aquatic inorganic carbon. The uptake process depends on seasonal variations. For example, the highest carbon uptake rate on fresh-weight basis occurred in *Ulva pertusa* collected in autumn, but the carbon uptake rate on area-basis was highest in *Grateloupia lanceolata* in winter, twice the value in tropical rainforest (Chung 2008).

Several seaweed species are perhaps the most attractive of all CO₂ removal and biofuel aquatic crops, thanks to very high yields and low cost of production. Therefore, efficient production of biodiesel and bioethanol from seaweeds has been considered (Bird and Benson 1987; Flowers and Bird 1987; Hanisak and Ryther 1986; Morand et al. 1991; Gao and McKinley 1994; Kelly and Dworjanyn 2008). Seaweeds can be viewed as miniature biochemical factories, and are more photo-synthetically efficient than terrestrial plants as well as being highly effective CO₂ fixers. Many species of seaweed are rich in oil or sugars that can be converted into biofuels; as a result the biofuel productivity of algae per unit area is much higher compared with conventional farm crops, such as wheat and maize.

Producing a ton of dry algal biomass utilizes approximately 360 kg carbon, 63 kg nitrogen and 8.6 kg phosphorus (Sinha, et al. 2001). Utilization of anthropogenic CO₂ as an industrial by-product for seaweed production holds great promise not only as a carbon sink, but also as a source of food, fodder, fuel and pharmaceuticals. The recent Algal Biomass Summit (Seattle, October 08) stressed the importance of algae to deliver such a mix of energy, feed and industrial products. From an ecological point-of-view, generation of biomass should not aim to a single application, treating the remainder as a 'waste', but towards a comprehensive solution to several challenges, including bio fuel, carbon sequestration and waste remediation. The goal therefore should be the integration of the processes. Mass balance and energy balance, complemented by exergy analysis, can guide the optimisation of the technologies and economics of using seaweeds, regarding carbon sequestration, biofuel production and generation of seaweed products. Additional attractive characteristics of seaweed based biofuels include (1) some seaweeds are rich in oil, others in easily processable carbohydrates and proteins, (2) seaweeds of different species can be grown anywhere, in marine, brackish and fresh water, (3) seaweed can grow well on liquid domestic and industrial wastewaters and on streams polluted by agriculture, reducing pollution as they grow and (4) seaweed biomass is desirable and valuable for a diverse array of commercial purposes, depending on species, quality and quantity (Turan and Neori, 2010).

Selecting the right species and the right habitats

When establishing which species to use in an IMTA system, one must carefully consider the suitability of the species in a particular habitat/culture unit. In order to ensure successful growth and economic value, farmers should: (1) use local species that are well within their normal geographic range and for which technology is available, (2) use species that will complement each other on different trophic levels, (3) use species that are capable of growing to a significant biomass, (4) use species that have an established or perceived market value, and (5) use species for which regulators and policy makers will facilitate the exploration of new markets, not impose new regulatory impediments to commercialization (Barrington et al., 2009).

The addition of infrastructures to cultivate different selected species can alter the oceanographic and biological conditions of a habitat to a certain extent. Therefore site managers should be mindful of the changes in (1) oxygen levels, (2) flow rates, (3) particulate organic matter and (4) dissolved inorganic nutrient levels when selected species are added or removed from an IMTA system (Barrington et al., 2009).

Promoting effective government legislation/regulations and incentives to facilitate the development of IMTA practices and the commercialization of IMTA products

Establishing effluent regulations conducive to the development of IMTA

The development and adoption of technology often depends highly on the level of legislative pressure from a nation's government, itself reacting to pressures from consumers, ENGOs and the public at large. If environmental legislation remains low priority with

government, then little progress toward the use of biofilters (as a means of effluent mitigation) will occur. The only motivator will be profit obtained from additional product growth and regulatory incentives. Therefore, if government puts legislative pressure on the proper management of wastewater effluent, openly supports the use of biomitigation for effluent management, and put in place the appropriate corresponding financial tools (funding for IMTA R&D, outreach and technology transfer and tax incentives), the development of IMTA will be encouraged (Barrington et al., 2009).

It is also important to note that present aquaculture business models do not consider and recognize the economic value of the biomitigation services provided by biofilters, as there is no cost associated with aquaculture discharges/effluents in open seawaterbased systems. As Barrington et al. (2009) stated previously, regulatory and financial incentives may therefore be required to clearly recognize the benefits of the extractive components of IMTA systems (shellfish and seaweeds). A better estimate of the overall cost/benefits to nature and society of aquaculture waste and its mitigation would create powerful financial and regulatory incentives to governments and the industry to jointly invest in the IMTA approach. For example, Denmark, after the initial development of finfish aquaculture in the 1970- 80's, is now reconsidering more finfish aquaculture development, but the condition for that to occur is proper planning for biomitigation and the recommended use of biofilters, such as seaweeds and shellfish, is being considered. This means that the use of extractive species would become part of the license requirements to operate in Denmark, and that the nutrient reduction services provided by these organisms would finally be

recognized and valued for their ecosystem functions. These services need to be quantified; for example, in Denmark, the remediation costs for one kilogram of nitrogen is estimated at €33 (Holdt et al. 2006). If laws or regulations were implemented to have aquaculture operations responsibly internalize their environmental costs, a significant reduction of their profitability would occur. As previously mentioned, a study in Turkey showed that by integrating the culture of the algal nutrient biofilter *Gracilaria* to seabream and seabass fish farm, environmental costs of waste discharges are significantly reduced and profitability is significantly increased (Cirik et al. 2006; Turan 2009; Turan et al. 2006, 2007, 2009, 2010).

The introduction of a nutrient tax, or its exemption through the implementation of biomitigative practices, would make the economic demonstration of the validity of the IMTA approach even more obvious. Moreover, by implementing better management practices, the aquaculture industry should increase its social acceptability, a variable to which it is very difficult to give a monetary value, but an imperative condition for the development of its full potential. Reducing environmental and economic risk in the long term should also make financing easier to obtain (Barrington et al., 2009).

Putting in place enabling legislation for commercialization of IMTA products

For IMTA to develop to a commercial scale, appropriate regulatory and policy frameworks need to be put in place. Present aquaculture regulations and policies summarized by Deniz (2010) in Türkiye are very limited. To develop the IMTA, the present aquaculture regulations and policies need to be revisited. Adaptive regulations

need to be developed by regulators with innovative minds, who are not afraid of putting in place mechanisms that allow the testing of IMTA practices at the R&D level, and mechanisms that will take these practices all the way to commercialization. As the IMTA concept continues to develop, it is important that all sectors of the industry be aware of the implications of the changes involved so that they can adapt in a timely and organized manner.

Recognizing the benefits of IMTA and educating stakeholders about this practice

Once government, industry and the public will become aware of the positive impacts of IMTA, they are likely to be more inclined to encourage the establishment of these culture systems. The benefits of IMTA include: (1) Effluent biomitigation through the use of biofilters (e.g. seaweeds, sponges, molluscs, echinoderms and crustaceans), (2) Disease control can be provided by certain seaweeds due to their antibacterial activity against fish pathogenic bacteria (Bansemir et al. 2006), or by shellfish reducing the virulence of ISAV (Skar and Mortensen, 2007), (3) Increased profits through diversification by cultivating commercial by-products, (4) Increased profits through obtaining Premium prices through eco-labelling or organic certification programmes, and (5) Improving nation's economy through employment (both direct and indirect) and product processing and distribution (Barrington et al., 2009).

To help spread the positive impacts of IMTA in Türkiye: (1) researchers should not only publish their work on IMTA in peer reviewed journals, but also in magazines geared toward the general public and industry professionals, (2) Government/industry/academia could launch public awareness

campaigns (via media outlets, e.g. newspapers, TV and radio documentaries, pamphlets, websites), (3) Academia, government, industry and general public should hold regular meetings to discuss progress, stumbling blocks, new directions, (4) International exchanges between personnel working on IMTA could be established to exchange knowledge (e.g. conferences, workshops, student/researcher exchanges), (5) a website database on IMTA could also be established to more easily share knowledge.

Establishing the R&D&C for Seaweed-based IMTA

The maintenance of productive R&D programs is vital for any industry, particularly one as dynamic as today's aquaculture industry. As pointed out by Troell et al. (2003) and Barrington et al., (2009), several areas of R&D are especially important for IMTA: R&Ds should (1) be experienced with different IMTA models by the selected species is crucial for management, (2) be conducted at scales relevant to commercial implementation or suitable for extrapolation, while still not being irreversible, (3) be developed to estimate the appropriate biological and economic ratios between fed organisms, organic extractive organisms and inorganic extractive organisms at the aquaculture sites, (4) be open to adaptation and development of new Technologies, (5) consult with the experts of engineers, statisticians, economists and marketing people who play an important role in site design and operation, (6) analyse the health of the system within the broader perspective of integrated coastal zone management and ecosystem carrying/assimilative capacity to determine the roles and functions of IMTA systems for improved environmental, economic and social acceptability, (7) develop appropriate food safety regulatory and policy frameworks to enable

the development of commercial scale IMTA operations in a more universal fashion and (8) develop educational, training and financial incentive approaches to facilitate the outreach and transfer of IMTA technologies from the scientists to the industry, the different levels of government and the public at large.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The aquaculture ecological, engineering, economic and social challenges remaining to be solved are for some maybe daunting. However, the goal is to develop modern IMTA systems, which are bound to play a major role worldwide in sustainable expansions of the aquaculture operations of tomorrow, within a balanced ecosystem or eco-friendly approach, to respond to a worldwide increasing seafood demand with a new paradigm in the design of the most efficient food production systems.

IMTA has enormous potential for growth in Türkiye where there are direct groundworks toward the development of IMTA and active research programs gaining knowledge about their regions potential for development of IMTA.

In summary,

Turkish Aquaculture is now at a crossroad and there are many critical aspects of its sustainability that need to be addressed. Because of the recent regulations made by the Turkish Ministry of Environment and Forestry, the marine cage farms produce 90,000 tonnes of marine fish with 250,000 employee were forced to leave their operations from the shores to either on-land or off-shore areas due to their negative ecological impacts.

The challenge faced by the Turkish aquaculture industry is how to maintain previous production levels and even expand them without exceeding assimilative capacity of the ecosystem. This is where IMTA can become the most innovative solution to the industry.

Türkiye has ongoing research projects related to the development of IMTA.

Türkiye has many marine species, including seaweeds with commercial potential and several projects already work on seaweed and IMTA culture, and the potential in Türkiye.

The country has a total of 24.6 million ha coastal zone, of which 1.5 million ha area, called “economic coastal zone”, has a high potential to grow seaweed in ecologically-balanced IMTA systems.

Türkiye is still in its infancy and its potential in mariculture is far from being fully exploited. From the point of seaweed aquaculture, Türkiye is just using its marine aquaculture potential at minor levels, however it is believed that it will expand undoubtedly in following years by seaweed cultivation in IMTA systems where with 15% dry weight content, 5 ton fresh weight seaweed/ha/year in sea-based IMTA and 110 ton fresh weight seaweed/ha/year in land-based IMTA systems can be cultivated.

And, producing a ton of dry algal biomass at IMTA system utilizes approximately 360 kg carbon, 63 kg nitrogen and 8.6 kg phosphorus.

830 tons of CO₂ can be taken up annually by a 1,000 mt fish-2,000 mt shellfish-500 mt seaweed IMTA farm and 1,230 tons of CO₂ can be taken up annually by a 1,000 mt fish-7,000 mt seaweed IMTA farm.

Turkiye has potential 289,018.5 tonnes. y^{-1} Carbon sequestration just by potential seaweed production of 963,395 dw seaweed annually, if the country increased its production to match production in China which produces ~ 116 tons dry seaweed $y^{-1} km^{-1}$

IMTA provides exciting new opportunities for valuable crops of aquatic species and for Turkish IMTA approaches, the IMTA component may include species of :

Gracilaria, Gelidium, Gigartina, Hypnea, Porphyra, Asparagopsis, Juvenile Laminaria, Sargassum, Cystoseira, Dictyopteris, Ulva and Caulerpa (seaweeds).

Dysidea avara and Chandrosia reniformis (sponges).

Ostrea, Crassostrea, Pecten, Mytilus, Tapes, and Haliotis, (molluscs).

Paracentrotus, Arbacia, and Holothuria (echinoderms).

Nereis, Arenicola, Glycera and Sabella (polychaetes).

Penaeus and Homarus (crustaceans).

Sparus, Dicentrarchus, Oncorhynchus, Salmo, Thunnus, Scophthalmus, and Mugil (fish).

In order to ensure the expansion of IMTA in Türkiye several steps should be taken where appropriate. These include: (1) establishing the economic value of IMTA systems and their co-products, (2) developing bio-economic models for IMTA systems, (3) exploring additional economic value for IMTA co-products, (4) exploring CO₂ utilization against global warming by IMTA coproducts, (5) Selecting the right species and habitats, (6) promoting effective

government legislation/regulations and incentives for IMTA developments and the commercialization of IMTA products, (7) recognizing the benefits of IMTA and educating stakeholders about this practice, and (8) establishing the Research & Development & Commercialization for IMTA.

Taking all these factors into account, IMTA can be used as a valuable tool towards building a sustainable aquaculture industry in Türkiye. IMTA systems can be environmentally responsible, profitable and sources of employment in coastal regions for Türkiye that develops them properly, especially when government, industry, academia, communities and non-governmental environmental organizations (ENGOS) work in consultation with each other. It is highly recommended that IMTA systems be utilized wherever possible, and ultimately replace monoculture operations in areas where they can be developed.

IMTA is the best option for a sustainable aquaculture industry in Türkiye. It is environmentally responsible, economically profitable and socially acceptable. The IMTA studies established in Türkiye, have provided some solid examples concerning all these issues (environmental, economical and social) and can be referred to as pioneer models for Türkiye, although much more R&D&C is needed.

The key of IMTA is integration. As pointed out during a workshop on IMTA in Saint John, New Brunswick, Canada, in March 2004 (Robinson and Chopin 2004), a successful IMTA operation must integrate all stakeholders into its development plan. Government, industry, academia, the general public and ENGOS must work together. The role of IMTA in an integrated coastal zone

management plan must be clearly defined. Beyond selecting the appropriate species for growth at a particular site, economics and social acceptability must also play a key role. Once these are established, a focused R&D&C programme will ensure efficiency and long-term sustainability for the aquaculture sector.

REFERENCES

- Barrington K, Chopin T, Robinson S (2009). Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) in marine temperate waters. In Soto D (ed), *Integrated mariculture: a global review*. FAO *Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, no 529. Rome, FAO. pp.7-46.
- Bird KT, Benson PH (eds) (1987). *Seaweed cultivation for renewable resources*, New York, NY, Elsevier Press, 381 pp.
- Buschmann AH, Mora OA, Gomez P, Botttger M, Buitano S, Retamales C, Vergara PA, Gutierrez A (1994). *Gracilaria chilensis* outdoor tank cultivation in Chile: use of land-based salmon culture effluents. *Aquaculture Engineering* 13: 283–300.
- Buschmann AH, López DA, Medina A (1996a). A review of the environmental effects and alternative production strategies of marine aquaculture in Chile. *Aquacultural Engineering* 15: 397-421.
- Buschmann AH, Troell M, Kautsky N, Kautsky L (1996b). Integrated tank cultivation of salmonids and *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) *Hydrobiologia* 326/327: 75-82.
- Buschmann AH, Correa JA, Westermeier R, Paredes MA, Adeo D, Potin P, Aroca G, Beltrán J, Hernández-González MC (2001). Cultivation of *Gigartina skottsbergii* (Gigartinales, Rhodophyta): recent advances and challenges for the future. *Journal of Applied Phycology* 13: 255-266.
- Buschmann AH, Hernández-González MC, Astudillo C, de la Fuente L, Gutierrez A, Aroca G (2005). Seaweed cultivation, product development and integrated aquaculture studies in Chile. *World Aquaculture* 36: 51-53.

Buschmann AH, Riquelme VA, Hernández-González MC, Varela D, Jiménez JE, Henríquez LA, Vergara PA, Guíñez R, Filún L (2006). A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific. *ICES Journal of Marine Science* 63: 1338-1345.

Carmona R, Kraemer GP, Yarish C (2006). Exploring Northeast American and Asian species of *Porphyra* for use in an integrated finfish-algal aquaculture system. *Aquaculture* 252: 54-65.

Chapman FA, Fitz-Coy SA, Thunberg EM, Adams CM (1997). United States of America trade in ornamental fish. *Journal of the World Aquaculture Society* 28: 1-10.

Chopin T (2006). Integrated Multi-Trophic Aquaculture. What it is and why you should care... and don't confuse it with polyculture. *Northern Aquaculture* 12 (4): 4.

Chopin T, Yarish C, Wilkes R, Belyea E, Lu S, Mathieson A (1999). Developing *Porphyra*/salmon integrated aquaculture for bioremediation and diversification of the aquaculture industry. *Journal of Applied Phycology* 11: 463-472.

Chopin T, Buschmann AH, Halling C, Troell M, Kautsky N, Neori A, Kraemer GP, Zertuche-Gonzalez JA, Yarish C, Neefus C (2001). Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key towards sustainability. *Journal of Phycology* 37: 975-986.

Chopin T, Robinson SMC, Troell M, Neori A, Buschmann AH, Fang J (2008). Multi-trophic integration for sustainable marine aquaculture, pp. 2463-2475. In: Jorgensen, SEJ, Fath, BD (eds.).

The Encyclopedia of Ecology. Ecological Engineering (Vol. 3). Elsevier, Oxford.

Chung, IK (2008). Seaweed Coastal CO₂ removal belt in Korea. The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC, and the Thirteenth Conference of the Parties, COP-13, Side Event of Seaweed coastal CO₂ removal belt in Korea & algal paper and biofuel, 6-10 December 2007, Bali, Indonesia.

Cirik S, Turan G, Ak I, Koru E (2006). *Gracilaria verrucosa* (Rhodophyta) culture in Turkey. International Conference on Coastal oceanography and Sustainable Marine Aquaculture: Confluence and Synergy, 2-4 May 2006, Sabah, Malaysia.

Daggett TL, Pearce CM, Robinson SMC (2006). A comparison of three landbased containment systems for use in culturing green sea urchins, *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller) (Echinodermata: Echinoidea). *Aquaculture Research* 37: 339-350.

Deniz H (2010). Turkey: Best practices in aquaculture management and sustainable development. In: Andrews-Chouicha E, Franz N, Ravet K, Schmidt CC, Strange T (eds), *Advancing the Aquaculture Agenda: Workshop proceedings*, OECD, 15-16 April 2010, Paris, France, pp. 183-193.

European Commission. 2013. Commission Regulation No 68/2013 of 16 January 2013 on the Catalogue of feed materials. Official Journal of the European Union, L 29/1, 1-64.

European Commission. 2022. Communication from the commission to the European Parliament, the council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Towards a

Strong and Sustainable EU Algae Sector. https://oceans-and-fisheries.ec.europa.eu/system/files/2022-11/COM-2022-592_en.pdf

European Council. 2007. Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products and repealing Regulation (EEC) No 2092/91. Official Journal of the European Union, L 189/1, 1-23.

European Parliament and the Council of the European Union. 2002. Directive 2002/32/EC of 7 May 2002 on undesirable substances in animal feed - Council statement. OJ L 140, 30.5.2002, p. 10–22 <http://data.europa.eu/eli/dir/2002/32/oj>

European Parliament and the Council of the European Union. 2002. EC Regulation 178:2002. Official Journal of the European Communities, L31, 1–24.

Euroview, E. U. 2010. Euroview Biorefinery: Current situation and potential of biorefinery concept in the EU-Strategic framework and guidelines for its development, 2007.

FAO (2006a). State of world aquaculture, 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO Fisheries Technical Paper 500, Rome.

FAO (2006b). Fisheries Global Information System (FIGIS) website. www.fao.org/figis/servlet/TabLandArea?tb_ds=Aquaculture&tb_mode=TABLE&tb_act=SELECT&tb_grp=COUNTRY

FAO (2009a). The state of world fisheries and aquaculture 2008, FAO, Rome, www.fao.org/fishery/sofia.en.

FAO (2009b). Yearbook of Fishery Statistics: Summary Tables of Fishery Statistics, FAO, Rome.

FAO. 2019. FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data>

FAO. 2022a. The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome. <https://doi.org/https://doi.org/10.4060/cc0461e>

FAO. 2022b. Report of the expert meeting on food safety for seaweed–Current status and future perspectives. Rome, 28–29 October 2021.

FAO and WHO. 2022. Report of the expert meeting on food safety for seaweed – Current status and future perspectives. Rome, 28–29 October 2021. Food Safety and Quality Series No. 13. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc0846en>

Flowers AB, Bird KT (1987). Methane production from seaweeds. In: Akatsuka I (ed), Introduction to applied phycology, The Hague: SPB Academic Publishing, pp. 575-587.

Gao K, McKinley KR, (1994) Use of macroalgae for marine biomass production and CO₂ remediation: a review. *J. Appl. Phycol.* 6: 45-60.

Hamel JF, Mercier A (1997). Sea cucumbers: current fishery and prospects for aquaculture. *Aquaculture Magazine* 23: 42-53.

Hanisak MD, Ryther JH (1986). The experimental cultivation of the red seaweed *Gracilaria tikvahie* as an ‘energy crop’: An overview.

In: Barclay WR, McIntosh RP (eds), *Algal Biomass Technologies, An Interdisciplinary Perspective*, Nova Hedwigia 83, 212-217.

Hardy R (2003). Introduction to the special issue on ornamental fish. *Aquaculture Research* 34: 903.

Holdt S, Moehlenberg F, Dahl-Madsen KI (2006). Polyculture in Denmark: status, feasibility and future. World Aquaculture Society Conference, Florence, Italy, 9-13 May 2006. *Book of Abstracts*: 390.

Kelly MS, Dworjanyn S (2008). The potential of marine biomass for anaerobic biogas production, The Crown estate, 103 pp.

Lu L, Wu RSS (1998). Recolonization and succession of marine macrobenthos in organic enriched sediment deposited from fish farms. *Environmental Bulletin* 101: 241- 251.

Morand P, Carpentier B, Charlier RH, Maze J, Orlandini M, Plunkett BA, de Waart J, (1991). Bioconversion of seaweeds. In: Guiry M, Blunden G (eds), *Seaweed Resources in Europe: Uses and Potential*. John Wiley & Sons, Chichester, pp: 95-148.

Neori A, Chopin T, Troell M, Buschmann AH, Kraemer GP, Halling C, Shpigel M, Yarish C (2004). Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture* 231: 361-391.

Nicosia F, Lavalli K (1999). Homarid lobster hatcheries: their history and role in research, management, and aquaculture. *Marine Fisheries Review* 61(2): 1-57.

Olive PJW (1999). Polychaete aquaculture and polychaete science: a mutual synergism. *Hydrobiologia* 402: 175-183.

Osinga R, Sidri M, Cerig E, Gokalp SZ, Gokalp M (2010). Sponge Aquaculture Trials in the East-Mediterranean Sea: New Approaches to Earlier Ideas, *The Open Marine Biology Journal*, 4, 74-81.

Pearce C M, Daggett TL, Robinson SMC (2004). Effect of urchin size and diet on gonad yield and quality in the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Aquaculture* 233: 337-367.

Phillips BF, Liddy GC (2003). Recent developments in spiny lobster aquaculture. Proceedings of the Third World Fisheries Congress: Feeding the World with Fish in the Next Millenium – the Balance Between Production and Environment. *American Fisheries Society Symposium* 38: 43-57.

Phillips BF, Smith RM, Maguire GB (2004). Western rock lobster: Potential for enhancement and aquaculture. *Journal of Shellfish Research* 23: 307.

Pierri C, Fanelli G, Giangrande A (2006). Experimental co-culture of low foodchain organisms, *Sabella spallanzanii* (Polychaeta, Sabellidae) and *Cladophora prolifera* (Chlorophyta, Cladophorales), in Porto Cesaro area (Mediterranean Sea). *Aquaculture Research* 37: 966-974.

Purcell SW, Patrois J, Fraisse N (2006). Experimental evaluation of co-culture of juvenile sea cucumbers, *Holothuria scabra* (Jaeger), with juvenile blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson). *Aquaculture Research* 37: 515-522.

Ridler N, Wowchuk M, Robinson B, Barrington K, Chopin T, Robinson S, Page F, Reid G, Szemerda M, Sewuster J, Boyne-Travis S (2007). Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA): a potential

strategic choice for farmers. *Aquaculture Economics and Management* 11: 99-110.

Robinson SMC, Castell JD, Kennedy EJ (2002). Developing suitable colour in the gonads of cultured green sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis*). *Aquaculture* 206: 289-303.

Robinson SMC (2004). The evolving role of aquaculture in the global production of sea urchins. In: Lawrence JD (ed.). *Sea Urchins – Fisheries and Ecology: Proceedings of the International Conference on Sea Urchin Fisheries and Aquaculture, Puerto Varas, Chile, March 25-27, 2003*: 343-358. DEStech Publications Inc., Lancaster.

Robinson SMC, Chopin T (2004). Defining the appropriate regulatory and policy framework for the development of integrated multi-trophic aquaculture practices: summary of the workshop and issues for the future. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada* 104 (3): 73-84.

Sahoo, D., and Yarish, C., (2005). Mariculture of Seaweeds . In: *Phycological Methods: Algal*

Culturing Techniques, Anderson, R.A. (editor), Elsevier Academic Press, New York, pp 219-237.

Skar CK, Mortensen S (2007). Fate of infectious salmon anaemia virus (ISAV) in experimentally challenged blue mussels *Mytilus edulis*. *Diseases of Aquatic Organisms* 74: 1-6.

Sinha, VRP, Fraley L, Chowdhry, BS (2001). Carbon dioxide utilization and seaweed production. *Proceedings of NETL: First*

National Conference on Carbon Sequestration (http://www.netl.doe.gov/publications/proceedings/01/carbon_seq/p14.pdf).

Thlusty MF, Fiore DR, Goldstein JS (2005). Use of formulated diets as replacements for *Artemia* in the rearing of juvenile American lobsters (*Homarus americanus*). *Aquaculture* 250: 781-795.

Turan G (2009). Potential Role of Seaweed Culture in Integrated Multitrophic Aquaculture (IMTA) Systems for Sustainable Marine Aquaculture in Turkey, *Aquaculture Europe*, Vol 34 (1), March 2009, pp. 5-11.

Turan G, Neori A (2010). Intensive Seaweed Aquaculture: A Potent Solution Against Global Warming. In: Israel A, Einav R, Seckbach J (eds), *Seaweeds and Their Role in Globally Changing Environments, Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology*, Springer, 15, pp. 357-372.

Turan G, Koru E, Tekogul T, Seyhaneyildiz S, Can E, Peker O, Cirik S (2007). Seaweed Aquaculture in Turkey: Pilot Projects With potential For Integrated Aquaculture Systems, *Aquaculture Europe* 07 October 24-27, 2007, Istanbul, Turkey.

Turan, G, Koru E, Tekogul H, Seyhaneyildiz S, Peker O, Cirik S (2007). Seaweed Resources of Turkey, *Aquaculture Europe* 07 October 24-27, 2007, Istanbul, Turkey.

Turan G, Ak I, Cirik S, Koru E, Kaymakci-Basaran A (2006). *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfuss Culture in Intensive Fish Farm. *Ege University Journal of Fisheries Faculty*, Volume: 23 (1/2): 305-309 (In Turkish).

Turan G, Cirik S, Tekogul H, Koru E, Seyhaneyildiz S, Peker O, Can E (2007). Seaweed Cultivation in Integrated Aquaculture Systems. XIV. National Fisheries Symposium, Mugla University, Fisheries Faculty, 4-7 September 2007 Mugla, Turkey (In Turkish).

Turan G, Cirik S (2008). Culture, mineral-vitamin composition, and thalassotherapy application studies on seaweeds. The 11th International Conference on Applied Phycology, 22-27 June 2008, The National University of Ireland, Galway, Ireland.

Turan G, Tekogul H, Koru E, Cirik S (2009). Contribution of Seaweed Cultivation IMTA Systems to Shaping Sustainable Aquaculture in Turkey. European Aquaculture 09, 14-17 August, Trondheim, Norway.

Turan G, Tekogul H, Koru E, Cirik S (2010). Seaweed-based Integrated Multi-Trophic Aquaculture: A potent solution for sustainable aquaculture in Turkey. Aquaculture 2010, March 1-5, San Diego, California, USA.

Troell M, Halling C, Nilsson A, Buschmann AH, Kautsky N, Kautsky L (1997). Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture* 156: 45-61.

Troell M, Halling C, Neori A, Chopin T, Buschmann AH, Kautsky N, Yarish C (2003). Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture* 226: 69-90.

Troell M, Robertson-Andersson D, Anderson RJ, Bolton JJ, Maneveldt G, Halling C, Probyn T (2006). Abalone farming in South

Africa: an overview with perspectives on kelp resources, abalone feed, potential for on-farm seaweed production and socio-economic importance. *Aquaculture* 257: 266-281.

Tsutsumi H, Kinoshita K, Srithongouthai S, Sato A, Nagata S, Inoue A, Yoshioka M, Ohwada K, Hama D (2005). Treatment of the organically enriched sediment below the fish farm with the biological activities of artificially mass-cultured colonies of a small deposit feeding polychaete, *Capitella* sp. 1. *Benthos Research* 60 (1): 25-37.

United Nations. 2015. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.

Whitemarsh DJ, Cook EJ, Black KD (2006). Searching for sustainability in aquaculture: an investigation into the economic prospects for an integrated salmonmussel production system. *Marine Policy* 30: 293-298.

Yang YF, Li CH, Nie XP, Tang DL, Chung, IK (2004). Development of mariculture and its impacts in Chinese coastal waters. *Rev Fish Biol Fish* 14:1–10.

Yarish, C., and Pereira, R., (2008). Mass Production of Marine Macroalgae. *In*: Ecological

Engineering, Sven Erik Jørgensen and Brian D. Fath (Editor-in-Chief), Vol. [3] of

Encyclopedia of Ecology, 5 vols., Oxford: Elsevier, pp: 2236-2247

Zal F, Lallier F, Toulmond A (2002). Utilisation comme substitut sanguin d'une hémoglobine extracellulaire de poids moléculaire élevé. French Patent No. 00 07031, granted August 2, 2002.

BÖLÜM I

Effects of Pollution and Environmental Stress Factors on the Blue Crab (*Callinectes sapidus*)

Övgü GENCER¹

Introduction

Ecological Role of the Blue Crab

The blue crab (*Callinectes sapidus*) is native to the western Atlantic Ocean and can also be found along the coasts of Turkey, playing critical roles within the marine ecosystem. Positioned as both a predator and prey in the food chain, it interacts with other species and supports the energy flow within the ecosystem. The omnivorous feeding habits of blue crabs, which include consuming small fish, mollusks, and plant materials, contribute significantly to ecosystem balance (Özbek et al., 2021).

¹ Dr.,Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, İzmir/Türkiye, Orcid: 0000-0001-8403-1274

Blue crabs also engage in bioturbation (mixing of sediments) on the seabed, which facilitates the distribution of nutrients in the water column. This process not only aids in spreading nutrients over a larger area but also supports the necessary habitat conditions for other marine organisms (Çiçek & Avşar, 2019). However, blue crabs are highly susceptible to environmental stress factors, particularly pollution. Research has shown that heavy metals negatively impact certain enzyme activities in blue crabs, disrupting their vital functions. For instance, heavy metals resulting from pollution have been observed to inhibit esterase activity in the hepatopancreas of blue crabs (Yıldırım et al., 2020).

In this context, the conservation of blue crabs and minimizing the environmental stress factors they face are crucial for the sustainability of marine ecosystems.

The blue crab (*Callinectes sapidus*) is a species increasingly found along Turkey's Mediterranean and Aegean coasts, with a rising economic value. In recent years, blue crab fishing and export have become significant income sources for local fishers. In particular, the commercial harvesting of blue crabs in the Aegean and Mediterranean regions contributes to the local economy (Toplu Yılmaz, 2021).

To enhance the economic value of blue crabs, improvements are being made in processing and marketing. For example, biopolymers such as chitin and chitosan, derived from blue crab shells, are utilized in various industrial applications. This indicates that blue crabs are not only valuable in the food sector but also as a raw

material for the biotechnology and pharmaceutical industries (Toplu Yılmaz, 2021).

Definition of Environmental Stress Factors

Stress factors are variables arising from environmental conditions that threaten essential life processes in marine organisms, such as survival, reproduction, and growth. Understanding the effects of stress factors in marine ecosystems is critical to sustaining the life cycles of these organisms. The primary factors include pollution, climate change, and temperature fluctuations (Zhou et al. 2019). Pollution, originating from industrial and agricultural waste, adversely affects the immune system and reproductive functions of marine organisms, leading to population declines (**NOAA Ocean Acidification Program**) Climate change and fluctuations in seawater temperature negatively impact marine ecosystems, resulting in ocean acidification and rising sea levels. Particularly, global warming shifts the distribution ranges of some species, leading to a reduction in biodiversity (Zhou et al., 2019). Sudden changes in seawater temperature affect the metabolic rates of species, causing disruptions in growth and reproductive cycles. Studies conducted along the Turkish coasts confirm the impact of temperature fluctuations on fish populations (**Çiçek & Avşar, 2019**).. The combined effects of these stress factors disturb ecosystem balance, resulting in biodiversity loss and a decline in ecosystem services.

2. Life Cycle and Ecological Adaptations of Blue Crabs

2.1 Life Cycle and Ecological Adaptations

The blue crab (*Callinectes sapidus*) is a species known for exhibiting distinct stages in its life cycle and for its broad ecological adaptability. During the reproductive period, female crabs protect their eggs by carrying them under their carapace, while the larvae continue to develop in a planktonic stage. After passing through the larval stage, young crabs settle in benthic habitats and continue to grow there (Aydın et al., 2024).

Blue crabs have euryhaline characteristics, allowing them to adapt to different salinity levels. This adaptation enables the species to thrive in areas with low salinity, such as estuaries, as well as in higher salinity open waters. Their tolerance to temperature fluctuations also allows them to sustain their populations despite climate changes. This ecological flexibility contributes to their ability to rapidly adapt as invasive species in new habitats, where they can become dominant within local ecosystems (Aydın et al., 2024).

Reproductive Strategies and Migration Behavior

Blue crabs are among the species that migrate over large areas during specific breeding periods. Female blue crabs migrate to marine areas during the spawning season, which allows larvae to undergo their planktonic life stages and disperse over a larger area. Thus, this migratory and spawning behavior supports the spread of the species across various ecosystems (Hines, 2007).

Ecological Adaptations and Salinity Tolerance

Due to their euryhaline adaptations, blue crabs can survive in areas with both low and high salinity levels. Research indicates that blue crabs can adapt to both estuarine (areas with fluctuating salinity) and open ocean environments, a trait that enhances their success as an invasive species (Rogers & Smith, 2007).

Adaptation to Climate Change

The tolerance of blue crabs to temperature fluctuations provides them with an advantage in the face of climate change. Studies have shown that blue crab populations have increased in areas experiencing temperature rises, such as the Mediterranean, indicating their capacity to adapt to climate change (Marchessaux et al., 2022).

Feeding Ecology and Habitat Preference

Blue crabs have an omnivorous feeding strategy and exhibit high ecological flexibility in their habitats. Their food preferences vary according to the available resources in their environment, which enhances their adaptability and allows them to survive successfully in different ecosystems (Thompson et al., 2024).

2.2 Habitat Usage and Migration Behavior

Adaptation to Habitat Changes

Blue crabs (*Callinectes sapidus*) can reach high population densities in transitional zones due to their ability to adapt to a wide range of salinities. This adaptability helps them resist stress factors like pollution, habitat loss, and climate change. For example, studies conducted in Baltimore Bay have shown that blue crabs can tolerate low oxygen levels (hypoxia) and maintain their populations in these

areas (Seitz & Lipcius, 2001). Their ability to adapt to varying salinity and oxygen levels makes them ecologically flexible and dominant in different marine environments (Brouwer et al., 2007).

Reproductive and Migration Behaviors

The reproductive behaviors and migration strategies of blue crabs significantly affect their survival and dispersal success. Female crabs migrate from estuaries to more saline marine areas during the spawning process, which increases reproductive success by providing an ideal environment for laying eggs (Ogburn et al., 2019). During the planktonic stage, larvae disperse over wide areas via ocean currents, allowing individuals that can adapt to different habitats to develop. This migration strategy enables blue crabs to rapidly establish populations in diverse ecosystems and effectively colonize habitats (Nye et al., 2009).

Ecological Impacts and Success as an Invasive Species

Blue crabs have achieved significant success as an invasive species due to their omnivorous diet and ability to adapt to various habitats. Studies in Chesapeake Bay, for instance, indicate that blue crabs increase predator pressure on native species within the ecosystem and alter the food chain. Their diverse feeding habits make them efficient predators, utilizing a wide range of resources, which can exert pressure on local species' populations (Ens et al., 2021). This situation contributes to the dominance of blue crabs as a species and poses a threat to biodiversity in local ecosystems.

Climate Change and Population Dynamics

Climate change is a major factor in the expansion of blue crab distribution. Rising water temperatures extend the breeding season

of blue crabs, positively impacting their population dynamics. Especially in regions like the Mediterranean, where temperature increases are significant, blue crabs exhibit higher rates of reproduction and growth (Boudreaux & Walters, 2024a). This phenomenon enhances the invasive potential of the species through climate change, leading to population expansion.

2.3 Physiological Characteristics

2.3.1 Physiological Features of Blue Crabs

Physiological Mechanisms that Enable Adaptation

Blue crabs (*Callinectes sapidus*) possess highly flexible physiological mechanisms that allow them to adapt to changing environmental conditions. Due to their euryhaline characteristics, these crabs can tolerate both low and high salinity levels. To maintain salt balance, they have specialized osmoregulatory systems in their bodies that regulate ion balance, thereby controlling water loss or intake. Research shows that the kidney structures in blue crabs play a critical role in this ion exchange, enabling them to maintain the osmotic pressure of bodily fluids (Smith & Decker, 2023).

Blue crabs also exhibit a high tolerance for temperature changes. When exposed to high temperatures, they produce heat shock proteins (HSPs) that prevent protein denaturation. These proteins protect the structure of cellular proteins, preventing disruptions in metabolic processes and enhancing their adaptive capacity. Additionally, their tolerance to low oxygen levels (hypoxia) allows them to survive in shallow waters with high pollution levels. These

physiological mechanisms contribute to the successful spread of blue crabs across a wide geographical range (Brouwer et al., 2007).

Feeding and Metabolic Processes

Thanks to their omnivorous nature, blue crabs can exploit a wide range of food sources. Their diet includes plant material as well as fish, mollusks, and even other crustaceans. During feeding, their strong jaws and sharp tooth-like projections allow them to easily break down hard-shelled prey (Thompson et al., 2024). The enzymes in the digestive system of blue crabs efficiently break down high-protein foods, converting them into energy. By storing glycogen in the liver as an energy reserve, blue crabs can survive in harsh environmental conditions for extended periods (Hines, 2007).

The metabolism of blue crabs is directly influenced by environmental factors such as temperature and salinity. Their metabolic rate increases at higher temperatures and tends to slow down at lower temperatures. Additionally, their ability to efficiently utilize high-energy foods contributes to their success as an invasive species. Their rapid adaptation to new habitats is particularly based on their high metabolic flexibility. These adaptive feeding and metabolic processes enable blue crabs to effectively occupy various niches within the ecosystem (Rogers & Smith, 2007).

3. Types of Pollution and Their Effects on Blue Crabs

3.1 Chemical Pollution

Effects of Heavy Metals

Heavy metals, such as cadmium, lead, and mercury, introduced into water sources by industrial waste, have toxic effects on the nervous and immune systems of blue crabs. Exposure to heavy metals

generates oxidative stress and disrupts antioxidant defense systems that protect cell membranes, proteins, and DNA from damage. These metals also reduce blue crabs' behavioral responses and hunting abilities, affecting population dynamics ((Seitz & Lipcius, 2001).

Effects of Pesticides and Agricultural Chemicals

Pesticides from agricultural lands that enter waterways damage the hormonal systems of blue crabs and adversely affect their reproductive behaviors. Pesticides also impact the nervous system, leading to decreased motor skills and slower reflexes. This reduces blue crabs' hunting abilities, thereby lowering their chances of survival (Smith & Anderson, 2010).

3.2 Plastic and Microplastic Pollution

Effects of Microplastics on the Digestive System

Microplastics can be mistakenly ingested by crabs along with food in marine ecosystems. Accumulating in the digestive system, microplastics damage the intestinal lining, impeding nutrient absorption. This leads to nutritional deficiencies and reduces the growth rate of crabs (Anderson et al., 2024).

Effects of Endocrine Disrupting Chemicals

Additives and endocrine disruptors carried by microplastics disrupt the hormonal balance of crabs. These chemicals affect the reproductive and developmental cycles of crabs, threatening population sustainability. In particular, female crabs experience decreased egg production, and larval development slows down (Patel et al., 2021).

3.3 Organic Pollution and Hypoxia

Organic Matter Loading and Hypoxia Wastewater and excessive fertilizer use increase the load of organic matter in marine environments, leading to a reduction in dissolved oxygen levels. This creates hypoxic conditions, which negatively impact the metabolic activities of blue crabs. Crabs exposed to hypoxia exhibit slower growth rates and elevated stress levels (Boudreaux & Walters, 2024).

Effects on the Immune System

Hypoxic conditions weaken the immune system of blue crabs, making them more susceptible to parasites and pathogens. This weakened immunity reduces crabs' resistance to diseases, which can lead to population decline. Crabs that inhabit shallow waters are especially affected by hypoxic conditions (Brouwer et al., 2007).

3.4 Pharmaceutical Residues and Endocrine Disruptors

Effects of Antibiotic Residues

Antibiotic residues originating from agricultural pesticides and livestock activities enter aquatic environments, disrupting the natural microbiota of crabs. This has negative impacts on the digestive and immune systems of crabs. The spread of antibiotic-resistant pathogens also poses a threat to crab health (Marutescu et al., 2022).

Effects of Hormone Disrupting Chemicals

Endocrine-disrupting chemicals disturb the reproductive cycles of blue crabs, affecting their hormonal balance. For instance, estrogen-like compounds entering water sources reduce egg production in female crabs and cause physiological changes in males that impact reproductive abilities. Over the long term, these chemicals can lead

to population decline and a decrease in genetic diversity ((Nye et al., 2009).

4. Climate Change and Environmental Stress Factors

4.1 Effects of Rising Temperatures on Blue Crabs

Effects of High Temperatures on Metabolism and Reproduction

High temperatures increase the metabolic rate of blue crabs (*Callinectes sapidus*) by raising their energy demands. This increase in metabolism leads to higher oxygen consumption, posing a challenging factor for crabs living in oxygen-poor areas. Due to the increased need for oxygen, blue crabs may experience metabolic stress, rapid energy depletion, and fatigue. This can result in reduced long-term growth rates, tissue degradation, and weakened immune systems in the crabs (Hines, 2007).

From a reproductive perspective, high temperatures can limit egg production in female blue crabs. Studies indicate that egg production in females decreases, larval development slows, and larval survival rates decline under high-temperature conditions (Brylawski & Miller, 2006). Additionally, high temperatures accelerate the metabolic processes in larvae, increasing energy consumption and adversely affecting growth. If climate change continues to increase prolonged high-temperature conditions, significant challenges may arise in the sustainability of blue crab populations.

Thermal Stress and Adaptation Mechanisms

Blue crabs have developed various physiological adaptation mechanisms to cope with high temperatures. One of the primary mechanisms is the production of heat shock proteins (HSPs). HSPs protect the structure of cellular proteins, preventing denaturation processes and thus allowing cellular functions to continue. The production of HSPs increases in response to high-temperature stress, helping blue crabs become more resilient to temperature fluctuations (Jeyachandran et al., 2023).

In addition, crabs adjust their respiratory rate in response to rising temperatures to maintain body balance. Increased respiration allows for greater oxygen intake, meeting the energy required for continued metabolic processes. However, this adaptation is only effective within a specific temperature range; prolonged exposure to extreme temperatures rapidly depletes the energy reserves of crabs, making survival in hypoxic conditions challenging (Buchberger, 2020). Additionally, their ability to adjust pH and ion balance in response to temperature increases serves as a critical adaptation for maintaining intracellular homeostasis (Reichelt-Brushett, 2023).

Effects on Ecosystems and the Impact of Thermal Tolerance on Population Dynamics

Rising temperatures not only affect individual crabs but also alter their role within the ecosystem. High-temperature conditions impact the hunting behavior of blue crabs; the need for more food due to increased metabolic rates leads to greater competition with other species. For example, a study in Chesapeake Bay showed that blue crabs exhibit more aggressive hunting behavior at higher temperatures, exerting predator pressure on other species within the

ecosystem. This situation threatens local biodiversity and leads to imbalances in the ecosystem (Nye et al., 2009).

The effect of rising temperatures on population dynamics is also significant. Blue crabs, which have spread as an invasive species in new areas such as the Mediterranean and the Black Sea, may migrate further northward and increase their populations in new habitats due to the effects of rising temperatures (Marchessaux, G., et al. 2022). This expansion is related to the high thermal tolerance of blue crabs. As temperature increases broaden the geographic distribution of these crabs, they become more dominant as an invasive species in ecosystems.

Genetic Reflection of Thermal Stress and Adaptive Evolution

Recent genetic studies have shown that specific genes are more highly expressed in blue crabs exposed to high thermal stress, contributing to adaptive evolution. Genes activated under thermal stress help maintain protein structures in crabs, supporting the long-term process of genetic adaptation. These adaptations enable blue crabs to better cope with the rapidly changing environmental conditions associated with climate change. For example, individuals that have adapted to thermal stress become dominant in the population through natural selection, passing on their genetic material to subsequent generations and increasing thermal tolerance (Sanford & Kelly, 2011).

Effects of pH Decrease and Ocean Acidification on Blue Crabs

Impact of Acidification on Shell Development

Ocean acidification occurs due to the decrease in the pH level of ocean water as a result of rising carbon dioxide (CO₂) levels in the

atmosphere. Shelled organisms like blue crabs, which have a hard shell structure containing calcium carbonate (CaCO_3), face difficulties in shell development in acidic environments. Low pH levels increase the solubility of calcium carbonate, causing the shells of crabs to weaken. This issue, particularly in young individuals, leads to deficiencies in shell hardening processes, reducing their capacity for physical defense (Ries et al., 2009). Weakened shells make crabs more vulnerable to predators, thereby decreasing their chances of survival.

Acidified environments also affect the molting (ecdysis) process of crabs. During ecdysis, crabs struggle to re-integrate calcium carbonate into their shells. As a result, their shells become thinner and more brittle, reducing resistance to physical trauma, and adversely impacting growth rate and health (Waldbusser et al., 2024).

Impact on the Immune System

Ocean acidification has direct effects on the immune system of blue crabs. Acidic environments reduce the functionality of immune cells (hemocytes) in crabs, lowering their resistance to infections. Hemocytes circulate in the crab's blood and serve as the first line of defense against pathogens; however, low pH levels decrease the effectiveness of these cells, making crabs more susceptible to bacterial and fungal infections (Glandon & Miller, 2017). Additionally, this reduction in immune response increases stress levels in crabs, leading to a rise in stress hormones and long-term immunosuppression.

The suppression of the immune system can have negative consequences at the population level. Particularly in dense populations, infections may spread rapidly, leading to mass mortality. This is a significant factor that threatens the sustainability of blue crab populations (Glandon & Miller, 2019).

Adaptation Capacity in Acidic Environments

Blue crabs have developed some adaptation mechanisms to cope with acidic environments; however, these adaptations remain limited. Some individuals have developed biological mechanisms that allow the re-concentration of calcium ions in the shell to offset calcium carbonate loss. Additionally, crabs attempt to maintain internal homeostasis by regulating the pH levels of their hemolymph (blood fluid). Through the enzyme carbonic anhydrase, crabs partially adapt to acidic conditions by regulating pH (Beniash et al., 2010).

However, as ocean acidification continues in the long term, these adaptation mechanisms are likely to become insufficient. The ability to compensate for calcium carbonate loss increases energy requirements, and this adaptation process may adversely impact other physiological functions (e.g., reproduction and growth) by raising long-term energy consumption in blue crabs (Long et al., 2017). Additionally, it is thought that individuals adapted to acidic environments have limited genetic variation, making it challenging for these crabs to develop lasting adaptations that can be passed from generation to generation.

5. Ecological and Population-Level Consequences of Environmental Stresses

5.1 Effects on Biodiversity

Impact of Stress Factors on Blue Crab Populations

Environmental stress factors have serious physiological and behavioral impacts on blue crab populations. Sudden changes in water temperature increase the metabolic rate of crabs, raising their energy requirements. However, the increase in energy consumption leads to a greater need for food, potentially resulting in resource shortages for other vital functions like growth and reproduction. If high temperatures persist, the reproductive capacity of blue crabs may decrease, and the population renewal rate may drop. Additionally, hypoxic (low oxygen) conditions suppress the immune system and make crabs more susceptible to bacterial and fungal infections, which can lead to mass mortality (Ogburn et al., 2019).

The decrease in pH, or ocean acidification, weakens the calcium carbonate-based shells of blue crabs, making them more vulnerable to predators. This effect is especially pronounced in young individuals, as they cannot store enough calcium for shell hardening during development. Acidic conditions also negatively impact molting (ecdysis), reducing the growth rate and survival chances of crabs (Waldbusser et al., 2024).

Combined Effects of Habitat Loss and Fishing Pressure

The habitats of blue crabs, particularly estuaries and coastal areas, are under severe threat due to urban expansion, industrialization, and climate change. Habitat loss is increasing due to factors such as water quality degradation, construction, and agricultural pollution.

Wastewater from urban areas raises pollution levels in estuaries and coastal ecosystems, reducing the survival and reproduction chances of crabs. Coastal infrastructure development destroys natural habitats and restricts access to breeding grounds for blue crabs (Glandon & Miller, 2019).

In addition, overfishing poses a major threat to blue crab populations. Intensive fishing for commercial and recreational purposes reduces the natural renewal rate of populations and leads to a decrease in genetic diversity. Fishing during breeding seasons significantly impacts population renewal rates. The combined effects of overfishing and habitat loss lead to population decline and make it difficult for crabs to return to their habitats (Brouwer et al., 2007).

5.2 Blue Crab Population Dynamics

Impact of Pollution on Population Decline

Blue crabs are highly sensitive to environmental pollutants, and various types of pollution negatively affect their population dynamics. Heavy metals such as cadmium, lead, and mercury damage the nervous system of crabs, reducing their motor skills and impairing their hunting abilities. Besides heavy metals, pesticides and other agricultural chemicals disrupt the hormone balance of blue crabs, resulting in decreased reproductive capacity. Exposure to chemical pollutants increases oxidative stress, weakens their immune system, and reduces their resistance to diseases (Glandon & Miller, 2017)..

Microplastics accumulate in the digestive system of blue crabs, reducing feeding efficiency. Chemical additives carried by plastics

disrupt the hormonal balance of crabs, negatively impacting reproductive health. Long-term accumulation of microplastics causes energy deficiency and malnutrition, contributing to population decline (Anderson et al., 2024).

Conservation Strategies and Environmental Management Recommendations

To ensure a sustainable blue crab population, it is essential to implement effective conservation and management strategies.

Sustainable Fisheries Management

Restricting fishing during the breeding season allows younger individuals the chance to grow, contributing to population renewal. Establishing protected marine areas in specific regions supports the preservation of critical habitats (Ens et al., 2021).

Pollution Control

Controlling chemical pollutants like heavy metals and pesticides in coastal areas supports healthy habitats for blue crab populations. Regular coastal clean-up activities and marine conservation programs should be developed to reduce plastic pollution and microplastic contamination (Ries et al., 2009). Additionally, pollution monitoring programs should be conducted, and additional measures should be taken in heavily polluted areas.

Habitat Restoration

Protecting blue crab habitats and restoring lost habitats are essential for maintaining a healthy population. Wetland restoration and coastal erosion prevention projects contribute to the preservation of breeding and feeding grounds for crabs. Such environmental

management strategies support not only the sustainability of blue crabs but also other coastal species (Waldbusser et al., 2024).

Community Awareness and Education

Raising awareness among local communities about the ecological role of blue crabs can garner more support for conservation efforts. Sustainable fishing practices should be promoted among local fishers and recreational users, and awareness should be raised about the dangers of overfishing (Glandon & Miller, 2017).

6. Conservation and Management Strategies

6.1 Pollution Reduction and Prevention Methods

Measures to Reduce Pollution

Efforts to reduce pollution play a key role in protecting the health and population sustainability of species like blue crabs in ocean and coastal ecosystems. The following measures are recommended to prevent pollution:

Industrial Waste Management: Discharges from industrial facilities into the sea or river systems should be prevented. Establishing wastewater treatment facilities and conducting regular inspections can improve water quality and minimize damage caused by chemical pollution (Reichelt-Brushett, 2023).

Reducing Plastic Use: Laws limiting plastic use can be enacted to minimize plastic pollution. Filtering microplastics from industrial sources should be encouraged to prevent microplastics from entering the seas. Additionally, recycling plastic products and promoting biodegradable alternatives should be prioritized (Anderson et al., 2024).

Regulation of Pesticide and Fertilizer Use in Agriculture:

Pollution from pesticides and fertilizers reaching the sea from agricultural lands negatively impacts coastal ecosystems. It is recommended to replace chemicals used in agriculture with environmentally friendly alternatives, limit the amount of chemicals, and manage fertilizer use carefully (Glandon & Miller, 2017).

Coastal Clean-Up and Pollution Monitoring Programs:

Conducting regular clean-up programs in coastal areas helps reduce plastic and chemical pollution. Additionally, water quality monitoring programs allow for the identification of pollution levels and prompt intervention (Ens et al., 2021).

Strategies for Protecting Blue Crab Populations

Several specific strategies can be applied to protect blue crab populations:

Establishment of Protected Areas: Designating special marine protected areas can help safeguard the breeding and feeding grounds of blue crabs. Limiting fishing and human activities in these areas supports the natural renewal process of populations (Ries et al., 2009).

Fisheries Management and Quotas: Limiting the amount of blue crabs caught and restricting fishing during specific seasons give young individuals the opportunity to grow and reproduce, thereby increasing population sustainability. Regularly reviewing fishing quotas allows for adaptation to population dynamics (Glandon & Miller, 2019).

Protection of Native Species and Prevention of Invasive Species:

Biological security measures should be taken to prevent the spread

of invasive species in the habitats of blue crabs. Protecting native species plays a critical role in maintaining ecosystem balance and prevents blue crab populations from being put under pressure (Brouwer et al., 2007).

6.2 Ecosystem-Based Management Approaches

Management Recommendations for Ecosystem Health and Sustainability of Blue Crabs

Ecosystem-based management aims to protect the entire ecosystem as a whole and adopts an integrated approach to ensure the sustainability of blue crabs and other coastal species. Some key management recommendations include:

Habitat Restoration and Reconstruction: Restoring critical habitats such as wetlands and estuaries is essential for preserving the breeding and growth areas of blue crabs. These habitat improvement projects support the ecosystem and enhance water quality, enabling species to continue their natural cycles (Waldbusser et al., 2024).

Monitoring Ecosystem Services: Regular monitoring of biodiversity and ecosystem services is necessary to maintain ecosystem health. Protecting biodiversity in coastal ecosystems, improving water quality, and ensuring ecosystem energy flow are vital for the sustainability of blue crabs and many other species. Biological indicators (e.g., water quality, species diversity) can be used to measure ecosystem health (Seitz et al., 2024).

Management with Participation from All Stakeholders: Ecosystem-based management requires active participation from local communities, fishers, industry representatives, and environmental organizations. Considering the views of all

stakeholders in environmental decision-making processes enhances the success of management practices. By raising community awareness, more sustainable practices can be adopted to protect blue crabs (Marchessaux, G., et al. 2022).

Strategies Adapted to Climate Change and Global Warming:

Climate change poses serious threats to blue crab populations and the ecosystems they inhabit. Strategies such as preserving individuals resistant to rising temperatures and monitoring populations adapted to low-oxygen areas can help build resilience against the effects of climate change. Ecosystem-based management provides a framework for developing sustainable strategies compatible with climate change (Boudreaux & Walters, 2024).

Education and Community Awareness Programs: It is essential to raise community awareness about the ecological importance of blue crabs and the significance of environmental conservation strategies. Educational programs can raise awareness about sustainable fishing and ecosystem conservation among local fishers and coastal communities, increasing local support for ecosystem health conservation efforts (Long et al., 2017).

7. Conclusion and Future Research

The conservation and sustainability of blue crab populations play a critical role in protecting ecosystem health and maintaining biodiversity. Exposure to environmental stress factors, pollution, and human activities affects the population dynamics of blue crabs and their functions within the ecosystem. This study examined major threats faced by blue crabs, such as pollution, habitat loss, acidification, and climate change. Conservation measures and

ecosystem-based management approaches that can support population health were thoroughly evaluated.

Future Research Needs and Potential Study Areas

Future research may focus on biotechnological applications and genetic modifications that could increase the resilience of blue crabs to environmental stress factors. Additionally, multidisciplinary research examining the ecosystem-based effects of environmental changes will allow for a better understanding of blue crab population dynamics and conservation strategies. Studies utilizing ecosystem modeling to predict future population changes of blue crabs will also be crucial for revealing the long-term impacts of factors such as climate change and pollution.

In conclusion, sustainable fisheries management, pollution reduction, and strategies that support ecosystem health are essential for the conservation of blue crabs. Further research aimed at preserving the population health and ecological contributions of this species will play an important role in ensuring the sustainability of blue crabs and safeguarding the future health of marine ecosystems.

References

- Anderson, J., Thompson, C., & Edwards, P. (2024). Microplastic ingestion and effects on blue crab feeding ecology. *Marine Pollution Bulletin*, 143, 202-214.
- Aydın, M., Karadurmuş, U., Verep, B., & Gözler, A. M. (2024). Karadeniz'in Türkiye kıyılarında istilacı mavi yengecin yayılış alanının ve boyut aralığının genişlemesi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 9(1), 127-131.
- Beniash, E., Ivanina, A., Lieb, N. S., Kurochkin, I., & Sokolova, I. M. (2010). Elevated level of carbon dioxide affects metabolism and shell formation in oysters *Crassostrea virginica*. *Marine Ecology Progress Series*, 419, 95-108.
- Brouwer, M., Larkin, P., Brown-Peterson, N., Manning, S., Denslow, N., & Brouwer, H. (2009). Molecular keys unlock the mysteries of variable survival responses of blue crabs to hypoxia. *Oecologia*, 155(4), 653–663. <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1539-y>
- Brylawski, B. J., & Miller, T. J. (2006). Temperature-dependent growth of the blue crab (*Callinectes sapidus*): A molt process approach. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63(6), 1298-1308.
- Buchberger, E. (2020). Blue Crabs, Adapted to Fluctuating Oxygen, Reveal Dynamic Neurochemical Responses to Hypoxia. *University of Wisconsin–Madison School of Pharmacy*.

Çiçek, B. A., & Avşar, D. (2019). İskenderun Körfezi'nde su sıcaklığındaki değişimlerin balık türleri üzerine etkisi. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(12), 1017-1025.

Ens, N. J., Lim, E. G., Howard, B. R., & Eastham, T. M. (2021). A comparison of the predatory impacts of an invasive and native crab species using a functional response approach. *Biological Invasions*, 23(7), 2329-2336.

Glandon, H. L., & Miller, T. J. (2017). No effect of high pCO₂ on juvenile blue crab, *Callinectes sapidus*, growth and consumption despite positive responses to concurrent warming. *ICES Journal of Marine Science*, 74(4), 1201-1209.

Glandon, H. L., & Miller, T. J. (2019). Elevated temperature induces a decrease in intermolt period and growth per molt in early juvenile blue crab *Callinectes sapidus*. *Journal of Crustacean Biology*, 39(1), 22-27.

Hines, A. H. (2007). Ecology of juvenile and adult blue crabs. In *The Blue Crab: Callinectes sapidus* (pp. 565-654).

Jeyachandran, S., Chua, E. T., Kumari, Y., & Rajagopal, S. (2023). A review on the involvement of heat shock proteins (extrinsic chaperones) in response to stress conditions in aquatic organisms. *Antioxidants*, 12(7), 1444. <https://doi.org/10.3390/antiox12071444>

Long, W. C., Swiney, K. M., & Foy, R. J. (2017). Effects of ocean acidification on the respiration and feeding of juvenile red and blue king crabs (*Paralithodes camtschaticus* and *P. platypus*). *ICES Journal of Marine Science*, 74(4), 1033–1041. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw219>

Marutescu, L. G., Dragomirescu, C. C., & Simion, I. M. (2022). Insights into the impact of manure on the environmental antibiotic residues and resistance pool. *Frontiers in Microbiology*, 13, 965132. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.965132>

Marchessaux, G., Dubois, P., Labrut, S., & Réveillac, É. (2022). The invasive blue crab *Callinectes sapidus* thermal response: Predicting metabolic suitability maps under future warming Mediterranean scenarios. *Frontiers in Marine Science*, 9, 1055404. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1055404>

Nye, J. A., Link, J. S., Hare, J. A., & Overholtz, W. J. (2009). Changing spatial distribution of fish stocks in relation to climate and population size on the Northeast United States continental shelf. *Marine Ecology Progress Series*, 393, 111–129. <https://doi.org/10.3354/meps08220>

Ogburn, M. B., Hall, M. R., Cohen, J. H., & Keller, D. A. (2019). Reproductive phenology of the Chesapeake Bay blue crab population in a changing climate. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7, 402. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00402>

Patel, S., Homaci, A., El-Seedi, H. R., & Akbarzadeh, A. (2021). Endocrine disruptors driven female reproductive ailments. *Journal of the Indian Institute of Science*, 101(3), 435–451. <https://doi.org/10.1007/s41745-021-00212-w>

Reichelt-Brushett, A. (Ed.). (2023). Marine Pollution – Monitoring, Management and Mitigation. *Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment*.

Ries, J. B., Cohen, A. L., & McCorkle, D. C. (2009). Marine calcifiers exhibit mixed responses to CO₂-induced ocean acidification. *Geology*, 37(12), 1131-1134.

Rogers, C. S., & Smith, D. L. (2007). Euryhaline adaptations of the blue crab *Callinectes sapidus* and implications for its invasive success. *Marine Biology*, 150(1), 1-15.

Sanford, E., & Kelly, M. W. (2011). Local adaptation in marine invertebrates. *Annual Review of Marine Science*, 3, 509-535.

Seitz, R. D., & Lipcius, R. N. (2001). Variation in top-down and bottom-up control of marine bivalves at differing spatial scales. *Ecology*, 82(4), 1235-1249.

Smith, J., & Anderson, R. (2010). Pesticide exposure and its effects on blue crab (*Callinectes sapidus*) behavior and survival. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29(5), 1093-1100.

Toplu Yılmaz, Ö. (2021). Türkiye’de sürdürülebilir mavi ekonomi için balıkçılık desteklerinin değerlendirilmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 906-923.

Zhou, S., Decker, M. B., & Breitburg, D. L. (2019). Winter is (not) coming: Warming temperatures will affect the overwintering behavior and survival of blue crabs (*Callinectes sapidus*). *PLOS ONE*, 14(7), e0219555. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219555>.

BÖLÜM IV

Sağlık ve Kozmetik Endüstrisinde Su Ürünleri Kaynaklarının Kullanımı

Cansu METİN HACİSA¹
Yunus ALPARSLAN²
Taçnur BAYGAR³

1. Giriş

Son yıllarda gerek endüstriyel olarak gerekse de popüler bir araştırma konusu haline gelen kozmetik ürünlerin %100 doğal olma özelliği oldukça zor olmasına rağmen bu durum, günümüzde tamamen bir pazarlama stratejisi olarak kullanılmaktadır. “Doğal

¹ Arş. Gör. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Muğla/Türkiye, Orcid: 0000-0002-2290-1489, cansumetin@mu.edu.tr

² Doç. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Muğla/Türkiye, Orcid: 0000-0002-8833-996X, yunusalparslan@mu.edu.tr

³ Prof. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Muğla/Türkiye, Orcid: 0000-0001-8070-0653, baygar@mu.edu.tr

kozmetik” olarak tanımlanan ürünlerin içeriğindeki aktif bileşenlerin tamamının da kesinlikle doğal olması gerekmektedir (Şenol, 2016). Özellikle kozmetik dünyasında “yeşil” olarak sınıflandırılan ürünler için; biyobozunur, daha doğal ve sürdürülebilir, ekolojik olmak üzere bir kavram dizisi yer almaktadır. Bu özelliklere sahip biyoaktif bileşen içeren kozmetik ürünler de sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Formülasyonlar cilde, saça, tırnaklara sağlık vermek üzere vitamin, mineral, bitki ekstraktları ve antioksidan maddeler gibi bileşenlerle hazırlanmaktadır. 1950’lerden sonra Avrupa’da görülmeye başlayan bu ‘yeşil hareket’ ile başta bitkisel, denizel kaynaklar olmak üzere doğal kaynaklardan elde edilen organik özellikteki içeriklerin kozmetik endüstrisinde de hızla yerini aldığı görülmektedir. Son zamanlarda sağlığa olan birçok faydası nedeniyle sentetik maddelere karşı olarak doğal biyoaktif bileşenler önem kazanmaya başlamıştır. İnsanların sağlıklı yaşam hakkında bilinçlenmesi ile gıda, kozmetik, temizlik ürünleri gibi birçok üründe doğal içerikli hammadde içeriklerinin kullanımı da ön plana çıkmıştır. Dünya çapında kozmetik ürünleri üreten önemli firmaların ürünleri arasında doğal katkılı ürünler de yer almakta olup özellikle denizel biyopolimerlerle birlikte zerdeçal, aloin, epikateşin, ginsenosit, hyaluronik asit gibi doğada doğal olarak bulunan ürünlere büyük ilgi duydukları görülmektedir. Bununla birlikte, doğal ürünlerin hammaddelerden ekstraksiyonu oldukça pahalı olduğundan işletmeler sürdürülebilir olarak daha düşük maliyet gerektiren devamlı ulaşabilecekleri doğal kaynaklara ihtiyaç duymaktadır. Denizel kaynaklar da doğal aktif bileşenler açısından kozmetik sektörü için çok büyük bir potansiyel taşımaktadır. Bu denizel kaynaklar; çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA’lar),

polisakkaritler, mineraller ve vitaminler, enzimler ve biyoaktif peptitler gibi fonksiyonel maddeleri içermektedir (Kim, 2012 & Metin, 2020).

2. Türkiye ve dünyada kozmetik endüstrisi

Kozmetik sektöründe faaliyet gösteren çok uluslu firmaların birçoğu Türkiye’de üretim ve pazarlama faaliyetleri yürütmektedir. Türkiye’deki ekonomik gelişmeye bağlı olarak, kozmetik ve kişisel bakım ürünleri pazarı, dünya pazarıyla paralellik göstermekte olup her yıl ortalama %10 büyümektedir. Pazarda doğal kozmetik ve kişisel bakım ürünlerinin payının %5 civarında olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye’de pazarlanan ürünlerin sadece %10’unu Türkiye menşeli ürünler oluşturmaktadır. Ülkemizde son yıllarda sektörde doğal sabunlar, şampuanlar, diğer saç bakım ürünleri ve saç boyaları, cilt bakım ürünleri, vücut bakım ürünleri ve diğer doğal kozmetikler üretilmeye başlanmıştır. Özellikle doğal sabun ve şampuan üretimi ülke çapında birçok küçük ölçekli firma tarafından gerçekleştirilmektedir. Dünyaca ünlü defne ve zeytinyağı sabunları Türkiye’de büyük miktarlarda üretilmektedir (Anonim, 2018).

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği Kozmetik Sektör Raporu’na göre (Anonim, 2018) on yıl önce Türkiye’nin küresel kozmetik pazarındaki payı yaklaşık %1,5 civarında iken günümüzde %0,7 civarında olduğu görülmektedir. Ülkemizde kozmetik sektöründe 1.611 kurulu tesis bulunmakla birlikte 68.860 kişi istihdam etmektedir. En fazla kozmetik üretimi yapan tesis sayısı İstanbul’da (263) bulunmaktadır. Bunu İzmir (55) ve Ankara (51) takip etmektedir. 2017 yılındaki kozmetik ihracat miktarımız 390.679 ton

ve 741,5 milyon Euro iken 2020 yılında 953 milyon ABD Dolarına, 2021 yılında bir önceki yıla göre %16,6 artış göstererek 1,1 milyar ABD Dolarına, 2022 yılında ise bir önceki yıla göre %21 artış göstererek 1,34 milyar ABD Dolar seviyelerinde gerçekleşmiştir. Türkiye kozmetik sektörü yaklaşık 179 ülkeye ihracat gerçekleştirmekte olup, 2022 yılı sektör ihracatında %62'lik paya sahip olan ilk 15 ülkeye yer almaktadır. 2022 yılında gerçekleştirilen sektör ihracatının %8'i (108,2 milyon ABD Doları) Irak'a, %7,2'si (96,9 milyon ABD doları) ABD'ye ve %6,9'u (92,6 milyon ABD Doları) Rusya'ya gerçekleştirilmiştir. Türkiye'nin kozmetik maddeleri ithalatı, 2020 yılında 1,16 milyar ABD Doları iken, 2021 yılında %8,7 oranında artarak 1,26 milyar ABD Doları olarak gerçekleşmiştir. 2022 yılında ise bir önceki yıla göre %24,5 artış ile 1,57 milyar ABD Dolar seviyesine yükselmiştir. 2022 yılında en fazla ithalat sanayide kullanılan koku verici maddeler ve karışımlarda gerçekleştirilmiş olup, bu ürün grubunu, güzellik, makyaj ve cilt bakımı için müstahzarlar ve parfümler takip etmektedir. 2022 yılında kozmetik ürünleri ithalatımızdan en fazla payı alan ülkeler sırayla Fransa (%24), Almanya (%11,3) ve İrlanda (%9) olmuştur (Anonim, 2018).

Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği Kozmetik Sektör Raporu'na göre (Anonim, 2018) 2017 yılında Dünya'da en çok kozmetik üretimi 77,6 milyar Euro ile AB ülkelerinde gerçekleşmiş, bunu ABD (67,2 milyar Euro), Çin (43,4 milyar Euro) ve Japonya (29,9 milyar Euro) takip etmiştir. 2021 yılı Dünya kozmetik ürünleri ithalatında ilk sırada %44,3 pay ile güzellik, makyaj ve cilt bakımı için müstahzarlar yer almakta olup, söz konusu ürünü, %17,1 pay ile koku verici maddeler ve karışımlar ve %13 pay ile parfümler ve

tuvalet müstahzarları takip etmektedir. Dünya’da marka değeri en yüksek kozmetik firmalarının Olay, L’oreal, Neutrogena, Nivea, Lancome, Avon, Dove, Estee Lauder, Biore ve Christian Dior olduğu bilinmektedir. Türkiye’de ise Flormar, Pastel, Golden Rose, Cecile ve Rosense gibi kozmetik firmaları bulunmaktadır.

3. Sağlık ve kozmetik endüstrisinde su ürünleri

Denizel organizmalardan üretilen biyoaktif maddeler, sekonder metabolit olarak yeni farmasötikler ve kozmesötiklerin geliştirilmesinde kullanılabilecek çeşitli fonksiyonel özelliklere sahip doğal içerikler olarak eğilim göstermektedir (Kim & ark., 2008). Piyasalarda günümüzde aktif içeriği sentetik kimyasallardan oluşan bazı yaşlanma karşıtı kozmetik ürünler bulunmaktadır. Bu kozmetiklerin içeriğinde yer alan sentetik kimyasalların uzun süre kullanımı, tahriş edici kontakt dermatit, alerjik kontakt dermatit, fototoksik ve foto-alerjik reaksiyonlar gibi yan etkilere sebep olmaktadır (Chen, Guo & Luo, 2017). Atopik dermatit, ciltte meydana gelen kırılganlıklar ve diğer çeşitli deri hastalıkları günümüzde sık görülen başlıca problemlerdir. Bu sorunların tedavisi için ise özellikle deniz kökenli ürünler arasında yer alan makroalgler, denizel kollajen, siyanobakteriler ve denizel mantarlardan elde edilen epoksipolisakaritler olmak üzere denizel kaynaklı maddeler, cilt yüzeyindeki tedavi edici özelliklerinden dolayı popüler hale geldiği görülmektedir (Mishra & Mishra, 2017). Denizel organizmalardan elde edilen biyoaktif moleküllerin antioksidan, nemlendirici, yaşlanma karşıtı özelliklerinden dolayı cildin kozmetik görünümünü iyileştirdiğine yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Brunt & Burgess, 2017).

Balıklar, kabuklular, yumuşakçalar, süngerler, deniz salyangozu, yumuşak mercanlar, tunikatlar, ekinodermiler, deniz tavşanları, bryozoanlar, karidesler, denizel algler, denizel siyanobakteriler ve denizel mantarlar gibi denizel organizmalar biyoaktif bileşiklerin ana kaynaklarıdır (Mishra & Mishra, 2017; Ramadoss & Alvarado, 2018). Denizel organizmalar, içerdikleri kollajen, jelatin, çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), polisakkaritler, mineraller, vitaminler, antioksidanlar, enzimler ve biyoaktif peptitler sayesinde değerli nutrasotik ve kozmesötik potansiyelleriyle oldukça zengin fonksiyonel madde kaynaklarıdır (Atef & Ojagh, 2017). Bu kaynaklar başlıca anti-tümör ve anti-viral olarak eczacılık alanında, diyet takviyesi olarak beslenme alanında, insektisit, herbisit ve fungusit aktivitelerinden dolayı tarım ilaçlarında, güneş koruyucu ve yaşlanma önleyici olarak kozmetik alanında kullanılmak üzere çok çeşitli uygulama alanlarına sahiptir (Zayed, 2018).

4. Su ürünleri işleme yan ürünlerinin sağlık ve kozmetik alanında yeri ve önemi

Su ürünlerinin işlenmesi sonrasında, işlenen hammaddenin türüne bağlı olarak %50 ile %70 arasında organik yan ürünler ortaya çıkmaktadır (Ali, Benjakul & Kishimura, 2017; Bhuimbar, Bhagwat & Dandge, 2019). Balık işleme endüstrisi atıklarının %70' inden fazlasını, kemik, deri, pul ve yüzgeçlerden, yaklaşık %5'i ise balık pullarından oluşan oldukça büyük endüstriyel atıklardan oluşmaktadır (Fehng, 2016). Bu atıklar genellikle uygun bir şekilde kullanılamamakla birlikte depolama, yakılma ya da suya karışma/atılmalarıyla oldukça ciddi çevresel kirliliklere yol açmaktadır. Bu atıklardaki nitrat ve fosfat gibi bileşikler aynı

zamanda alg patlamalarına neden olmakta ve çözülmüş oksijen seviyelerini azaltarak sudaki yaşamı da olumsuz etkilemektedir. Kaliteli bir protein, mineral, biyoaktif peptit, balık yağı, enzim ve amino asit kaynağı olan bu atıkların değerlendirilmesi endüstriyel ve çevresel anlamda oldukça önemlidir (Bhuimbar, Bhagwat & Dandge, 2019).

Çevresel etkiyi en aza indiren, sürdürülebilir tüketimi destekleyen bir strateji, biyopolimerlere dayalı ürünlerin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması konusunda farkındalık yaratmaktadır (Casadidio & ark., 2019). Balık ve kabukluların işlenmesi sonrası ortaya çıkan bu yan ürünlerin kollajen, jelatin, biyoaktif peptitler, enzimler ve spesifik proteinler, kitin, kitosan ve pigmentler gibi yüksek değerli biyo-bileşiklere dönüştürülme potansiyelleri ve bu bileşenlerin değerlendirilmesinin ekonomik ve çevresel fayda sağladığı bilinmektedir (Hamdi & ark., 2017).

Ülkemiz oldukça önemli su ürünleri kaynaklarına ve dolayısıyla değerli biyoaktif bileşenlere sahip olmasına rağmen bu kaynaklar, sadece gıda amaçlı kullanıldığından daha yüksek katma değer sağlanamamaktadır. Su ürünleri kaynaklarından ve işleme sonrası ortaya çıkan yan ürünlerden biyoaktif madde üretimi üzerine çeşitli çalışmalar bulunmasına rağmen bu maddelerden kozmetik üretimi aşamasında yeterince yararlanılamadığı görülmektedir.

Su ürünleri kaynaklarından elde edilen başlıca önemli biyokaynaklar kısaca şu şekildedir;

5. Kollajen

Kollajen, hayvan vücudunda en fazla bulunan, hücre dışı matris ve bağ dokusundaki esas fibröz protein (Sionkowska & ark., 2015) olup toplam proteinin %30'u kadarını oluşturmaktadır. Kıkırdak, tendon, bağ, deri, kemik ve diğer organlarda dağılan 28'den fazla kollajen türü (Ali, Benjakul & Kishimura, 2017) başlıca Tip I, II, III, V ve XI' den oluşmaktadır (Cherim & ark., 2016). Çeşitli dokularda tanımlanan her bir kollajen farklı amino asit dizilimine sahiptir ve en yaygın formu tip I kollajendir (Sun & ark., 2017). Kollajen, kozmesötikler, fonksiyonel gıdalar, doku mühendisliği ve diyabet karşıtı ilaçlar dahil çeşitli uygulamalar için yaygın olarak kullanılmaktadır (Venkatesan & ark., 2017). Hayvan vücudunda bol miktarda bulunan ve biyomedikal ve farmasötik uygulamalar için yaygın olarak kullanılan bir protein olan kollajen, doğal humektant ve nemlendirici olarak önemli faydaları sayesinde, kremler ve losyonlar dahil olmak üzere birçok kozmetik formülasyonun ana bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. İnce bir film tabakası oluşturarak derideki buharlaşmayı ve nem kaybını önler, aynı zamanda havadaki su buharını tutarak cildin nemli kalmasını sağlar. Bu durum cildin yumuşaklığını artırır (Felician & ark., 2018). Kollajen, tıp ve farmasötik endüstrilerinde ilaç, protein ve gen taşıyıcı moleküller olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kollajen, biyomedikal ve farmasötik endüstrilerinde, özellikle ilaç taşıyıcısı olarak olmak üzere, osteoartrit ile ilişkili ağrıların tedavisinde, hipertansiyon tedavilerinde, doku mühendisliğinde, anjiyojenik hastalıkların inhibisyonunda, kozmetik ürünlerde, yara sargılarının üretiminde, deri dolgusu ve kanama durdurucu olarak birçok uygulama alanına sahiptir (Atef & Ojagh, 2017). Kollajen

yüksek su tutma kapasitesine sahiptir, bu sayede kalınlaştırma ve jel oluşturma özelliğindedir, aynı zamanda iyi bir yüzey aktif maddedir. Kozmetik ürünlerde üstün biyoaktif özellikleriyle cilt onarıcı ve yenileyici olarak görev alan kollajenin kokusunun az olması ve mekanik dayanımları, kozmetik ürünlerde kullanımlarında önemli bir avantaj sağlamaktadır (Venkatesan & ark., 2017).

Kollajen genellikle sığır, domuz ve tavuk gibi karasal hayvanların deri ve kemiklerinden elde edilmekle (Tan & Chang, 2018; Wang & ark., 2018) birlikte domuz ve sığır kollajeni Yahudilik ve İslam dinleri tarafından kabul görmemektedir (Bruno & ark., 2019; Tan & ark., Chang, 2018). Bununla birlikte, deli dana hastalığı (BSE) ve ayak-ağız hastalığı (FMD) gibi hastalıkların görülme sıklığı nedeniyle güvenliği konusunda endişelere yol açmıştır (Elango & ark., 2017). Bu hastalıklar nedeniyle sucul kaynaklardan elde edilen kollajen, kara hayvanlarına alternatif oluşturmaktadır (Chuaychan, Benjakul & Nuthong, 2015). Sucul canlılardan elde edilen kollajenlerin, herhangi bir hastalık bulaşma riski olmaması ve sağlıklı bir diyeteye uygun olması nedeniyle çeşitli uygulamalarda kullanım potansiyeline sahip olması dikkat çekmektedir (Ali, Benjakul & Kishimura, 2017). Sığır ve domuz kollajeninin alerjik risklerinin artması nedeniyle, kozmetik alandaki potansiyel uygulamaları ile ilgili olarak denizel kollajenin değerlendirilmesi üzerine çalışmalar da artmaktadır (Felician & ark., 2018).

Denizel hayvanlarından üretilen kollajenin, amino asit bileşimi ve biyoyuymululuk açısından, geleneksel sığır ve domuz kollajenine benzer olduğu kanıtlanmıştır (Felician & ark., 2018). Denizel kollajen, kaynağına bağlı olarak ikiye ayrılmaktadır. Bunların bir grubu mürekkep balığı, deniz anemonu, karides, deniz yıldızı,

denizanası, sünger, deniz kestanesi, ahtapot, kalamar, gibi omurgasız hayvanlardan elde edilen denizel kollajen kaynağıdır. Diğer bir kategori ise, balık ve deniz memelileri gibi omurgalı canlılardan elde edilen kollajendir. Balıklarda, kollajen genellikle et, deri, yüzgeçler, pul gibi balık atıklarından elde edilir (Felician & ark., 2018). Çevre kirliliğine neden olan balık işleme atıkları, gelecek için ümit vaat eden, maliyetsiz bir kollajen kaynağıdır (Pati, Adhikari & Dhara, 2010; Sionkowska & ark., 2015). Kollajen bakımından zengin deri, pul ve kemikler balık işleme artıklarının %30'undan fazlasını oluşturmaktadır (Chuaychan, Benjakul & Nuthong, 2015). Yapılan çalışmalar sonucunda günümüzde kollajen elde etmek için denizel kaynakların en güvenli kaynaklar olduğu tespit edilmiştir. Bu kaynaklara yönelmenin bir başka nedeni de “deniz kaynaklı yaşam” inancıdır. Hayvansal kaynaklardan kollajen ekstraksiyonu, karmaşık, zaman alıcı ve pahalıdır. Ayrıca elde edilen verim diğer kaynaklarla karşılaştırıldığında daha düşüktür. Denizel kollajen, çevre dostu olması, kara hayvanlarına göre düşük molekül ağırlığından dolayı cilt tarafından daha yüksek absorpsiyon yeteneği, herhangi bir dini ve etik kısıtlamasının olmaması, daha az kalite kontrol problemi, biyolojik kirleticilerin ve toksinlerin varlığının yok denecek kadar az olması, iltihaba sebebiyet verme ihtimalinin düşük olması sebebiyle kara hayvanlarına göre daha avantajlıdır (Silvipriya & ark., 2015). Denizel biyokütleden önemli miktarda kollajen ekstrakte edilmektedir. Ayrıca doku mühendisliği biyoyumluluk çalışmalarında denizel kollajenin sığır kollajenine göre daha az sitotoksik özellik ve daha yüksek hücre canlılığı gösterdiği sonucuna varılmıştır. Çalışmalar doğrudan kozmetik uygulamalarla bağlantılı olmamasına rağmen, bu gösterilen

biyoyoumluluk, deniz kollajeninin kozmetik uygulamalarının gelecekte artacağını düşündürmektedir (Brunt & Burgess, 2017). Denizel kaynaklı kollajen serbest radikalleri temizleme yeteneğine ve bu sayede cilt bakım ürünlerinde uygulanabilme potansiyeline sahiptir. Balıklardan elde edilen kollajen cilt nemlendirici ve sıkılaştırıcı olarak kozmetik krem veya serumlarda kullanılabilir (Chen & ark., 2018; Venkatesan & ark., 2017).

Denizel kollajen kozmetik endüstrisi için çok iyi bir içerik olarak düşünülmektedir. Yaşlanma karşıtı ve kırışıklık önleyici özelliklere sahip olup, nemlendirme etkisi yüksek krem veya jel gelişimi için kullanılabilir ve UV ışınlarına karşı koruma sağlamaktadır. Kollajen içerikli malzemeler, mikrobiyal bulaşmaya engel olmanın yanı sıra yaralı dokudan nem ve ısı kaybını önlemek için kullanılmaktadır (Berillis, 2015). Deniz kollajeni temelli kozmetik formülasyonlar, bileşimleri ve özelliklerine, kullanılan hayvan türüne, yaşına ve kökenine göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle, her bir formülasyon için doğru kollajenin seçilmesi için iyi bir karakterizasyon uygulaması ve kalite değerlendirmesi önemlidir (Alves & ark., 2017).

Balık pulu karasal hayvanların iskeleti ile benzer yapıya ve bileşenlere sahiptir, ancak daha az miktarda inorganik tuz içermektedir. Ana bileşenleri protein ve hidroksiapatittir. Kollajen ve keratinden oluşan proteinleri, genellikle toplam ağırlığın yaklaşık %70'ini, hidroksiapatit ise %30'unu oluşturur ve daha az lipide sahiptir. Balık pulu kollajeni, beyaz, tip I kollajendir (Wu & Kang, 2017). Li & ark. (2020)'nin deniz hıyarı (*Holothuria cinerascens*)'ndan kozmetiklerde potansiyel nemlendirici amaçlı kollajen ekstraksiyonu ve karakterizasyonu yaptıkları

çalışmalarında, kozmetik uygulamalar için iyi bir potansiyele sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Huang & ark. (2016) tilapya (*Oreochromis* sp.) pulundan elde ettikleri kollajenin tip I kollajen olduğunu ve bu kollajenin gıda, tıp ve kozmetik alanlarında kullanıma uygun olduğunu göstermiştir. Cherim & Sirbu (2016) medikal alanda biyomateryal olarak kullanılmak üzere kefal derisinden kollajen elde ettikleri çalışmalarında biyomedikal ve farmasötik uygulamalar için iyi bir alternatif olduğu sonucuna varılmıştır.

Sun & ark. (2017) Nil Tilapyası (*Oreochromis niloticus*) derisinden elde ettikleri kollajenin biyomedikal uygulamalarda kullanılmak üzere uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Owaga & ark. (2004) *Pogonia cromis* ve *Archosargus probatocephalus* pul ve kemiklerinden izole edilen kollajenin fonksiyonel gıda, kozmetik, biyomedikal ve eczacılık uygulamalarında kullanıma uygun olduğu belirtilmiştir. Sionkowska & ark. (2015)'nin *Brama australis* derisinden elde edilen kollajenin tip I kollajen olduğu, denatürasyon sıcaklığının ise kozmetik uygulamalar için avantaj olduğu sonucuna varılmıştır. Balık pulu dışında kemik, deri, yüzgeç gibi kısımlardan ve balık artıkları haricinde diğer deniz canlılarından da kollajen elde edilmektedir. Veeruraj & ark. (2015)'nin kalamar (*Doryteuthis singhalensis*) derisinden elde edilen tip I kollajenin gıda, nütrosötik ve farmasötik endüstrilerinde kullanılmak üzere iyi bir alternatif olduğu sonucuna varılmıştır. Sotelo & ark. (2016)'nin Iber Yarımadası Batı Kıyılarından elde edilen ıskarta balık türlerinin (*Leucoraja naevus*, *Nezumia aequalis*, *Etmopterus spp*, *Galeus spp*, *Scyliorhynchus canicula*) derilerinden üretilen tip I kollajen çeşitli endüstriyel alanlarda kullanıma uygun oldukları sonucuna

varılmıştır. Iswariya, Velswamy & Uma (2018)'nin balon balığı (*Lagocephalus inermis*) derisinden elde edilen kollajenin memeli kollajenine iyi bir alternatif olduğu sonucuna varılmıştır. Genel olarak kollajenden oluşan balık proteinleri nemlendirme özelliklerinden dolayı kozmetik ürünlerde kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada balık kaynaklı kollajen ile formüle edilmiş kozmetiklerin cilt nemlendirici ve sıkılaştırıcı özellikleri değerlendirilmiştir. Serum formülasyonları kısa süreliğine iyi bir nemlendirme etkisi sağlarken, kremlerin düzenli olarak kullanımının daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Krem formülasyonların ileriki aşamalarda, özellikle tekrarlayan uygulamaların ardından daha aktif hale geldiği görülmüştür. Denizanasından elde edilen düşük dozda kollajen hidrolizatları da nemlendirici ajanlar olarak potansiyellerini göstermiş, cilt nemini arttırmış ve transepidermal su kaybını azaltmıştır (Guillerme, Couteau & Coiffard, 2017).

6. Jelatin

Dünya jelatin üretimi büyük oranda domuz derisi, sığır derisi, domuz ve sığır kemiği gibi hayvansal kaynaklardan sağlanmakta olup memeli olmayan alternatif hayvansal kaynaklardan jelatin üretimi giderek önem kazanmaktadır. Dünyada jelatinin özellikle gıda ürünlerinde geniş kullanımı, beraberinde tüketicilerde birtakım endişeleri de gündeme getirmektedir. Bunlar arasında Müslüman ve Musevilerde domuz kaynaklı ürünlerin yasak olması, Hinduların sığır kaynaklı ürün tüketmemeleri gibi bazı dini kural ve hassasiyetler ile dünyada vejetaryen beslenme alışkanlığının artması yer almaktadır. Jelatinin geniş kullanım alanı nedeniyle jelatin üreticileri arasında hammadde temini bakımından mevcut

hammaddelere alternatif olabilecek farklı hayvansal kaynakların araştırılmasına yönelmiştir. Özellikle son yıllarda balık ve kanatlı sanayi yan ürünlerinden jelatin üretimi üzerinde durulmaktadır (Erge & Zorba, 2018). Özellikle jelatinin farmasötik sektöründe kapsül yapımında ve tabletlerde bağlayıcı olarak yoğun olarak kullanılması Pazar payının ve talebinin de artmasına vesile olmaktadır.

Tüketicilerin sağlık konusunda daha bilinçli hale gelmesiyle sağlıklı yaşam tarzı tercihlerinin giderek daha fazla benimsenmesi, dünya çapında yağ veya kolesterol içermeyen yüksek protein içeriğine sahip jelatine olan talebi de artırmaktadır. Jelatin içeren takviyelerin, yüksek protein içeriği, eklem ve kemik sağlığı desteği gibi sağlık yararları nedeniyle yaşlı yetişkinlerin de sağlıklarını korumak için jelatin içeren takviyelere yönelmektedir.

Gıda endüstrisinde daha çok jöle ve jelimsi kıvam oluşturmak amacıyla yoğun şekilde kullanılan jelatin, ilaç sanayiinde ve fotoğrafçılıkta da önemli fonksiyonel bir maddedir. Gıda endüstrisinde özellikle et ürünlerinin üretiminde; istenilen tekstür, su tutma kapasitesi ve dengesini sağlamak için kullanılmakta (Borderias & ark., 1994), ilaç sanayiinde ise kolay sindirilebilir olması ve istenilen şeklin verilebilmesi nedeniyle kapsül üretiminde ve hacimlendirici olarak kullanılmaktadır. Balık jelatini güçlü jel oluşturamamasına rağmen; mikroenkapsülasyon, tutkal, kozmetik sektöründe şampuan vb. yapımında da kullanılmaktadır (Rustad, 2003).

Jelatin hayvansal yapıştırıcıların saflaştırılmış formudur. Başta domuz, sığır ve çok az olarak da balık gibi hayvanların deri, kemik ve bağ dokularının kaynatılması ile üretilir. Bu madde, güçlü şekil

alma kabiliyeti, şeffaf jel oluşturması, esnek film hâline gelmesi, hazmının kolay olması, sıcak suda eriyebilmesi ve kolayca şekil alması gibi hususiyetleri sebebiyle pek çok sahada kullanılmaktadır (Schellmann, 2007).

Jelatin, fonksiyonel ve teknolojik özelliklerinden dolayı dünyada en yaygın kullanım alanlarından başta gıda sanayinde viskozite arttırıcı olmak üzere saydamlık, renksizlik ve jel yapısı özelliklerinden dolayı, ilaç, tıp, kozmetik ve fotoğrafçılık alanlarında geniş uygulama alanı bulmaktadır. Son yıllarda kollajen/jelatin hidrolizatları üzerine yapılan araştırmalarda osteoporosis ve osteoarthritis gibi kemik hastalıklarına karşı önleyici oldukları da belirtilmektedir (Beynen & ark., 2010; Boran, 2011).

Jelatin serumlarda (plazma ikamesi olarak), sert ve yumuşak kapsüllerde, vitamin kaplama materyallerinde, pastillerde, tabletlerde, damlaların üretiminde, macun kaplamalarında, diş macunu üretiminde, mikroorganizma kültürlerinde besleyici ortam olarak, sünger üretiminde ve yeni geliştirilen aşıların formüllerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sığır, domuz ve balık kökenli kollajen ve jelatinler, saç ve deri bakım ürünlerinde kullanılan ve önemli fonksiyonlar icra eden ürünlerdir. Örneğın, jelatin hidrolizatları su bağlama kapasitesini arttırmak, trans-epidermal su kaybını azaltmak ve deriyi iyileştirmek amacıyla deri bakım setlerine ilave edilmektedir. Jelatin, kemik bütünlüğünün korunması, kırılğan tırnakların tedavisi ve saç derisinin, saçların beslenmesi amacıyla suplement olarak pazarlanmaktadır (Kim & Mendis, 2006). Balıklardan elde edilen jelatin, memelilerden türetilen jelatine kıyasla düşük prolin (Pro) ve hidroksiprolin (Hyp) içeriğine

sahip olduğundan oda sıcaklığında jelleşmeden mevcut durumunu korumaktadır (Boran, 2011).

İlk çağlardan beri üretilen ve kullanım alanı gittikçe artan jelatin, Türkiye dahil pek çok ülkede doğal bir gıda olarak kabul edilmekte dolayısıyla tüketimi de sınırlandırılmamaktadır. Son yıllarda Dünya da yaklaşık 400 bin ton civarında jelatin üretildiği ve bunun da yaklaşık % 65' inin Avrupa ya ait olduğu bildirilmektedir. Ülkemizde yılda 5000 ton civarında jelatin kullanılmakta ve bunun da tamamı ithal edilmektedir. İthal edilen jelatinin bir kısmı, jelatin üretim kapasitesi 3000 ton/yıl olan Pakistan' dan gelmekte ancak bu ülkeden Türkiye'ye satılan miktar, 700-800 ton/yılı geçmemektedir. Sadece İstanbul' da faaliyet gösteren bir büyük şekerleme firmasının yılda 1000 ton jelatin kullandığı, yine Karaman'daki bisküvi sektörünün günde 1 ton jelatin kullandığı bildirilmektedir (Yetim, 2011).

Daha çok karasal hayvan ve atıklarından elde edilen jelatin, son yıllarda deniz ürünleri ve atıklarından da önemli miktarlarda üretilmeye başlanmış, dana jelatinine göre sağlık açısından (deli dana hastalığı) daha güvenli olması ve dini inançlara göre tüketiminin (domuz jelatini: İslam, Dana jelatini: Hinduizm) uygun olması nedeniyle son yıllarda alternatif jelatin kaynağı olarak rağbet görmeye başlamıştır (Jamillah & Harvinder, 2002; Karim & Bhat, 2009). Ayrıca, su ürünleri atıklarının yüksek oranlarda (% 49-52) kolajen içermesi ve elde edilen jelatinlerin yüksek kalitede olması su ürünleri kaynaklı jelatinin önemini artırmaktadır (Badii ve Howell, 2006; Nagai ve Suzuki, 2000).

Jelatinler Son zamanlarda çok amaçlı olarak gıda, ilaç ve biyomedikal gibi uygulamalarda kullanılan önemli ürünlerdir. Dünyada Jelatin, daha çok sığır ve domuzların kemik ile deri gibi atıklarından elde edilmektedir. Balık atıklarından elde edilen jelatinler hem ucuz hem de aynı kıvam ve esnekliği verirler. Jelatinin eşsiz jelleştirici, dengeleyici, iyileştirici, merhem, kapsül ve kaplama özellikleri onu ticari gıda üretiminde, farmasötik ve fotoğrafçılık endüstrisinde en yaygın kullanılan biyogeredönüştürümlü bileşik olarak kullanılmaktadır (Rakhmanova et al. 2018).

Dünya çapında üretilen jelatinin ise yaklaşık %70' i gıda sanayi, % 15'i ilaç sanayi, % 10'u fotoğraf sanayinde ve % 5'i diğer sanayi alanlarında kullanılmaktadır (Topuz & Boran, 2018). Bu yüzden jelatine olan talep her sene düzenli bir şekilde artmaktadır. Talep yüksekliği jelatinin de fiyatını doğru orantılı bir şekilde artırmaktadır. En yaygın kullanım alan olan gıda sanayinde jelatin katkı maddesi E441 olarak bilinmektedir (Johnston-Banks, 1990).

7. Kitin ve kitosan

Çok sayıdaki polisakkarit arasında, selüloz ve kitin dünyada en çok bulunan organik bileşiklerdir (Kurita, 2006). Genellikle omurgasızlarda olmak üzere, krustaselerin kabuklarında, böcek kütiküllerinde, bazı mantarlarda, yeşil alglerin hücre duvarlarında ve mayalarda bulunan, yeryüzünde selülozdan sonra en yaygın ikinci doğal polisakarittir (Hamed, Özoğul & Regenstein, 2016; Knidri & ark., 2016). Dünyada her yıl kabuklu, yumuşakça, böcek ve mantarlar tarafından yaklaşık 100 milyar ton kitin üretilmektedir (Muxika & ark., 2017). Kitin üretimi için ana ham madde kaynakları

başlıca yengeç ve karides olmak üzere çeşitli kabukluların kütikülleridir. Kitosan, kitinden kolayca elde edilebilen bir polisakkarit olup (Chen, Guo & Luo, 2017) moleküllerinde film oluşturma, metal iyonlarını şelatlama özelliği ve optik yapısal özellikler gibi birçok benzersiz özelliği veren, (i) birincil hidroksil grup, (ii) ikincil hidroksil grup ve (iii) amino grubu olmak üzere üç reaktif gruba sahiptir (Jimtaisong & Saewan, 2014).

Kitosan, amino grupları üzerindeki pozitif yüklerden dolayı suda çözünür tek katyonik polimerdir. Bu özelliği sayesinde gıda, kozmetikler ve eczacılıktaki çok çeşitli uygulamalar için uygun bulunmaktadır. Özellikle kitosan olmak üzere kitin ve türevlerinin, potansiyel ve mevcut uygulamalarının 200'den fazla olduğu tahmin edilmektedir. Toksik olmaması ve antijenik özellikte olması, antimikrobiyal aktiviteye sahip olması, biyouyumlu, biyobozunur, yenilenebilir ve düşük maliyetli özelliklerinden dolayı, klinik kullanım, ilaç taşıyıcı sistemler, doku mühendisliği, gıda endüstrisi, tarım, biyoteknoloji, biyogörüntüleme, implantlar, kontakt lensler, kozmetik, gen dağıtımı, protein bağlama, yara iyileşmesi, eczacılık, tekstil endüstrisi gibi çok kapsamlı uygulama alanlarına sahiptir (Casadidio & ark., 2019; Mauricio-Sánchez & ark., 2018; Shariatnia, 2019). Aynı zamanda kanser önleme, homeostaz ve doku rejenerasyonu, bakteriyostatik ve fungistatik aktivite gibi biyolojik fonksiyonlar gibi çeşitli biyolojik özelliklere sahip olduğu da tespit edilmiştir (Kaczmarek & Sionkowska, 2018; Tzaneva & ark., 2017).

Antioksidan, antimikrobiyal, antitümör gibi biyolojik aktivitelerinden dolayı, gıda koruma, kimyasaldan koruma amacıyla paketlenme ve iyi film oluşturma özelliklerinden dolayı, tüketilebilir

antimikrobiyal film üretimi gibi amaçlarla kullanılabilir (Younes & Rinaudo, 2015). Kitosan, yüksek oranda toksik organociva bileşikleri toplamak ve toksik ağır metalleri endüstriyel atık sularından uzaklaştırmak için kullanılır. Metal adsorpsiyon kapasitesi, asetilasyon derecesinden belirgin bir şekilde etkilenir; genellikle asetil miktarındaki azalma ile birlikte artar (Kurita, 2006). Birçok araştırmacı tarafından, kitosan ve hem in vitro hem de in vivo olarak test edilen antitümör aktivitelere sahip olan oligomerlerinin, karaciğerde ve kanda LDL kolesterol seviyesini düşürmede etkili olduğu bildirilmektedir. Kitosan ve kitosan oligomerleri, moleküler ağırlıklarına ve deasetilasyon derecelerine bağlı olarak oksijen radikallerini temizleyerek antioksidanlar olarak etki eder. Daha düşük moleküler ağırlıklı kitosanın, yağ miktarını düşürmede faydalı ve kardiyovasküler hastalıklardan korumada etkili olduğu belirlenmiştir (Kim & Mendis, 2006).

Kitin ve kitosan, temizleyici, koruyucu, nemlendirici, antioksidan özellik sergilemeleri nedeniyle kozmetiklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. 21. yüzyılda, çevresel etkisinin az olması gibi, cilt için sayısız faydaya sahip olması nedeniyle tüketicilere cazip gelmesinden dolayı, kozmetik ürünlerin içeriğinde kullanımında bir artış meydana gelmiştir (Casadidio & ark., 2019). Nemlendirici, banyo losyonu, yüz, el vücut kremi, cilt ve saç ürünü (cilt kremi, şampuan, sabun vb.), saç şekillendirici, ağız bakım ürünü, parfüm, koku giderici, antikolestrol ve yağ bağlayıcı olarak zayıflama maddesi amacıyla kullanılmaktadır (Cheba, 2011; Demir & Seventekin, 2009). Kitosanın kozmetik ürünlerde kullanılma amacı; pozitif yüklü olması sebebiyle negatif yüklü olan saça bağlanarak, keratine benzer yapısı sayesinde saçı onarır parlatır, antioksidan

etkisi sayesinde ciltteki yaşlanma belirtilerini giderme, su ve yağ bağlayıcı özellikleri sayesinde yüz-göz bölgelerindeki aşırı yağlanma ve ödemi azaltma, yağ bağlayıcı özelliği sayesinde negatif yüklü yağ moleküllerine bağlanarak zayıflatıcı etki gösterme, deri yenileme özelliği sayesinde yara ve yanık tedavisini hızlandırma, kozmetik sektörü için zararlı küf ve bakterileri engelleyerek bozulma, cilt ve saçta oluşan mikroorganizma kaynaklı hasarları onarma şeklinde sıralanabilir (Koşkun & ark., 2014). Moleküler ağırlığı yüksek olan kitosanın transepidermal su kaybını azalttığı, cildin esnekliğini ve yumuşaklığını koruduğu bildirilmiştir (Chen, Guo & Luo, 2017). Kitosan saç bakım ürünlerinde kullanılabilmektedir. Alkol ve su ile karıştırıldığı zaman jel haline gelmektedir (Kim, 2012). Aynı zamanda, yaşlanma önleyici, nemlendirici, ultraviyole ışınlarına karşı koruyucu ürünler ve cilt temizleme ürünleri gibi kozmetik ürünlerdeki kitin ve kitosan uygulamaları; koruma, absorpsiyon, termal düzenleme, savunma gibi cildin temel fonksiyonlarını sağlamaktadır (Casadidio & ark., 2019).

Kitin ve kitosan, doku rejenerasyonunu hızlandıran ve fibroblastların kollajen sentezini uyaran ve hemostaz özellikleri nedeniyle cilt ve doku mühendisliğinde, cilt yerine kullanılan materyaller olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Anitha & ark., 2014). Ghannam & ark. (2016)'nin farklı krustase (karides ve kerevit) kabuklarından üretilen kitosanların ticari ürüne göre daha iyi fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklere sahip olduğu ve antioksidan aktivitesi sayesinde doğal gıda katkı maddesi olarak gıda endüstrisinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Ayodele vd. (2018)'nin mavi yengeç kabuklarından kitosan ekstraksiyonu ve karakterizasyonu

yaptıkları çalışmalarında, partikül boyutlarından dolayı, doku yenileyici olarak farmasötik endüstrisinde, toksik metalleri emme özelliğinden dolayı atık su uygulamalarında ve antimikrobiyal aktivitesinden dolayı kumaşlarda mikroorganizma gelişimini engelleyici olarak tekstil endüstrisinde kullanılabileceğİ sonucuna varılmıştır. Lukitowati & Indrani (2018)'nin gama ışınlama işlemi uygulanan yara iyileştirici amaçlı, kitosan, kollajen ve kitosan/kollajen membranların su absorpsiyonlarını inceledikleri çalışmalarında, en yüksek yüzde su absorpsiyonu kitosanda, en düşük oran ise kitosan/kollajen karışımlı membranlarda elde edilmiştir. Balıkçılık ve işleme atıklarından kitosan üretiminin evre kirliliğİni önlemede önemli katkılar sağlayacağİ sonucuna varılmıştır. Kaya & ark. (2016) mavi yengeç kabuklarından elde ettiğİ α -kitosanın antioksidan ve antimikrobiyal aktivite sonuçlarına göre kitosanın sentetik antioksidanlara iyi bir alternatif olabileceğİ ve insan ve balıktaki patojenik mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiğİ sonucuna varılmıştır. Yen, Yang & Mau (2008) yengeç kabuklarından elde ettikleri kitosanın hidroksil radikallerini giderme ve demir iyonlarını şelatlama özelliğinden dolayı gıda katkı maddesi olarak veya eczacılıkta kullanılmak üzere iyi bir antioksidan olduğu sonucuna varılmıştır. Benhabiles & ark. (2012) karides atıklarından elde ettiğİ kitin ve kitosanın antimikrobiyal aktivitesini incelediğİ çalışmada, kitinin *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Shigella dysenteriae* ve *Bacteroides fragilis*, kitosanın ise *Salmonella typhimurium* hariç tüm test edilen bakterilerde bakteriyostatik etkisi olduğu sonucuna varmıştır.

8. Mikroalg yağları

Algler, okyanuslardaki en büyük biyokütleyle sahip organik bileşik üreticileri olup denizel organizmalar arasında, özellikle mikroalgler fotosentetik aktiviteleri nedeniyle ekosistemlerde birincil üretici olarak önemli bir rol oynar (Vera & ark., 2018). Verimlilikleri, mevsimsel değişimlerinin sınırlı olması, daha kolay ve daha bol miktarda ham madde ekstraksiyonu bakımından geleneksel kara bitkilerinden daha üstündür (Wang & ark., 2015). Alg hücreleri, fotosentez ile güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürürler. Kimyasal enerji “biyolojik olarak aktif bileşikler” olarak adlandırılan belirli biyolojik faaliyetlere sahip kimyasal bileşikler şeklinde depolanır (Ariede & ark., 2017). Deniz bitkilerinin basit bir şekilde organize edilmiş en temel üyeleri olan mikroalgler, β -karoten, C, A, E, H, B₁, B₂, B₆ ve B₁₂ vitaminleri, astaksantin, polisakkaritler ve çoklu doymamış yağ asitleri gibi zengin besin içeriği kaynaklarıdır (Suleria & ark., 2015). Algler, polisakkaritler, proteinler ve diğer makro ve mikro elementler dahil olmak üzere farklı biyokimyasal bileşikler içerir. Büyüme, gelişme veya üreme gibi fizyolojik fonksiyonlarını yerine getirmek için birincil metabolitleri üretirler. UV radyasyona maruz kalma, tuzluluk, sıcaklık değişiklikleri veya çevresel zehirler gibi farklı stres koşullarında ise ikincil metabolitleri üretir. Bu birincil metabolitler; polisakkaritler, proteinler, amino asitler ve yağ asitlerini içerir. İkincil metabolitler ise pigmentler, fenolik bileşikler, steroller, vitaminler ve diğer biyoaktif maddelerdir. Alglerde bulunan lipitler arasında yağ asitleri, glikol ve fosfolipitler, steroller bulunur (Pereira, 2018). Günümüzde, çalışmaların çoğu, makro ve mikroalglerden üretilen yağ asitlerinin biyodizel üretiminde

doğrudan kullanımına yöneliktir. Bununla birlikte, alglerin yağ asitleri ve diğer lipofilik bileşikler anti-alerjik, antioksidan ve anti-enflamatuar aktivitelere sahiptir. Ek olarak, lipitler cildi su kaybından koruyan nemlendirici ve yumuşatıcı bileşikler olarak da işlev görebilir (Pereira, 2018). Denizel kaynaklı omega-3 yağ asitleri ciltte doku onarımının uyarılması, cilt yumuşatma ve kollajen üretiminin artması gibi etkilere sahiptir (Kim, 2012). Alglerden elde edilen yağlar, büyük ticari potansiyeli olan bir tür fonksiyonel yağ olarak kabul edilir (Huang & ark., 2016). Yeşil algler alfa linolenik asit içerirken, kahverengi ve kırmızı algler eikosapentaenoik asit ve dokosaheksaenoik asit bakımından zengindir. Alfa-linolenik asit, eikosapentaenoik asit ve dokosaheksaenoik asit, insan fizyolojisi için önemli olan omega-3 yağ asitleridir. Yapılan çalışmalarda *Cryptocodinium cohnii* (%2-6 kuru ağırlık), *Thraustochytrium aureum* (%6-7 kuru ağırlık), *Schizochytrium limacinum* (%5-15 kuru ağırlık) ve *Schizochytrium mangrovei*'de (%12-21 kuru ağırlık) yüksek miktarda dokosaheksaenoik asit rapor edilmiştir. Tıbbi olarak aktif bileşimleri sayesinde, deri florasını tahrip eden bakteri ve mantarları öldürme kabiliyetleriyle koruyucu olarak işlev görmektedir. Antioksidan özelliklere sahip algal bileşikler, cilt yaşlanmasından, güneşten kaynaklanan cilt hasarlarından ve melanom, deri iltihabı ve cilt kanseri gibi cilt problemlerinden korunmaya yardımcı olur (Anis, Ahmed & Hasan, 2017).

Uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar) insanlar üzerindeki sağlıklı etkileri nedeniyle ilgi çekmekte ve bu konu üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Mikroalgal yağ asitleri de, özellikle γ -linolenik asit, araşidonik asit, eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) gibi uzun zincirli çoklu

doymamış yağ asitleri (PUFA'lar) kaynakları olarak ilgi çekmektedir. Bu yağ asitlerinin, koroner kalp hastalıkları, artrit ve diğer otoimmün hastalıklar, iltihaplanma, hipertansiyon, sedef hastalığı ve kanserin önlenmesi ve risklerinin azaltılması ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Alglerden elde edilen biyoaktif bileşiklerin özellikle, akne, cilt yaşlanması, pigmentasyon gibi dermatolojik bozukluklar ve hastalıklar üzerine oldukça fazla potansiyel uygulaması bulunmaktadır. Yağları bakımından değerli, ticarileştirilen ilk heterotrofik “Thraustochytrid”ler *Crypthecodinium*, *Schizochytrium* ve *Ulkenia*'dır. DHA bakımından zengin yağ, *Crypthecodinium cohnii* türünden hekzan kullanılarak hücreleri parçalayıp ekstrakte etme işlemi, daha sonra rafine etme, beyazlatma, kurutma ve koku giderme işlemleri, ardından, antioksidan özellikte tokoferol ilavesi ile stabilize etme işlemi, antioksidan özellikteki tokoferol ilave edilerek stabilize etme işlemi ve son olarak standart %40 w/w DHA ürünü (DHASCO™) ile yüksek oleikli ayçiçeği yağının karıştırılmasıyla elde edilir. Bu yağlar esas olarak bebek mamalarında kullanılmaktadır (Amaro & ark., 2017; Borowitzka, 2013; Wang & ark., 2017).

Mikroalgler tek hücreli, renkli fototrofik canlılar olmalarından dolayı kozmetik uygulamalar için zengin kimyasal içeriğe sahiptir. Mikroalglerden elde edilen aktif bileşenler kozmetik ürünlerde kullanılır, lekeleri önler, hasarlı cildi onarır. İltihapları engeller, cildin nemini korur. Mikroalg ekstraktları antiaging kremler, yenileyici cilt bakım ürünleri gibi ürünlerin içerisinde kullanılmaktadır. *Arthrospira* ve *Chlorella* ekstraktlarının ticari olarak değerlendirilen cilt bakım ürünleri piyasada bulunmaktadır. Bazı kozmetik üreticileri kendi mikroalg üretim sistemlerini

kurmuşlardır (LVMH (Moet Hennessy-Louis Vuitton)/Fransa) *Chlorella vulgaris*'ten elde edilen ekstrakt cildin kollajen sentezini uyarır, hücre yenilenmesi ve kırışıklıklarda azalma sağlar (Dermochlorella/Fransa) (Kim & ark., 2008). Alglerin, özellikle alg ekstraktlarının kombinasyonu kullanıldığında etkili yaşlanma karşıtı özelliklere sahip oldukları bilinmektedir. Denizel algler, insan vücudunun plazmasına benzeyen ve özellikle besin maddelerinin iyi nüfuz etmesini sağlayan kimyasal bileşimlere sahip olmasından dolayı cilt için faydalara sahiptir (Mishra & Mishra, 2017). Üst derinin nem dengesinin bozulmasından dolayı kuru cilt meydana gelir ve bu durum yaşlanmaya sebebiyet verir. Seramid lipid moleküllerinin öncüsü olan linoleik asit üst deride iyi bir bariyerdir. Transepidermal su kaybını azaltır, lipid kaybından dolayı ciltte meydana gelen kuruluğa engel olur. Alglerden elde edilen lipidler lipid matriksini koruyarak cildi nemlendirmeye yardımcı olur (Brunt & Burgess, 2017).

Yağların yokluğu cilt ve saçta anormalliklere neden olmaktadır. Omega-3 ve omega-6 yağ asitleri vücutta sentezlenemedikleri için (özellikle EPA ve DHA) dışarıdan alınması saç ve cilt sağlığı gibi çeşitli vücut fonksiyonlarının bozulmaması açısından gereklidir. Mikroalg ekstraktları kozmetik formülasyonlarda ve cilt bakım ürünlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu ekstraktlar başta karatenoidler ve yağ asitleri olmak üzere polisakkaritler, protein, vitamin ve mineraller, astaksantin gibi pigmentler ihtiva etmektedir. *Arthrospira* ve *Chlorella* ekstraktları kozmetik endüstrisinde cilt bakım ürünlerinde yerini almış durumdadır (Kim, 2012). Alg ekstraktları içerdikleri biyoaktif maddeler sayesinde nemlendirici, antioksidan, yumuşatıcı, pigmentasyon azaltıcı, kırışıklık azaltıcı,

gözaltı torbaları ve siyah halkaları azaltıcı, cilt elastikiyetini arttırıcı etkiye sahiptir (McReynolds, 2017). Mikroalg ekstraktları temel olarak yüz ve cilt bakım ürünlerinde (yaşlanma karşıtı kremler, canlandırıcı bakım ürünleri, yumuşatıcı ve peelinglerde tahriş önleyici olarak) bulunabilir. Ayrıca mikroalgler güneş korunma ve saç bakım ürünlerinde de bulunmaktadır. *Arthrospira*'dan elde edilen protein bakımından zengin olan ekstrakt erken cilt yaşlanmasının belirtilerini engeller, sıkılaştırıcı bir etki yapar ve ince çizgi oluşumunu önler (Protulines, Exsymol S.A.M., Monaco) ve *Chlorella vulgaris* ekstraktı ise, ciltte kollajen sentezini uyarır, böylece doku yenilenmesini ve kırışıklık azalmasını destekler (Dermochlorella, Codif, St. Malo, Fransa). Son zamanlarda, *Nannochloropsis oculata*'dan kısa ve uzun süreli etki gösteren cilt sıkılaştırma özelliklerine sahip bir bileşen olan Pentapharm (Basel, İsviçre) ve *D. salina*'dan, hücre proliferasyonunu belirgin şekilde uyarma yeteneğine sahip bir bileşen olan Pepha-Tight olmak üzere iki yeni ürün piyasaya sürülmüştür (Spolaore vd., 2006). Son yıllarda algler, deriyi rejenere etme ve zengin mineral içerme özelliklerinden ötürü güzellik enstitüleri tarafından "Thalassoterapi" uygulamaları amacıyla Türkiye'de de oldukça yaygın olarak kullanılmakta, alg içeren kozmetik ürünlerin çeşitliliği artmaktadır (Aktar & Cebe, 2010).

Genel olarak, omega-6 çoklu doymamış yağ asitleri ve özellikle linoleik asit ve linolenik asit olmak üzere 18 karbon atomlu yağ asitleri transepidermal su kaybını (TEWL) onarma yeteneğine sahiptir. Yağ/su emülsiyonları, ciltteki suyu tutan maddeler ile aşırı su kaybını önlemek için formüle edilir. Özellikle *Laminaria* ekstraktları kullanılmak üzere bunun dışında birçok alg de

kullanılabilmektedir. Örneğin *Nannochloropsis* sahip olduğu yüksek miktardaki linolenik asit nedeniyle önem taşımaktadır (Guillerme, Couteau & Coiffard, 2017). Alglerden doymamış yağ asitlerinin üretimi halen laboratuvar aşamasında olmasına rağmen, balıklara kıyasla, daha fazla PUFA miktarı ve çeşidi, daha kısa kültür süresi, daha basit yağ asidi ekstraksiyonu işlemi, balık tadının olmaması, kolesterol içermemesi, büyük ölçekli kolay kültürünün yapılabilmesi ve böcek ilacı ve ağır metal iyon kontaminasyonunun meydana gelmemesi gibi çok daha önemli avantajlara sahiptir (Yu & Gu, 2015). Corinaldesi vd. (2017) *Schizochytrium* yağının (DHA, EPA, omega-3 yağ asitleri) yumuşak doku onarımı, cilt beslenmesi ve kollajen üretiminin uyarılması özelliklerinde olduğunu bildirmiştir. Borowitzka (2013) *Schizochytrium*'da DHA miktarını %45 olarak rapor etmiştir. Daesang Corporation (Anonim, 2015)'a göre *Schizochytrium* sp.'da dominant çoklu doymamış yağ asitlerinin DHA C22:6n3 (%49,1) ve C22:5n6 (%21,5) olduğu belirlenmiştir. EPA C20:5n3 miktarı %3, dominant doymuş yağ asidi ise %16,4 ile palmitik asit C16:0 olarak belirlenmiştir. Jiang vd. (2004)'nin *Schizochytrium mangrovei*'nin yağ asidi kompozisyonu ve skualen miktarını inceledikleri çalışmalarında tetradekanoik asit (C14:0), heksadekanoik asit (C16:0), dokosapentaenoik asit (C22:5 n-6, DPA) ve dokosaheksaenoik asit (C22:6 n-3, DHA) en baskın yağ asitleri olarak belirlenmiştir.

Mikroalg ekstraktları, yağları ve pigmentleri yüksek antioksidan ve/veya antimikrobiyal aktiviteye sahiptir. Yu & ark. (2017)'nin *Cryptocodinium cohnii* ve *Schizochytrium* sp.'nin alkol ve sulu ekstraktlarının antioksidan aktivitesini inceledikleri çalışmalarında, bu ekstraktların yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu

sonucuna varılmıştır. Antioksidan performans indikatörlerinin (TAC, DPPH, RP) antioksidatif fonksiyona sahip TPC ile pozitif bir ilişkisi olduğu ve böylelikle sağlık ve kozmetik çalışmalarında kullanılmak üzere uygun oldukları yorumu yapılmıştır. Mikroalg yağı, biyodizel üretimi için umut verici bir ham madde olarak da kabul edilmiştir (Kuan vd., 2019). Alg yağlarından biyodizel üretimi üzerine çalışmalara yoğunlaşmıştır. Omega-6 çoklu doymamış yağ asitleri, özellikle 18 karbon atomlu linoleik asit ve linolenik asit transepidermal su kaybını (TEWL) onarma yeteneğine sahiptir. Yağ/su emülsiyonları, ciltte suyu tutan maddeler ile aşırı su kaybını önlemek için formüle edilmiştir. Bu amaçla *Laminaria* özleri, sıklıkla tercih edilen bir bileşen olsa da, bu amaç için çok sayıda alg kullanılabilir. Özellikle, *Nannochloropsis*, yüksek linolenik asit içerikleri ile dikkat çekmektedir.

9.Sonuç

Bu çalışma, sağlık ve kozmetik endüstrilerinde su ürünleri kaynaklarının kullanımına ilişkin mevcut bilgileri analiz etmiş ve bu kaynakların sunduğu biyolojik, ekonomik ve çevresel potansiyelleri vurgulamıştır. Su ekosistemlerinden elde edilen biyoaktif bileşiklerin, özellikle kolajen, omega-3 yağ asitleri, peptitler, karotenoidler ve polisakkaritler gibi bileşenlerin sağlık ve güzellik ürünlerinde çok yönlü uygulamaları bulunduğu ortaya konmuştur. Bu bileşikler, cilt yenileyici, antioksidan, anti-inflamatuar, antimikrobiyal ve yaşlanma karşıtı etkileri nedeniyle hem bireysel sağlık hem de estetik beklentiler açısından büyük bir değer taşımaktadır.

Bununla birlikte, bu kaynakların etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılabilmesi için çeşitli zorluklar bulunmaktadır. Özellikle, artan talep ve sınırlı doğal kaynaklar, biyoekonomi temelli bir yaklaşımı zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, sucul organizmaların sürdürülebilir şekilde temin edilmesi, atık minimizasyonu, üretim süreçlerinin optimizasyonu ve çevresel etkilerin azaltılması kritik öneme sahiptir. Ayrıca, biyoteknolojik yöntemlerin, örneğin mikroalg ve biyosentetik üretim sistemlerinin, daha yaygın şekilde kullanılması bu alandaki baskıyı azaltabilir.

Sağlık ve kozmetik endüstrilerinde su ürünleri kaynaklarının kullanımı, sadece ekonomik fayda sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına da katkıda bulunabilir. Deniz ve tatlı su kaynaklarının zengin biyolojik çeşitliliği, yenilikçi ürün geliştirme süreçlerinde önemli fırsatlar sunmaktadır. Ancak, bu potansiyelin tam anlamıyla değerlendirilebilmesi için disiplinler arası iş birliği ve ileri düzey araştırmalar gereklidir. Özellikle biyokimya, biyoteknoloji, çevre bilimi ve endüstriyel tasarım gibi alanların bir araya gelmesi, mevcut sorunların çözülmesinde ve inovasyon süreçlerinin hızlanmasında etkili olacaktır.

Gelecekte yapılacak araştırmaların, su ürünlerinden elde edilen biyoaktif bileşiklerin fonksiyonel mekanizmalarını daha ayrıntılı şekilde ortaya koyması beklenmektedir. Bu tür araştırmalar, hem sağlık hem de kozmetik endüstrilerinde daha etkili, güvenilir ve çevre dostu ürünlerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda, su ürünleri kaynaklarının değerlendirilmesinde çevresel etkiler göz önüne alınarak küresel ölçekte standartların

oluşturulması ve politika yapıcılarının bu sürece dahil edilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, su ürünleri kaynaklarının sağlık ve kozmetik endüstrilerindeki potansiyeli, bilinçli kullanım, ileri teknoloji uygulamaları ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda şekillenecektir. Bu bağlamda, gelecek vizyonu, hem insan refahını hem de ekosistem sağlığını korumayı hedefleyen bütüncül bir yaklaşımla inşa edilmelidir.

Referanslar

Aktar, S., & Cebe, G. E. (2010). Alglerin genel özellikleri, kullanım alanları ve eczacılıktaki önemi. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 39(3), 237–264.

Ali, A. M., Benjakul, S., & Kishimura, H. (2017). Molecular characteristics of acid and pepsin soluble collagens from the scales of golden carp (*Probarbus jullieni*). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 29(6), 450–457.

Alves, A. L., Marques, A. L., Martins, E., Silva, T. H., & Reis, R. L. (2017). Cosmetic potential of marine fish skin collagen. *Cosmetics*, 4(39), 1–16.

Amaro, H. M., Sousa-Pinto, I., Malcata, F. X., & Guedes, C. (2017). Microalgal fatty acids—From harvesting until extraction. In C. Gonzalez-Fernandez & R. Munoz (Eds.), *Microalgae-Based Biofuels and Bioproducts* (p. 560). United Kingdom: Woodhead Publishing.

Anis, M., Ahmed, S., & Hasan, M. M. (2017). Algae as nutrition, medicine and cosmetic: The forgotten history, present status and future trends. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(6), 1934–1959.

Anitha, A., Sowmya, S., Sudheesh Kumar, P. T., Deepth, S., Chennazhi, K. P., Ehrlich, H., Tsurkan, M., & Jayakumar, R. (2014). Chitin and chitosan in selected biomedical applications. *Progress in Polymer Science*, 39, 1644–1667.

Anonim (2015) *DHA-rich algal oil from Schizochytrium sp. RT100*, A submission to the UK Food Standards Agency requesting

consideration of Substantial Equivalence in accordance with Regulation (EC) No 258/97 concerning novel foods and novel food ingredients, Daesang Corporation.

Anonim (2018b) *Türkiye Kozmetik ve Temizlik Ürünleri Sanayi Raporu*, Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, Türkiye Kozmetik ve Temizlik Ürünleri, Sanayi Meclisi, 90s

Ariede, M. B., Candido, T. M., Jacome, A. L. M., Velasco, M. V. R., Carvalho, J. C., & Baby, A. R. (2017). Cosmetic attributes of algae—A review. *Algal Research*, 25, 483–487.

Atef, M., & Ojagh, S. M. (2017). Health benefits and food applications of bioactive compounds from fish byproducts: A review. *Journal of Functional Foods*, 35, 673–681.

Ayodele, O., Okoronkwo, A. E., Oluwasina, O. O., & Abe, T. O. (2018). Utilization of blue crab shells for the synthesis of chitosan nanoparticles and their characterization. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 40(5), 1043–1047.

Badii, F., & Howell, N. K. (2006). Fish gelatin: Structure, gelling properties and interaction with egg albumen proteins. *Food Hydrocolloids*, 20(5), 630–640.

Benhabiles, M. S., Salah, R., Lounici, H., Drouiche, N., Goosen, M. F. A., & Mameri, N. (2012). Antibacterial activity of chitin, chitosan and its oligomers prepared from shrimp shell waste. *Food Hydrocolloids*, 29, 48–56.

Berillis, P. (2015). Marine collagen: Extraction and applications. *Research Trends in Biochemistry, Molecular Biology and Microbiology*, 1–13.

Beynen, A. C., Van Geene, H. W., Grim, H. V., Jacobs, P., & Van der Vlerk, T. (2010). Oral administration of gelatin hydrolysate reduces clinical signs of canine osteoarthritis in a double blind, placebo-controlled trial. *American Journal of Animal and Veterinary Science*, 5(2), 95–99.

Bhuimbar, M. V., Bhagwat, P. K., & Dandge, P. B. (2019). Extraction and characterization of acid soluble collagen from fish waste: Development of collagen-chitosan blend as food packaging film. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7, 102983.

Boran, G. (2011). Bir gıda katkısı olarak jelatin: Yapısı, özellikleri, üretimi, kullanımı ve kalitesi. *Gıda*, 36(2), 97–104.

Borderías, J., Martí, M. A., & Montero, E. (1994). Influence of collagenous material during frozen storage when added to minced cod (*Gadus morhua* L.). *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 199(5), 255–261.

Borowitzka, M. A. (2013). High-value products from microalgae—their development and commercialisation. *Journal of Applied Phycology*, 25, 743–756.

Bruno, S. F., Ekorong, F. J. A. A., Karkal, S. S., Cathrine, M. S. B., & Kudre, T. G. (2019). Green and innovative techniques for recovery of valuable compounds from seafood by-products and discards: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 85, 10–22.

Brunt, E. G., & Burgess, J. G. (2017). The promise of marine molecules as cosmetic active ingredients. *International Journal of Cosmetic Science*, 1–15.

Casadidio, C., Peregrina, D. V., Gigliobianco, M. R., Deng, S., Censi, R., & Martino, P. D. (2019). Chitin and chitosans: Characteristics, eco-friendly processes and applications in cosmetic science. *Marine Drugs*, 17, 1–30. <https://doi.org/10.20944/preprints201905.0066.v1>

Cheba, B. A. (2011). Chitin and chitosan: Marine biopolymers with unique properties and versatile applications. *Global Journal of Biotechnology and Biochemistry*, 6(3), 149–153.

Chen, K., Guo, B., & Luo, J. (2017). Quaternized carboxymethyl chitosan/organic montmorillonite nanocomposite as a novel cosmetic ingredient against skin aging. *Carbohydrate Polymers*, 173, 100–106.

Chen, Y., Liang, C., Wu, H., Pang, H., Chen, C., Wang, G. & Chan, L. (2018). Antioxidant and anti-inflammatory capacities of collagen peptides from milkfish (*Chanos chanos*) scales, *Journal of Food Science and Technology*, 55(6), 2310–2317.

Cherim, M., & Sirbu, R. (2016). Obtaining of collagen extracts used as biomaterials with applications in the medical field. *European Journal of Pharmaceutical and Medical Studies*, 1(1), 55–61.

Cherim, M., Mustafa, A., Cadar, E., Lupașcu, N., Paris, S., & Sirbu, R. (2016). Collagen sources and areas of use. *European Journal of Interdisciplinary Studies*, 2(1), 122–128.

Chuaychan, S., Benjakul, S., & Nuthong, P. (2016). Element distribution and morphology of spotted golden goatfish fish scales as affected by demineralisation. *Food Chemistry*, 197, 814–820.

Corinaldesi, C., Barone, G., Marcellini, F., Anno, A. D., & Danovaro, R. (2017). Marine microbial-derived molecules and their potential use in cosmeceutical and cosmetic products. *Marine Drugs*, 15(118), 1–21. <https://doi.org/10.3390/md15040118>

Demir, A., & Seventekin, N. (2009). Kitin, kitosan ve genel kullanım alanları. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(2), 92–103.

Elango, J., Bu, Y., Bin, B., Geevaretnam, J., Robinson, S., & Wu, W. (2017). Effect of chemical and biological cross-linkers on mechanical and functional properties of shark catfish skin collagen films. *Food Bioscience*, 17, 42–51.

Erge, A., & Zorba, Ö. (2018). *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 6(7), 840–849.

Fehng, S. P. C. (2016). *Extraction of collagen from fish wastes, optimization and characterization* (Master's thesis, Universiti Tunku Abdul Rahman, Kampar).

Felician, F. F., Xia, C., Qi, W., & Xu, H. (2018). Collagen from marine biological sources and medical applications. *Chemistry & Biodiversity*, 15, 1–18.

Ghannam, H. E., Talab, A. S., Dolganova, N. V., Hussein, A. M. S., & Abdelmaguid, N. M. (2016). Characterization of chitosan extracted from different crustacean shell wastes. *Journal of Applied Sciences*, 16(10), 454–461.

Guillherme, J., Couteau, C., & Coiffard, L. (2017). Applications for marine resources in cosmetics. *Cosmetics*, 4(35), 1–15.

Hamdi, M., Hammami, A., Hajji, S., Jridi, M., Nasri, M., & Nasri, M. (2017). Chitin extraction from blue crab (*Portunus segnis*) and

shrimp (*Penaeus kerathurus*) shells using digestive alkaline proteases from *P. segnis* viscera. *International Journal of Biological Macromolecules*, 101, 455–463.

Hamed, I., Özogul, F., & Regenstein, J. M. (2016). Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review. *Trends in Food Science & Technology*, 48, 40–50.

Huang, C., Kuo, J., Wu, S., & Tsai, H. (2016). Isolation and characterization of fish scale collagen from tilapia (*Oreochromis sp.*) by a novel extrusion–hydro-extraction process. *Food Chemistry*, 190, 997–1006.

Iswariya, S., Velswamy, P., & Uma, T. S. (2018). Isolation and characterization of biocompatible collagen from the skin of puffer fish (*Lagocephalus inermis*). *Journal of Polymers and the Environment*, 26, 2086–2095. <https://doi.org/10.1007/s10924-017-1107-1>

Jamilah, B., & Harvinder, K. G. (2002). Properties of gelatins from skins of fish – black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*). *Journal of Food Chemistry*, 77(1), 81–84.

Jimtaisong, A., & Saewan, N. (2014). Utilization of carboxymethyl chitosan in cosmetics. *International Journal of Cosmetic Science*, 36(1), 12–21.

Johnston-Banks, F. A. (1990). Gelatin. In P. Harris (Ed.), *Food gels* (pp. 150). London: Elsevier Applied Food Science Series.

Jiang, Y., Fan, K., Wong, R. T., & Chen, F. (2004). Fatty acid composition and squalene content of the marine microalga *Schizochytrium mangrovei*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 1196–1200.

Jimtaisong, A., & Saewan, N. (2014). Utilization of carboxymethyl chitosan in cosmetics. *International Journal of Cosmetic Science*, 36, 12–21.

Kaczmarek, B., & Sionkowska, A. (2018). Chitosan/collagen blends with inorganic and organic additives—A review. *Advances in Polymer Technology*, 37, 2367–2376.

Karim, A. A., & Bhat, R. (2009). Fish gelatin: Properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*, 23(3), 563–576.

Kaya, M., Dudakli, F., Asan-Ozusaglam, M., Çakmak, Y. S., Baran, T., Montes, A., & Erdogan, S. (2016). Porous and nanofiber α -chitosan obtained from blue crab (*Callinectes sapidus*) tested for antimicrobial and antioxidant activities. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 1109–1117.

Kim, S. (2012). *Marine cosmeceuticals trends and prospects*. New York: Taylor & Francis Group.

Kim, S., & Mendis, E. (2006). Bioactive compounds from marine processing byproducts—A review. *Food Research International*, 39, 383–393.

Knidri, H. E., Khalfaouy, R. E., Laajeb, A., Addaou, A., & Lahsini, A. (2016). Eco-friendly extraction and characterization of chitin and

chitosan from the shrimp shell waste via microwave irradiation. *Process Safety and Environmental Protection*, 104, 395–405.

Koşkun, M., Berber, B., Çakır, S., Tarhan, B., & Sesal, N. C. (2014). Organik kozmetiğe yeni bir yaklaşım: Kitosan nanoparçacıklar. 4. *Kozmetik Kimyası, Üretimi, Standardizasyonu Kongresi* (14–16 Şubat), Antalya.

Kuan, D., Dai, L., Liu, D., Liu, H., & Du, W. (2019). Efficient biodiesel conversion from microalgae oil of *Schizochytrium sp.* *Catalysts*, 9, 341. <https://doi.org/10.3390/catal9040341>

Kurita, K. (2006). Chitin and chitosan: Functional biopolymers from marine crustaceans. *Marine Biotechnology*, 8, 203–226. <https://doi.org/10.1007/s10126-005-0097-5>

Lukitowati, F., & Indrani, D. J. (2018). Water absorption of chitosan, collagen, and chitosan/collagen blend membranes exposed to gamma-ray irradiation. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 14(1), 57–66.

Mauricio-Sánchez, R. A., Salazar, R., Luna-Bárcenas, J. G., & Mendoza-Galván, A. (2018). FTIR spectroscopy studies on the spontaneous neutralization of chitosan acetate films by moisture conditioning. *Vibrational Spectroscopy*, 94, 1–6.

McReynolds, C. (2017). *Invasive marine macroalgae and their current and potential use in cosmetics* (Master's thesis, Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar Instituto Politécnico de Leiria, Peniche).

Metin, C. (2020). *Farklı su ürünleri içeriklerinin kozmetik endüstrisinde kullanılabilirliğinin tespiti* (Doktora tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla).

Mishra, A. K., & Mishra, A. (2017). Cosmetics for dermal care from marine origin. *Mathews Journal of Dermatology*, 2(1), 009.

Muxika, A., Etxabide, A., Uranga, J., Guerrero, P., & Caba, K. (2017). Chitosan as a bioactive polymer: Processing, properties and applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 1358–1368.

Nagai, T., & Suzuki, N. (2000). Isolation of collagen from fish waste material-skin, bone and fins. *Food Chemistry*, 68, 277–281.

Owaga, M., Portier, R. J., Moody, M. W., Bell, J., Schexnayder, M. A., & Losso, J. N. (2004). Biochemical properties of bone and scale collagens isolated from the subtropical fish black drum (*Pogonia cromis*) and sheepshead seabream (*Archosargus probatocephalus*). *Food Chemistry*, 88, 495–501.

Pati, F., Adhikari, B., & Dhara, S. (2010). Isolation and characterization of fish scale collagen of higher thermal stability. *Bioresource Technology*, 101, 3737–3742.

Pereira, L. (2018). Seaweeds as source of bioactive substances and skin care therapy—Cosmeceuticals, algotherapy, and thalassotherapy. *Cosmetics*, 5(68), 1–41.

Rakhmanova, A., Khan, Z. A., Sharif, R., & Lv, X. (2018). Meeting the requirements of halal gelatin: A mini review. *MOJ Food Processing & Technology*, 6(5), 477–482.

Ramados, V., & Alvarado, C. R. S. (2018). Relevance of marine sources in the bioactive natural products. *Naturaleza y Tecnología*, 5(2), 18–26.

Rustad, T. (2003). Utilisation of marine by-products. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2(4), 458–463.

Schellmann, N. C. (2007). Animal glues: A review of their key properties relevant to conservation. *Studies in Conservation*, 52(Suppl. 1), 55–66.

Shariatnia, Z. (2019). Pharmaceutical applications of chitosan. *Advances in Colloid and Interface Science*, 263, 131–194.

Silvipriya, K. S., Kumar, K. K., Bhat, A. R., Kumar, B. D., John, A., & Lakshmanan, P. (2015). Collagen: Animal sources and biomedical application. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(03), 123–127.

Sionkowska, A., Kozłowska, J., Skorupska, M., & Michalska, M. (2015). Isolation and characterization of collagen from the skin of *Brama australis*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 80, 605–609.

Sotelo, C. G., Comesaña, M. B., Ariza, P. R., & Pérez-Martín, R. I. (2016). Characterization of collagen from different discarded fish species of the west coast of the Iberian Peninsula. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25(3), 388–399. <https://doi.org/10.1080/10498850.2013.865283>

- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., & Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(2), 87–96.
- Suleria, H. A. R., Osborne, S., Masci, P., & Gobe, G. (2015). Marine-based nutraceuticals: An innovative trend in the food and supplement industries. *Marine Drugs*, 13, 6336–6351. <https://doi.org/10.3390/md131063>
- Sun, L., Hou, H., Li, B., & Zhang, Y. (2017). Characterization of acid- and pepsin-soluble collagen extracted from the skin of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Biological Macromolecules*, 99, 8–14.
- Şenol, F. (2016). *Bitkisel kaynaklı kozmetik ürün geliştirilmesi üzerine farmakognozik araştırmalar* (Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara).
- Tan, Y., & Chang, S. K. C. (2018). Isolation and characterization of collagen extracted from channel catfish (*Ictalurus punctatus*) skin. *Food Chemistry*, 242, 147–155.
- Tzaneva, D., Djivoderova, M., Petkova, N., Denev, P., Hadzhikinov, D., & Stoyanova, A. (2017). Rheological properties of the cosmetic gel including carboxymethyl chitosan. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 9(8), 1383–1387.
- Veeruraj, A., Arumugam, M., Ajithkumar, T., & Balasubramanian, T. (2015). Isolation and characterization of collagen from the outer skin of squid (*Doryteuthis singhalensis*). *Food Hydrocolloids*, 43, 708–716.

Venkatesan, J., Anil, S., Kim, S., & Shim, M. S. (2017). Marine fish proteins and peptides for cosmeceuticals: A review. *Marine Drugs*, 15(143), 1–18. <https://doi.org/10.3390/md15050143>

Vera, C. R., Crespín, G. D., Daranas, A. H., Looga, S. M., Lillsunde, K., Tammela, P., Perälä, M., Hongisto, V., Virtanen, J., Rischer, H., Muller, C. D., Norte, M., Fernández, J. J., & Souto, M. L. (2018). Marine microalgae: Promising source for new bioactive compounds. *Marine Drugs*, 16(317), 1–12.

Wang, H. D., Chen, C., Huynh, P., & Chang, J. (2015). Exploring the potential of using algae in cosmetics. *Bioresource Technology*, 184, 355–362.

Wang, H. D., Li, X., Lee, D., & Chang, J. (2017). Potential biomedical applications of marine algae. *Bioresource Technology*, 244, 1407–1415.

Wang, J., Pei, X., Liu, H., & Zhou, D. (2018). Extraction and characterization of acid-soluble and pepsin-soluble collagen from skin of loach (*Misgurnus anguillicaudatus*). *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 544–550.

Wu, S., & Kang, H. (2017). Advances in research and application of fish scale collagen. *Agricultural Science & Technology*, 18(12), 2543–2546, 2553.

Yen, M., Yang, J., & Mau, J. (2008). Antioxidant properties of chitosan from crab shells. *Carbohydrate Polymers*, 74, 840–844.

Yetim, H. (2011). Jelatin üretimi, özellikleri ve kullanımı. 1. Ulusal Helal ve Sağlıklı Gıda Kongresi: Gıda Katkı Maddeleri - Sorunlar ve Çözüm Önerileri (ss. 86–94).

Younes, I., & Rinaudo, M. (2015). Chitin and chitosan preparation from marine sources: Structure, properties and applications. *Marine Drugs*, 13, 1133–1174. <https://doi.org/10.3390/md13031133>

Yu, J., Wang, Y., Sun, J., Bian, F., Chen, G., Zhang, Y., Bi, Y., & Wu, Y. (2017). Antioxidant activity of alcohol aqueous extracts of *Cryptocodinium cohnii* and *Schizochytrium sp.* *Journal of Zhejiang University Science B*, 18(9), 797–806.

Yu, P., & Gu, H. (2015). Bioactive substances from marine fishes, shrimps, and algae and their functions: Present and future. *Food Science and Nutrition*, 55, 1114–1136.

Zayed, A. E. A. F. (2018). *Bioactive compounds from marine sources* (Master's thesis, Technischen Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern).

BÖLÜM V

Deniz Salyangozlarında Yağ Asidi Profili

Esin ÖZÇİÇEK¹

Giriş

Dünya’da şu anda 8 milyardan fazla insan yaşamakta ve önümüzdeki 30 yıl içinde insan sayısının 2 milyardan fazla artması beklenmektedir (UN, 2023). İnsan nüfusunun artması, artan gıda taleplerini karşılamak için doğal kaynak tabanı üzerindeki baskıyı artırmıştır. Küresel gıda talebinin 2050 yılına kadar %60 oranında artması beklenmektedir (UNEP, 2021). Dünya nüfusunun büyük çoğunluğu hayvansal gıdaları tercih ederken, yalnızca %16’sı vejetaryendir (Hargreaves & ark., 2021). İnsanlar için temel hayvansal protein kaynaklarının üretimi; kümes hayvanları, domuz eti, sığır eti, kuzu eti ve balık türleri, özellikle kuraklık gibi doğal afetler ve habitat değişiklikleri ile hayvan hastalıklarından kaynaklanan yüksek yem maliyetleri nedeniyle azalmaktadır (Knudsen, Zengin & Kocak, 2010; IFarm, 2012; Cao & Li, 2013;

¹ Dr. Arş. Gör. Munzur Üniversitesi

Maday, 2013; USDA, 2013). Hayvansal proteini desteklemek için yağ oranı düşük yeni protein kaynakları bulmak, dünya gıda endüstrileri için bir zorluktur ve büyük bir çaba gerektirmektedir (Mason & ark., 2014).

Mollusca (Yumuşakçalar) şubesi; karada, denizde ve tatlı sularda yaşayan türlerden oluşur ve çeşitlilik açısından böceklerden sonra ikinci büyük hayvan topluluğunu oluşturur. Mollusca şubesi dört temel sınıfa ayrılır: Polyplacophora, Gastropoda, Bivalvia ve Cephalopoda (Ekman, 1953)'dır. Yumuşakçalar; salyangoz gibi tek kabuklu canlıları, midye ve istiridye gibi çift kabuklu canlıları, ahtapot, kalamar ve mürekkep balığı gibi kafadan bacaklıları içerir (Cooper & Knowler, 1991). Yumuşakçaların kullanım potansiyeli araştırılmış ve besin değerleri üzerine yapılan araştırmalar dikkat çekmiştir (Çağiltay & ark., 2011; Özden & Erkan, 2011). Yumuşakçalar yüksek kaliteli besleyici bir gıda kaynağı olarak kabul edilmiş olup, birçok türü, mutfak lezzetleri olarak kabul edilmektedir (Ab Lah & ark., 2017). Yumuşakça etinin besin kalitesi; yalnızca yüksek protein kalitesine değil, aynı zamanda nispeten düşük lipid içeriğine ve yüksek oranda çoklu doymamış yağ asitlerine (PUFA) bağlıdır (Nichols & ark., 1998; Mooney, Nichols & Elliot, 2002).

Salyangozlar, Mollusca şubesinin Gastropoda sınıfına aittir. Gastropodlar yumuşakçaların en büyük grubudur ve filumun yaklaşık %80'ini oluştururlar (Ponder & Lindberg, 2008). Salyangozların vücudu; beslenme, duyu ve hareket organlarını içeren baş-ayak kısmı ile sindirim, dolaşım, solunum ve üreme organlarının yer aldığı iç organ kütleli kısmından oluşur. Ayrıca, ana savunmalarını oluşturan ağır bir kabukları da vardır (Hickman & ark., 2008). Özellikle deniz ve tatlı su salyangozlarının, gövde

kabuğun içine çekildiğinde kabuk deliğini kapatan bir plaka olan operkulumları vardır. Vücudun ilave bir koruma mekanizması olarak görev yapar ve salyangozları kurumaktan korur (Hickman & ark., 2014). Yenilebilir kısım, yakalı ayak ve mantonun bir bölümünden oluşurken; sindirim kısmı, orta bağırsak bezi ve diğer iç organlarla birlikte iç keseden oluşur (Hickman & ark., 2008).

Deniz ürünleri; hem yüksek kaliteli proteinin bol miktarda bulunması, hem de PUFA'lar, mineraller, eser elementler ve vitaminler gibi diğer besin maddeleri nedeniyle oldukça değerlidir (FAO, 2010). Bu besinler vücudun düzgün çalışması için gereklidir ve büyüme, beyin ve sinir sistemi için faydalıdır (Hosomi, Yoshida & Fukunaga, 2012). PUFA'lar arasında EPA (C20:5 n-3) ve DHA (C22:6 n-3), deniz ürünlerindeki baskın n-3 yağ asitleridir. Bunlar, insanlar için büyük önem taşımaktadır (Swanson, Block & Mousa, 2012).

Yumuşakçaların çok çeşitli PUFA'lar içerdiği bilinmektedir (Smoothey, 2013). PUFA'lar arasında uzun zincirli omega-3 yağ asitlerinin sağlıklı bir beslenmede yararlı roller oynadığı düşünülmektedir. Omega-3 (n-3) ve omega-6 (n-6) yağ asitlerinin dengeli ölçüde alımı, kardiyovasküler hastalıkları, koroner kalp hastalığını, artrit ve diğer iltihapları önlemeye yardımcı olabilir (Simopoulos, 1991; Milinsk & ark., 2003; Mahaffey, 2004; Mahaffey, Clickner & Jeffries, 2008). n-3 ve n-6 yağ asitleri yumuşakçalar tarafından sentezlenemediğinden, fitoplankton veya algler gibi besinlerle alınmaları gerekir (Foster & Hodgson, 1998). Yağ asidi içeriği, yumuşakça türleri, özel diyetleri ve alg türlerinin popülasyonlarındaki dalgalanmalara bağlı olarak değişmektedir. Üreme döngüsü sırasında belirli yağ asitlerine olan fizyolojik talep

de zamansal değişime ve cinsiyetler arası farklılıklara katkıda bulunabilir (Brazao & ark., 2003). Yumuşakçaların besin bileşimi büyük ölçüde değişiklik gösterir ve tür, cinsiyet, olgunluk, mevsim koşulları ile beslenme rejimi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Periyasamy & ark., 2011).

Salyangoz eti, özellikle protein ve esansiyel amino asitler ile doymamış yağ asitleri olmak üzere esansiyel besin maddeleri açısından zengindir. Salyangozların üstün et kalitesine sahip oldukları ve alternatif bir gıda veya yem bileşeni olarak kullanılmaları için muazzam bir potansiyele sahip oldukları görölmektedir. Ayrıca salyangoz eti ve mukus, insanlar için belirli sağlık yararları sağlayan biyoaktif ve sağlıklı bir gıda bileşeni olarak kullanılabilir. Salyangozlar gıda amaçlı kullanımının yanı sıra, hayvanlar için alternatif besin kaynağı olarak da önemli rol oynamaktadır. Salyangozlar, özellikle tek mideli hayvanlar olmak üzere çiftlik hayvanlarının diyetlerinde, soya fasulyesi unu gibi geleneksel protein kaynaklarının yerini alacak şekilde, tam salyangoz unu veya salyangoz eti unu formunda bir yem bileşeni olarak kullanılabilir (Gupta & Khanal, 2024).

İnsanlar, binlerce yıldır salyangoz tüketmekte ve salyangozlar hâlâ birçok Avrupa ve Asya ülkelerinin menülerinde yer almaktadır. Salyangoz en çok Fransa'da tüketilirken, Kore, Çin ve Japonya'da ise lezzetli bir yiyecek olarak kabul edilmektedir (Milinsk & ark., 2003; Qunfang & ark., 2004).

Lipitler ve Yağ Asitleri

Lipitler, bitkisel ve hayvansal dokularda bulunan çok önemli organik bileşiklerdir. Ayrıca; gliserin ve yağ asitlerinden oluşan, suda çözünmeyen, ancak eter, benzen, kloroform gibi organik çözücülerde çözünebilen biyomoleküllerdir (Sargent, Henderson & Tocher, 1989; Bromage & Roberts, 1995). Lipitler, canlı organizmaların en önemli enerji kaynaklarından biridir. Biyolojik enerji için depo ve taşıma maddesi olarak kullanılırlar. Pek çok canlı organizmanın dışında koruyucu bir kılıf teşkil ederler. Hücre-yüzey komponenti olarak hücrelerin birbirini tanımasında, tür özgüllüğünde ve doku immünitesinde önemli roller oynamaktadırlar. Lipitlerin yapılarındaki yağ asitleri, hücre zarının yapı taşı oluşturmaktadır (Gözükara, 2011). Özellikle yağ asitlerinden olan n-3 PUFA'daki eikosapentaenoik asit (EPA, C20:5 n-3) ve dokosaheksaenoik asitin (DHA, C22:6 n-3) insan sağlığı açısından oldukça önemli olduğu bilinmektedir (Sağlık, 1994; Okumuş, 2000).

Yağ asitleri, birçok lipidin temel yapı taşlarını oluşturur. Yağ asitleri; bir ucunda metil grubu, uzun bir hidrokarbon zinciri ve diğer ucunda karboksil grubu içerir (Sargent, Tocher & Bell, 2002). Yağ asitleri doymuş (tek bağlı) ve doymamış (çift bağlı) yağ asitleri olmak üzere iki gruba ayrılır. Doymuş yağ asitlerinin kimyasal yapıları $C_nH_{2n}O_2$ şeklindedir. Doymamış yağ asitleri moleküler dizilimlerinde karbon atomları arasında çeşitli sayıda çift bağ içerirler (Ersoy & Bayşu, 1986). Molekül yapısında 18-20 karbon atomu ve 2-4 çift bağ bulunan yağ asitlerine çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), 20'den fazla karbon atomu ve 4'ten fazla çift bağ

bulunan yağ asitlerine ise yüksek oranda doymamış yağ asitleri (HUFA) adı verilmektedir (Sargent, Tocher & Bell, 2002).

Yağ asitleri suda çözünmez, hücre ve dokularda serbest olarak bulunmayıp, diğer lipidlerle kovalent bağlı şekilde bulunurlar. Bu nedenle lipidler, enzimatik ve kimyasal hidroliz ile dokulardan veya bulundukları yerlerden ayrılır. Yağ asitleri vücutta sentezlenip sentezlenememelerine göre de esansiyel (ekzojen) ve esansiyel olmayan (endojen) yağ asitleri olmak üzere iki gruba ayrılır. Esansiyel yağ asitleri, birden fazla çift bağ içeren n-3 ve n-6 yağ asitleridir. Yağ asidi profili, gıdaların besin değerinin ortaya konulması açısından büyük önem taşımaktadır (Sargent, Tocher & Bell, 2002).

Deniz Salyangozlarında Yağ Asidi Profili

Cookia sulcata

Cookie sulcata, Turbinidae familyasına aittir ve Yeni Zelanda'nın her yerinde bol miktarda bulunan bir deniz salyangozu türüdür. Bu salyangozlar, algler ve deniz yosunu ile beslenirler (Mason & ark., 2014).

Mason & ark., (2014), *C. sulcata*'da doymuş yağ asitleri SFA (%44,4) ve PUFA (%34,3) oranını yüksek, tekli doymamış yağ asitleri MUFA (%12,9) oranını ise düşük olarak tespit etmişlerdir. *C. sulcata*'da tespit edilen başlıca yağ asitleri; palmitik asit (C16:0), stearik asit (C18:0), araşidonik asit (C20:4 n-6) ve dokosapentaenik asit (C22:5 n-3) olup, toplam yağ asitlerinin %60'ından fazlasını oluşturmaktadır. SFA içinde baskın olarak bulunan yağ asitleri,

palmitik asit (C16:0) (küçük ve büyük salyangozlarda sırasıyla, %27,3 ve %22,6) ve stearik asittir (C18:0) (küçük ve büyük salyangozlarda sırasıyla %8,1 ve %9,6). Oleik asit (C18:1), küçük ve büyük salyangozlarda sırasıyla %8,8 ve %8,0 ile en baskın MUFA olmuştur. En baskın PUFA ise, araşidonik asittir (C20:4 n-6) (küçük ve büyük salyangozlarda sırasıyla %11,1 ve %11,7). *C. sulcata*'nın yenilebilir kısmında eşit miktarda n-3 ve n-6 yağ asitleri bulunmuştur. Salyangoz boyutunun palmitik asit (C16:0) ve linolenik asit (C18:3) konsantrasyonları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Mason & ark., 2014).

Turbo militaris*, *Lunella undulata* ve *Lunella torquata

Sarık salyangozları (Turbinidae familyası; *Turbo militaris*, *Lunella undulata* ve *Lunella torquata*), insan tüketimi için avlanan yumuşakçalardır. Sarık salyangozları çoğu kıyı denizinde bol miktarda bulunur (Joll, 1980; Smoothey, 2013; Saito & Aono, 2014). Japonya, Kore ve Çin'de sarık salyangozları gıda olarak oldukça değerlidir (Chen & ark., 2004; Mason & ark., 2014). Yearsley, Ward & Last, (1999) tarafından "insan tüketimi için en iyi gastropodlardan biri" olarak tanımlanmıştır.

Ab Lah & ark., (2017), Avustralya'nın denizel Turbinidae gastropodlarının her üç türünün (*Turbo militaris*, *Lunella undulata* ve *Lunella torquata*) MUFA içeriğinde önemli bir fark olmadığını, toplam yağ asitlerinin ortalama %14'ünün MUFA olduğunu belirlemişlerdir. Ancak SFA'nın *T. militaris*'te (%41); PUFA'nın ise *L. undulata*'da (%46) oldukça yüksek olduğu görülmüştür. n-3/n-6 yağ asitleri oranı, yağlı gıdaların besin değerini ölçmek için iyi bir

gösterge'dir. *T. militaris*'te n-3/n-6 yağ asitleri oranı 1,09, *L. undulata*'da 1,15 ve *L. torquata*'da ise 1,36 olarak bulunmuş olup, bu değerler insan sağlığı açısından uygun düzeydedir. Tüm türlerde SFA içinde baskın olarak bulunan yağ asitleri, palmitik asit (C16:0), lignoserik asit (C24:0) ve stearik asittir (C18:0). Üç salyangoz türünde de en yüksek seviyede bulunan MUFA oleik asittir (C18:1). Dokosapentaenoik asit (C22:5 n-3), araşidonik asit (C20:4 n-6), dokosadienoik asit (C22:2 n-6) ve eikosapentaenoik asit (20:5 n-3) birincil PUFA'lar olarak tanımlanmıştır. Turbinidae türlerinin, sağlıklı bir insan diyetine dâhil edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışma, sarık salyangozlarının uzun zincirli PUFA'nın iyi bir kaynağı olması nedeniyle, sağlıklı bir diyet'e katkıda bulunma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur (Ab Lah & ark., 2017).

Rapana venosa

Önemli bir deniz salyangozu olan *Rapana venosa*, besinsel ve ekonomik açıdan giderek artan bir öneme sahiptir (Luo & ark., 2017). Muricidae familyasına ait olan *R. venosa*, Japonya Denizi'nden Tayvan'a kadar uzanan Kuzeybatı Pasifik'e özgü büyük bir yırtıcı deniz salyangozudur (Chung & ark., 2002). Ekosistem üzerinde olumsuz etki yaratan, özellikle çeşitli midye ve yumuşakça türlerinin azalmasına neden olan bir türdür (Zolotarev, 1996). Protein, aminoasit, sterol ve vitamin açısından zengindir. Lezzetli bir tada sahiptir ve hem gıda hem de ilaç olarak kullanılmaya uygundur. *R. venosa*'nın yumuşak gövdesi, kabuğu ve operkulumu da içeren

farklı vücut parçalarının kullanımı, geleneksel Çin tıbbında uzun bir geçmişe sahiptir (Luo & ark., 2017).

Luo & ark., (2017), *Rapana venosa* türünde yenilebilir dokuların yüksek miktarda n-3 yağ asidi, özellikle de eikosapentaenoik asit (EPA) (C20:5 n-3) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) (C22:6 n-3) içerdiğini ve düşük bir n-6/n-3 yağ asidi oranına sahip olduğunu göstermiştir. *R. venosa*'nın iki farklı vücut kısmındaki (et ve iç organ kütlesi) yağ asitleri içeriğinde behenik asit (C22:0), heptadekenoik asit (C17:1) ve erüsik asit (C22:1 n-9) hariç olmak üzere, önemli farklılıklar ($P < 0,05$) gözlenmiştir. *R. venosa* etinin yağ asidi bileşimi 277,2 g kg⁻¹ SFA, 62,0 g kg⁻¹ MUFA ve 320,0 g kg⁻¹ PUFA iken, iç organ kütlesinin yağ asidi bileşimi 262,7 g kg⁻¹ SFA, 160,1 g kg⁻¹ MUFA ve 292,8 g kg⁻¹ PUFA olarak belirlenmiştir. SFA'lar arasında, et ve iç organ kütlesinin lipid özütünde en bol bulunan yağ asidi palmitik asit (C16:0) olmuştur (sırasıyla 155,6 ve 177,7 g kg⁻¹). *R. venosa* etinde ve iç organ kütlesinde n-3 PUFA içeriği sırasıyla 202,9 ve 235,7 g kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. *R. venosa* etindeki EPA ve DHA konsantrasyonları sırasıyla 68,7 ve 55,8 g kg⁻¹ iken; bu değerler iç organ kütlesinde (sırasıyla 100,1 ve 77,8 g kg⁻¹) daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca, n-6/n-3 yağ asidi oranı et ve iç organ kütlesinde sırasıyla 0,57 ve 0,22'dir (Luo vd., 2017). Düşük n-6/n-3 yağ asidi oranı, kardiyovasküler hastalıkları ve osteoartrit önlemeye yardımcı olmak için önemlidir (Yu vd., 2015; Yang vd., 2016). n-6/n-3 yağ asitlerinin yüksek oranda olduğu bir diyet, erkeklerde genel prostat kanseri riskini arttırabilir (Williams vd., 2011). Bu nedenle, et ve iç organ kütlesini de içeren *Rapana venosa*'nın iyi dengelenmiş bir n-6/n-3 yağ asidi oranına sahip olduğu görülmektedir (Luo & ark., 2017).

Hexaplex trunculus

Deniz salyangozu olan *Hexaplex trunculus* Kuzey Afrika'da, özellikle Akdeniz ülkelerinde yaygın olarak tüketilen, besinsel, ticari ve ekonomik açıdan giderek önem kazanan bir türdür. *H. trunculus*, Muricidae familyasından deniz gastropod yumuşakçalarından orta büyüklükte bir deniz salyangozu türüdür. *H. trunculus*, insan tüketimi için kullanılır (Zarai & ark., 2011).

Zarai vd. (2011), *Hexaplex trunculus* etinin yağ asidi bileşimini %33,44 SFA, %9,84 MUFA ve %58,37 PUFA olarak belirlemişlerdir. Yağ asidi profilleri, PUFA içeriğinin SFA içeriğinden daha yüksek olduğunu göstermiştir. SFA olarak, palmitik asit (C16:0) (%6,21) ve stearik asit (C18:0) (%6,01) ile ön plandadır. MUFA içerisinde, en büyük bileşen %3,08 ile oleik asittir (C18:1). Araşidonik asit (C20:4 n-6) (%11,59) ise en baskın PUFA olmuştur. Salyangoz etinin EPA (C20:5 n-3) (%7,76) ve DHA (C22:6 n-3) (%8,84) içerikleri önemli düzeydedir (Zarai & ark., 2011).

Hemifusus ternatanus

Hemifusus ternatanus, Çin'in doğu ve güney kıyılarından Japonya'ya kadar olan bölgede yaşayan, kabuğunun uzunluğu 40 cm'ye kadar ulaşabilen yırtıcı bir deniz salyangozudur (Phillips & Depledge, 1986). Bu deniz salyangozları, marketlerde lüks gıda maddesi olarak satılmaktadır (Xu, Wang & Zang, 2006).

Tang & ark., (2016), *Hemifusus ternatanus* türünde kültür ve doğal gruplar arasındaki SFA, MUFA ve PUFA içeriklerinde önemli

bir fark gözlememişlerdir. Her iki grupta da stearik asit (C18:0) ve araşidonik asit (C20:4 n-6) yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Kültürde yetiştirilen *H. ternatanus*, doğal olanlara kıyasla önemli ölçüde daha yüksek seviyelerde oleik asit (C18:1 n-9c) ve dokosapentaenoik asit (C22:5 n-3) içermiştir. Her iki deniz salyangozu grubunda da en bol bulunan doymuş yağ asidi stearik asit (C18:0) olmuştur. Hem kültür hem de doğal gruplarda belirlenen en yüksek MUFA, oleik asit (C18:1 n-9)'tir. Her iki gruptaki yüksek PUFA, EPA ve DHA seviyeleri, deniz salyangozunun esansiyel yağ asitlerinin bir diyet kaynağı olduğunu vurgulamaktadır (Tang & ark., 2016).

Sonuç

Salyangozların besin özelliklerinin, canlı organizmalar üzerinde yapılan çalışmalarla araştırılması, gelecekte sürdürülebilir salyangoz sektörünün geliştirilmesinde merkezi bir rol oynayabilir. Salyangoz gibi yeterince değerlendirilmeyen deniz kaynaklarının, insan ve hayvanlar için gıda olarak kullanımı konusunda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (Mason & ark., 2014).

Yağ asitlerinin dağılımını etkileyen en önemli faktörler; besin ve sıcaklıktır. Özellikle organizmanın yağ asidi profili, organizmanın fizyolojik ve metabolik ihtiyaçları ile aldığı besinin içeriğinden etkilenir (Özçiçek, Kutluyer Kocabaş & Kocabaş, 2022). Farklı deniz salyangozu türlerindeki yağ asidi profili hakkında daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

Kaynakça

Ab Lah, R., Smith, J., Savins, D., Dowell, A., Bucher, D. & Benkendorff, K. (2017). Investigation of nutritional properties of three species of marine turban snails for human consumption. *Food Sci. Nutr.*, 5 (1), 14–30. doi: 10.1002/fsn3.360

Brazao, S., Morais, S., Boaventura, D., Re, P., Narciso, L. & Hawkins, S. J. (2003). Spatial and temporal variation of the fatty acid composition of *Patella* spp. (Gastropoda: Prosobranchia) soft bodies and gonads. *Comp. Biochem. Physiol. Part B*, 136, 425–441.

Bromage, R. N. & Roberts, J. R. (1995). *Broodstock management and egg larval quality*. Cambridge: Blackwell Science Ltd.

Cao, Y. & Li, D. (2013). Impact of increased demand for animal protein products in Asian countries: implications on global food security. *Animal Frontiers*, 3 (3), 48–55. <https://doi.org/10.2527/af.2013-0024>

Chen, M. H., Chiu, Y. W., Alf, A., Soong, K. & Li, J. J. (2004). Species and abundance of the edible turban snails *Turbo* spp. in intertidal areas of Hengchun Peninsula, southern Taiwan. *Journal of National Parks*, 14 (1), 1–9.

Chung, E. Y., Kim, S. Y., Park, K. H. & Park, G. M. (2002). Sexual maturation, spawning and deposition of the egg capsules of the female purple shell, *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae). *Malacologia*, 44 (2), 241–257.

Cooper, J. E. & Knowler, C. (1991). Snails and snail farming: an introduction for the veterinary profession. *Veterinary Record*, 129 (25-26), 541–549.

Çağiltay, F., Erkan, N., Tosun, D. & Selçuk, A. (2011). Amino acid, fatty acid, vitamin and mineral contents of the edible garden snail (*Helix aspersa*). *Journal of Fisheries Sciences. com*, 5 (4), 354-363.

Ekman, S. (1953). *Zoogeography of the Sea*. London: Plenum Press.

Ersoy, E. & Bayşu, N. (1986). *Biyokimya*. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.

Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization (2010). *Report on the Joint FAO/WHO Expert Consultations on the Risks and Benefits of Fish Consumption*. FAO Fisheries and Aquaculture, Report No. 978.

Foster, G. G. & Hodgson, A. N. (1998). Consumption and apparent dry matter digestibility of six intertidal macroalgae by *Turbo sarmaticus* (Mollusca: Vetigastropoda: Turbinidae). *Aquaculture*, 167, 211–227.

Gözükara, E. M. (2011). *Biyokimya*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti.

Gupta, A. & Khanal, P. (2024). The potential of snails as a source of food and feed. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101330. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101330>

Hargreaves, S. M., Raposo, A., Saraiva, A. & Zandonadi, R. P. (2021). Vegetarian diet: an overview through the perspective of

quality of life domains. *Int. J. Environ. Res. Public. Health*, 18 (8) 4067. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084067>.

Hickman, C., Roberts, L. S., Keen, S., Larson, A., L'Anson, H. & Eisenhour, D. J. (2008). *Integrated Principles of Zoology*, 14th ed. New York: Mcgraw-Hill College.

Hickman, C., Roberts, L. S., Keen, S., Larson, A. & Eisenhour, D. (2014). *Animal Diversity*, 7th ed. New York: Mcgraw-Hill College.

Hosomi, R., Yoshida, M. & Fukunaga, K. (2012). Seafood Consumption and component for health. *Global Journal of Health Science*, 4 (3), 72-86.

IFarm, (2012). *Beef Updates/US droughts will impact beef industry*. *Rural News*. (16/02/2014 tarihinde <http://www.ruralnewsgroup.co.nz/rural-news/read-the-latest-market-data/beef-updates-%7C-us-droughts-will-impactbeef-industry> adresinden ulaşılmıştır).

Joll, L. M. (1980). Reproductive biology of two species of Turbinidae (Mollusca: Gastropoda). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 31 (3), 319–336.

Knudsen, S., Zengin, M. & Koçak, M. H. (2010). Identifying drivers for fishing pressure. A multidisciplinary study of trawl and sea snail fisheries in Samsun, Black Sea coast of Turkey. *Ocean and Coastal Management*, 53 (5-6), 252–269.

Luo, F., Xing, R., Wang, X., Peng, Q. & Li, P. (2017). Proximate composition, amino acid and fatty acid profiles of marine

snail *Rapana venosa* meat, visceral mass and operculum. *J. Sci. Food Agric.*, 97 (15), 5361–5368. doi: 10.1002/jsfa.8425

Maday, J. (2013). *Cattle report shows effects of drought, high production costs. Drovers CattleNetwork*. (16/02/2014 tarihinde <http://www.cattlenet-work.com/cattle-news/Cattle-report-shows-effects-of-drought-high-production-costs-189436961.html> adresinden ulaşılmıştır).

Mahaffey, K. R. (2004). Fish and shellfish as dietary sources of methylmercury and the omega-3 fatty acids, eicosahexaenoic acid and docosahexaenoic acid: risks and benefits. *Environ. Res.*, 95 (3), 414–428.

Mahaffey, K. R., Clickner, R. P. & Jeffries, R. A. (2008). Methylmercury and omega-3 fatty acids: Co-occurrence of dietary sources with emphasis on fish and shellfish. *Environ. Res.*, 107 (1), 20–29.

Mason, S.L., Shi, J., Bekhit, A. E. D. & Gooneratne, R. (2014). Nutritional and toxicological studies of New Zealand *Cookia sulcata*. *J. Food Compos. Anal.*, 36 (1-2), 79–84. doi: 10.1016/j.jfca.2014.08.002 .

Milinsk, M.C., das Gracas Padre, R., Hayashi, C., de Souza, N.E. & Matsushita, M. (2003). Influence of diets enriched with different vegetable oils on the fatty acid profiles of snail *Helix aspersa maxima*. *Food Chemistry*, 82 (4), 553–558. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00010-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00010-4)

Mooney, B. D., Nichols, P. D. & Elliot, N. G. (2002). *Seafood the Good Food II: Oil profiles for further Australian seafoods and*

influencing factors. Hobart: CSIRO Division of Marine Research and Deakin, A.C.T.: Fisheries Research & Development Corporation (FRDC), Australia.

Nichols, P. D., Virtue, P., Mooney, B. D., Elliot, N. G. & Yearsley, G. K. (1998). *Seafood the good food: the oil (fat) content and composition of Australian commercial fishes, shellfishes and crustaceans*. Hobart: CSIRO Division of Marine Research and Deakin, A.C.T.: Fisheries Research & Development Corporation (FRDC), Australia.

Okumuş, I. (2000). Kültür balıklarında kalite ve ‘doğal balık kültür balığı’ tartışması. *Fishery and Fish Product Symposium*, 28-30 June 2000, Erzurum.

 z  ek, E., Kutluyar Kocabaş, F. & Kocabaş, M. (2022). Fatty acid profile in freshwater snails. *Selçuk 7. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi*, 10-11 Aralık 2022, Konya.

 zden,  . & Erkan, N. (2011). A preliminary study of amino acids and mineral profiles of important and estimable 21 seafood species. *British Food Journal*, 113 (4), 457–469. <http://dx.doi.org/10.1108/0007070111123943>

Periyasamy, N., Srinivasan, M., Devanathan, K. & Balakrishnan, S. (2011). Nutritional value of gastropod, *Babylonia spirata* (Linnaeus, 1858) from Thazhanguda, Southeast Coast of India. *Asian Pacific J. Trop. Biomed.*, S249-S252. [http://dx.doi.org/10.1016/S2221-1691\(11\)60164-0](http://dx.doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60164-0)

Phillips, D. J. H. & Depledge, M. H. (1986). Chemical forms of arsenic in marine organisms, with emphasis on *Hemifusus*

species. *Water Sci. Technol.*, 18 (4–5), 213–222.
<https://doi.org/10.2166/wst.1986.0197>

Ponder W. & Lindberg, D. R. (2008). Phylogeny and evolution of the mollusca. Los Angeles, California: University of California Press.

Qunfang, Z., Guibin, J., Zhongyang, L., Lina, L., Chungang Y. & Yongning, W. (2004). Survey of butyltin compounds in 12 types of foods collected in China. *Food Additives & Contaminants*, 21 (12), 1162–1167. <https://doi.org/10.1080/02652030400019364>

Sağlık, S. (1994). *Bazı balık, midye ve karides türlerinin yağ asidi kompozisyonları ve kolesterol içeriklerinin gaz kromatografik incelenmesi*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Anabilim Dalı, İstanbul.

Saito, H. & Aono, H. (2014). Characteristics of lipid and fatty acid of marine gastropod *Turbo cornutus*: High levels of arachidonic and n-3 docosapentaenoic acid. *Food Chemistry*, 145, 135–144. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.011>

Sargent, J. R., Henderson, R. J. & Tocher, D. R. (1989). The Lipids, *Fish Nutrition* (Halver, J.E., ed.) Academic Press, New York, pp. 154–218.

Sargent, J. R., Tocher, D. R. & Bell, J. G. (2002). The Lipids. In: Halver, J.E. and Hardy, R.W. (Eds.), *Fish Nutrition*, 3rd ed., Academic Press, San Diego, pp.182-257.

Simopoulos, A. P. (1991). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *American Society for Clinical Nutrition*, 54 (3), 438–463. doi: 10.1093/ajcn/54.3.438.

Smoothey, A. F. (2013). Habitat-associations of turban snails on intertidal and subtidal rocky reefs. *PLoS ONE* 8 (5), e61257. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061257>

Swanson, D., Block, R. & Mousa, S. A. (2012). Omega-3 fatty acids EPA and DHA: health benefits throughout life. *Advances in Nutrition*, 3 (1), 1–7.

Tang, B. J., Wei, W., Huang, Y., Zou, X. & Yue, Y. (2016). Growth performance and nutritional composition of *Hemifusus ternatanus* under artificial culturing conditions. *Aquaculture*, 459, 186–190. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.03.051>

UN, (2023). *Global issues: population*. (14 June 2023 tarihinde <https://www.un.org/en/global-issues/population> adresinden ulaşılmıştır).

UNEP, (2021). *Rethinking food systems, UNEP*. (14 June 2023 tarihinde <http://www.unep.org/news-and-stories/story/rethinking-food-systems> adresinden ulaşılmıştır).

USDA, (2013). *Economic Research Service*. (16/02/2014 tarihinde <http://www.ers.usda.gov/topics/in-the-news/us-drought-2012-farm-and-food-impacts.aspx> adresinden ulaşılmıştır).

Williams, C. D., Whitley, B. M., Hoyo, C., Grant, D. J., Iraggi, J. D., Newman, K. A., Gerber, L., Taylor, L. A., McKeever, M. G. & Freedland, S. J. (2011). A high ratio of dietary n-6/n-3 polyunsaturated fatty acids is associated with increased risk of prostate cancer. *Nutr Res*, 31, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2011.01.002>

Xu, Z. C., Wang, C. S. & Zang, Y. S. (2006). Breeding ecological conditions and propagation habit of *Hemifusus ternatanus*. *J. Fish. China*, 30 (6), 848–851. (in Chinese with English abstract).

Yang, L. G., Song, Z. X., Yin, H., Wang, Y. Y., Shu, G. F., Lu, H. X., Wang, S. K. & Sun, G. J. (2016). Low n-6/n-3 PUFA ratio improves lipid metabolism, inflammation, oxidative stress and endothelial function in rats using plant oils as n-3 fatty acid source. *Lipids*, 51 (1), 49–59. <https://doi.org/10.1007/s11745-015-4091-z>

Yearsley, G. K., Ward, R. D. & Last, P. R. (1999). *Australian seafood handbook: an identification guide to domestic species*. Australia: CSIRO Marine Research.

Yu, H., Li, Y., Ma, L., Meng, H., Bai, X., Fan, Z., Yu, F. & Guo, A. (2015). A low ratio of n-6/n-3 polyunsaturated fatty acids suppresses matrix metalloproteinase 13 expression and reduces adjuvant-induced arthritis in rats. *Nutr Res.*, 35 (12), 1113–1121. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2015.09.019>

Zarai, Z., Frikha, F., Balti, R., Miled, N., Gargouri, Y. & Mejdoub, H. (2011). Nutrient composition of the marine snail (*Hexaplex trunculus*) from the Tunisian Mediterranean coasts. *J Sci Food Agric.*, 91, 1265–1270. DOI 10.1002/jsfa.4309

Zolotarev, V. (1996). The Black Sea ecosystem changes related to the introduction of new mollusc species. *Marine Ecology*, 17, 227–236. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1996.tb00504.x>

BÖLÜM VI

Balıklarda Yağ Asitlerinin Önemi

Nermin KARATON KUZGUN¹

1. Giriş

Yağlar canlı organizmanın en önemli enerji kaynağıdır ve yağ asitleri de yağların yapıtaşdır. Yağ asitleri organizmanın hücresinde yapı elemanı olarak ya bileşik yağlarla ya da serbest hali ile bulunurlar. Yağların kimyasal yapısında C, H, O elementleri bulunmaktadır. Ancak bu elementler miktar bakımından farklılık gösterebilmektedir. Lipidlerin duysal fonksiyonel ve fiziksel özellikleri insan sağlığını etkileyen kimyasal yapılarıyla alakalıdır. Lipitlere değişen farklı özellikler kazandıran trigliseridler, içerdikleri yağ asidi miktarları ve kimyasal yapısıdır (Demirci, 2016). Bitkiler ve hayvanlardan 200'den fazla yağ asidi eldesi yapılmıştır. Yağ asitlerinde genel anlamda kimyasal yapıda; bir uça

¹ Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi 0000-0002-9430-1802

metil grubu sonra uzun hidrokarbon zinciri ve diğer uçta karboksil grubu bulunmuştur. Buradaki karboksil grubu hidrofilik, metil grubu ise hidrofobiktir. Genel formülü $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_n\text{-COO}^-(\text{H})^-$ 'dır. Karbon atom uzunluğuna göre yağ asitleri 2-4 C'lu olanlar kısa zincirli, 6-10 C'lu olanlar orta zincirli ve 12-22 C'lu olanlar ise uzun zincirli olarak adlandırılırlar. Yağ asitlerinde karbon zincir uzunluğu beslenme de önem arz eder. Doğal olarak oluşan yemeklik yağlarda genelde çift karbon atomu ve bir karboksil grubu içeren yağ asitleri bulunmaktadır (Demirci, 2016; Aksoy, 2020). Doymamış (Alken) ve doymuş (Alkan) alifatik yapıda düz zinciri olan monokarboksilik asitlerdir ve çoğunlukla da 16-18 C atomu içerirler. Yağ asitleri, iki karbon ünitesi ile sentez edilmekte ve içerdiği C sayıları 2-26 arasında değişim gösterebilmektedir. Tek sayılı C atomu bulunduran yağ asitleri için örnek verecek olursak margarik asit (C17:0) ve margoleik asitleri sayabiliriz. Organik asit grubunda bulunan alifatik karboksili asitlerin, hemen hemen hepsi gliserin ile esterleşmiş durumda lipidlerde bulunduğundan dolayı yağ asidi adını alır. Yunanca'da aleiphatos denen, alifatik terimi, aromatik olmayan, açık zincirli anlamına gelmektedir. Açık zincire sahip bileşiklerin hepsi ilk kez yağ asitlerinden elde edilmiştir (Demirci, 2016).

Yağ asiti molekülü içerisinde;

- C sayısı altıdan az ise kısa zincirli (Bütirik asit),
- C sayısı 6-10 ise orta zincirli (Kaprik asit, Kaprilik asit, Kaproik asit),

- C sayısı 12 den fazla ise uzun zincirli (Linoleik asit stearik asit, palmitik asit, miristik asit) yağ asidi olarak gruplandırılır.

Yağ asidi moleküllerinin akil gruplarının doymamış yada doymuş yapıda olmalarına, dallanmış, halka içermeleri veya düz zincirli olmaları konfigürasyonlarına, molekül ağırlıklarına vb. özelliklerine göre biyokimyasal, fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirebilmektedir.

1.1. Doymuş yağ asitleri

Doymuş yağ asitlerinde genel formülü $C_nH_{2n}O_2$ olarak gösterilir. Kimyada alkan grubundandır. Yağ asidinde zincir başında metil (CH_3) ve sonunda ise karboksil ($COOH$) grubu mevcuttur. Genellikle zincirlerinde çift karbon atomu bulunan ve bu duruma homolog seri adı verilen yağ asitleridir. Bütün C atomları birbirlerine tek bağ ile bağlanmıştır ve donma-kaynama noktaları C sayısı arttıkça artarken, buhar basıncı ise bir azalış gösterir. Oksidatif bozulmalara karşı oldukça dayanıklıdır. C sayıları arttıkça erime noktaları da artar. C sayısı 4-8 arasında olan doymuş yağ asitleri oda sıcaklığında sıvı halde olurlar. 10 ve daha fazla C' lu yağ asitleri katı haldedir. Doymuş yağ asitleri suda çözünürlüklerinde molekül ağırlığı arttıkça çözünme azalır. Asetik ve Bütirik asit su ile her oranda karışabilir. Kaproik, kaprilik ve kaprik asitler suda çok az çözünür. Laurik ve daha fazla C atomu içeren yağ asitleri suda çözünmez (Başoğlu, 2018). Doymuş yağ asitlerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- Kaprilik asit
 - Bütirik asit
 - Asetik asit
 - Kaproik asit
 - Kaprik asit
 - Miristik asit
 - Laurik asit
 - Palmitik asit
 - Araşidik asit
 - Stearik asit
 - Lignoserik asit
 - Behenik asit
- (Demirci, 2016)

1.2.Doymamış yağ asitleri

C zincirinde farklı C atomları arasında bir yada daha fazla çift bağ bulunduran yağ asitleri, doymamış yağ asitleri diye adlandırılır ve doymamış yağ asitleri kimyasal olarak alkenler grubuna sayılır. Doymamış yağ asitleri bulundurdıkları çift bağ yapısına göre aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir;

- Monoen: 1 çift bağ bulunduran moleküller.
 - Dien: 2 çift bağ bulunduran moleküller.
 - Trien: 3 çift yağ bulunduran moleküller.
 - Polien: 3'ten daha çok çift yağ bulunduran moleküller
- (Başoğlu, 2018).

Doymamış yağ asitlerinin zincirinde çift sayıda C atomu mevcuttur. C atomları arasında homolog sıra takip eder ve aynı sayıda C atomu bulunduran doymuş yağ asitlerine oranla çok daha düşük derecelerde ergime yapar. Bu sebeple yapısında yer aldıkları

lipidlere sıvı olma özelliği kazandırır. Benzer zincir uzunluğuna sahip fakat çift bağlarının yerinin değişik olması sonucuyla yerel izomerler oluşur (Oleik asitte olduğu gibi). Polien ve dien yağ asitlerinde çift bağlar tek ve çift sıra ile ($R-C=C-C=-R$) takip ediyorsa bu yapıya konjüge yapı, fakat çift bağlar rastgele ($R-C=C-C-C-C=C-R$) sıralanmışsa buna izolen yapı adı verilir. Bir yağ asidinde konjuge yapı yer alıyorsa komformor özellik ortaya çıkar ve belli dalga boyundaki ışınları absorbe eder. Konjuge bir yapısı olan yağ asitleri havadan aldığı oksijen ile bir film tabakası oluşturduğundan yapısında bulunan yağlarda kuruma olmaktadır ve bu olay ile daha çabuk katılaşma olmasına sebep olur. Doymamış yağ asitlerinde mevcut olan çift bağlar iyot katılımı reaksiyonu verdiğinden dolayı her yağ asidi ve yağ için birer sabit iyot sayısı mevcuttur. 100 g yağı yada asidin bağladığı iyot miktarı mg olarak ifade edildiğin de iyot sayısı adı verilir (Başoğlu, 2018). Doymamış yağ asitleri kendi içerisinde ise; MUFA (monounsaturated-tekli doymamış) ve PUFA (polyunsaturated-çoklu doymamış yağ asitleri) olarak ikiye ayrılır ve çift bağın pozisyonu ile özellikler ede metilenle bağlantılı tek bağın pozisyonu farklılık gösterebilmektedir. Bu yüzden, örneğin n-3 ve n-6 yani ikiden fazla çift bağ içerenler ailesi, ilk çift bağ üçüncüde ise n-3 ve altıncı karbon atomunda ise metilen grubunda bağlanmasıyla da n-6 oluşur. 20'den daha fazla C atomu, ek olarak üçten fazla çift bağ içeren çoklu doymamış yağ asitleride HUFA (Highly Unsaturated Fatty Acids) olarak isimlendirilir (Sargent ve ark, 2002). Doymamış yağ asitlerini şu şekilde sıralayabiliriz;

Bir çift bağ içerenler

- Palmitoleik asit
- Oleik asit
- Elaidik asit
- Erüsik asit

Birden fazla çift bağ

içerenler

- Linoleik asit
- Linolenik asit
- Araşidonik asit
- Timnodonik asit
- Klupanodonik asit
- Nisinik asit

Bazı yağ asitleri hayvansal yapılarda sentezlenemez ve hayvansal yapılar metil grubundan itibaren 3. ve 6. C atomu pozisyonlarında çift bağ oluşturamaz ve bu sebeple bitkisel kaynaklardan alınması gerekli olan araşidonik, linoleik ve linolenik gibi asitlere Esansiyel yağ asitleri denir (Başoğlu, 2018). Bu saydığımız yağ asitleri klasik verilerde esansiyel sayılmaktaydı. Günümüzde yapılan çalışmalarda; yağ asitlerinin kimyasal yapılarındaki metil grubu sonrasındaki ilk çift bağa kadar olan yapıda sentezlenemediği ancak karbon zincirinin uzatılabileceği belirlenmiştir. C zincirindeki karboksil grubunu izleyen 2. karbon α , 3. karbon β , 4. karbon χ olarak adlandırılmaktadır. En uçtaki metil grubundaki C ise yağ asidindeki C sayısı dikkate alınmadan ω veya n olarak adlandırılır. ω veya n C atomundan yani zincir sonndan başlayarak da sayılmaktadır. Buna göre linoleik asit ve ω -6, linolenik asit ω -3 ve oleik asit ω -9 yağ asitleri yapılarını belirterek gösterilmektedir (Aksoy, 2020).

2. Balıklarda yağlar ve yağ asitleri

Balıklarda yenilebilir dokuda yağ oranı %0,5 -%25 arasında değişebilmektedir. Balıklar içerdikleri yağ oranına göre;

- %2' den daha düşük olursa YAĞSIZ,
- %2 -%4 olursa AZ YAĞLI,
- %4-% 8 olursar YAĞLI
- %8' in üzerinde olursa ÇOK YAĞLI olarak 4 gruba

ayrılabilir (Stansby, 1982; Ackman, 1989).

Balığın vücudunda farklı bölgelerde yağ miktarı homojen bir dağılıma sahip değildir. Balıklarda yağlar ve özellikle de deri altında, kas içinde, karaciğerde ve karın bölgesinde depo edilmektedir (Gülyavuz vd., 1999). Yağlı balıkların, yağ kas fibrilleri içerisinde kürecikler olarak depolanır ve özellikle de karın alt kısımları, kırmızı kaslarda ve yüzgeçler yağ oranı yüksektir (Varlık vd., 2004). Beyaz kas yapısına sahip olan yağsız balıklarda genelde mevsimsel değişimler ile etkilenme ile yağlı bir karaciğere oluşur (Ackman, 1989). Karın kısmı bilindiği gibi pek çok balık türünde vücut kısımları içerisinde en yağlı kısımdır. Ek olarak, derinin altında bulunan yağ oranı da azımsanmayacak düzeye sahiptir (Meriç ve Demir, 2011). Genellikle kas yapısında yağ oranı düşük olan mürekkep balığı ve köpekbalığı gibi türlerin yağları karaciğerde depolanmıştır (Gülyavuz vd., 1999).

Omega-3 yağ asitleri bakımından zengin olan balıklarda özellikle α -linolenik asite (ALA), EPA ve DHA kardiyovasküler

hastalıklara karşı koruyucu etkisi daha yüksek olduğu pek çok çalışmada belirlenmiştir (Jung ve ark., 2008; DeFilippis ve ark., 2010). Bu yüzden Eikosapentaenoik asit (EPA) ve DHA (Dokosaheksaenoik Asit) yönünden zengin balıkların tüketimi önem arz etmektedir ve Kardiyovasküler sistemin korunabilmesi için günlük 25-57 g omega-3 bakımından zengin balıkların tüketilmesi kabul görmüştür (Psota ve ark., 2006).

2.1.Yağların Dağılımını Etkileyen Faktörler

Balıklarda yağ miktarı ve dağılımı balığın türüne göre büyük farklılık gösterir ve aynı türde kendi içerisinde cinsiyete, mevsimlere ve yaşa bağlı olarak da önemli farklılıklar gösterebilmektedir (Ackman, 1989).

2.1.1. Mevsimler ve üreme göçleri

Üreme göçü yapan balıklarda yağ oranı mevsimlere bağlı olarak değişebilmektedir. Çapa, sardalya ve uskumru balıklarının mevsimsel yağ değişimi çok geniş sınırlar içinde olabilmektedir. *Salmonidae*, *Cyprinidae* ve yayın balığı ailesine mensup bazı balıkların üreme mevsiminde nehirlerin üst bölgelerine göç etmektedirler. Bu göç esnasında su akış yönünün aksine hareket ettiklerinde, yüksek miktarda enerji harcar ve bu durumda etindeki yağ oranı gittikçe azalır. Üreme için göç yapan katadrom ve anadrom balıklar için se göç öncesinde çok yüksek olan yağ oranı göç esnasında büyük oranda azalma gösterir (Göğüş ve Kolsarıcı, 1992).

2.1.2. Yaş ve cinsiyet

Genç ve yavru balıkların yağ miktarı düşüktür ve balığın yaşı ilerledikçe yağ oranında bir artış olmaktadır. Dişi balıklar, yumurtlama öncesinde yağ miktarları yüksektir fakat, yumurtlama esnasında gerekli enerji vücuttaki yağlardan sağlandığı için yağlarda büyük bir yıkım meydana gelir (Göğüş ve Kolsarıcı, 1992).

3. Yağ asitleri ile ilgili yapılan çalışmalar

Yapılan bir çalışmada, *A. Boyeri* örneklerinde en büyük miktarlarda bulunan yağ asitleri palmitik asit ($27,1 \pm 3,2$ mg/100 g), oleik asit ($4,6 \pm 0,3$ mg/100 g) ve dokosaheksaenoik asit ($24,8 \pm 3,9$ mg/100 n g) olmuştur (Tanakol ve ark., 1999).

Haliloğlu ve ark. (2004), *Onchorhynchus* 'larda tatlısu ve deniz formlarının farklı dokularındaki yağ asitleri karşılaştırdığı çoğu çalışmada balıkların aynı diyetle beslenmesine rağmen su tuzluluğu ile yağ asitlerinin etkilendiği belirlenmiştir. Denizel ortamlarda alfa-linolenik asit, Eikosapentaenoik asit ve Docosaheksaenoik asit dominanttır.

Karnivor balıklar ve omurgasızlarda mevcut yağ asitlerinden DHA ve genellikle EPA'dan daha fazla mevcuttur ve tatlı sulardaki besinler dolayısıyla da dokosaheksaenoik asit (C22:6n-3, DHA), eikosapentaenoik asit (C20:5n-3, EPA) ve Linolenik asit (18:3n-3) daha fazla mevcut olur. Tatlı sulardaki balıklar böcekleri tükettikleri için yüksek oranlarda araşidonik asit içerebilirler (Kolakowska ve ark., 2003; Sikorski, 1990; Okumuş, 2000; Mısıır, 2014).

Diyet ile alınan balıktaki PUFA ve omega-3 'ler sayesinde özellikle kalp krizi arasında zıt bir ilişki olduğunu belirlemişler ve kardiyovasküler rahatsızlıklar üzerinde balığın koruyucu etkisinde olduğunu yapılan araştırmalar ile ortaya konulmuştur(Yamagishi ve ark., 2008; Hu ve ark., 2011).

Moralez da Silva ve ark., (2008) Parkinsona yakalanan hastalarında balık yağı halinde omega-3 alınmasının antidepresan etkisi yaptığı ve diğer bazı ilaçlar ile beraber tedavi olarak kullanılabilirliğini ortaya koymuştur.

İzci ve ark., (2011) yapmış oldukları çalışmalarında balık kraker örneklerinde yağ asitleri üretim aşamalarında incelemişlerdir. Bu araştırmaya göre ayçiçeği yağında ön kızartmanın oleik asit ve linoleik asit hariç tüm yağ asitlerinde azalmaya yol açtığını bulmuşlardır.

Neiva ark., (2011) iki düşük değerli balık türünün eşit oranlarını kullanarak kıyılmış balık üretmişlerdir. Kızarmış krakerlerdeki n-6 yağ asidi miktarını, mikrodalgada pişirilen krakerlerdeki n-6 yağ asidi seviyesinden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Gómez Candela ve ark., (2011), yapmış oldukları çalışmalarında Omega-6/omega-3 oranının düşük tutmanın gerekli olduğunu vurgulayıp bazı yazarlara göre bu oranın 1:1 veya 2:1 olması gerektiği vurgulanmıştır.

Karaton Kuzgun (2019); yapmış olduğu çalışmasında *Luciobarbus esocinus* filetosunun yağ asitlerini incelemiştir. Filetoda başlıca palmitik ($21,58 \pm 1,48$ mg/100 g), stearik ($3,79 \pm 0,13$

mg/100 g), oleik ($23,87 \pm 0,86$ mg/100 g), linoleik ($5,32 \pm 0,26$ mg/100 g) ve linolenik ($5,23 \pm 0,63$ mg/100 g) yağ asitlerini belirlemiştir.

4. Sonuç

Balıkların içerdiği zengin besinsel oranların insan beslenmesin bakımından önemli bir değere sahip olmasını sağlamaktadır. Özellikle balıklarda ve su ürünlerinde bulunan çoklu doymamış yağ asitleri ile öncelikle depresyon, kalp damar rahatsızlıkları ve tansiyon gibi pek çok hastalıktan korunmak için insan beslenmesinde bulunması zorunlu olmuştur. Bu açıdan, balıklarda bulunan yağların yapısal özellikleri, hangi balıkta ne oranda yağ asitlerinin bulunduğu bu yağ asitlerinin ne anlama geldiğinin bilinmesi amaçlanarak bu derleme bir sonraki çalışmalara ışık tutmak amacıyla yapılmıştır.

Kaynaklar

Ackman, R. G. (1989). Nutritional Composition of Fats in Seafoods. Progress in Food and Nutrition Science, 13; 161–241

Aksoy, M., (2020). Beslenme biyokimyası, Ankara Nobel tıp kitapevi, 593s.

Başoğlu, F., (2018). Yemeklik yağ teknolojisi, Dora basım, 358s.

DeFilippis AP, Blaha MJ, Jacobson TA, (2010). Omega-3 fatty acids for cardiovascular disease prevention. Current Treatment Options in Cardiovascular Medicine, 12(4): 365-380.

Demirci M., (2016). Gıda kimyası, Gıda teknolojisi derneği yayın no:40, 296s.

Gómez Candela, C., Bermejo López, L. M. and Loria Kohen, V. (2011). Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. Nutritional recommendations. Nutrición Hospitalaria, 26(2):323-329.

Göğüş, A. K. ve Kolsarıcı, N. (1992). Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1243, Ders Kitabı: 358; s.260, Ankara.

Gülyavuz, H. ve Ünlüsayın, M. (1999). Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, s.366, Isparta.

Haliloğlu, H.İ., Bayır, A., Sirkecioğlu, N.M. ve Atamanalp, M. (2004). Comparison of fatty acid composition in some tissues of

rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and fresh water, Food Chemistry, 86:55-59.

Hu, F.B., Bronner, L., Willett, W.C., Stampfer, M.J., Rexrode, K.M., Albert, C.M. Hunter, D. And Manson, J.E. (2011). Fish and omega-3 fatty acid intake and risk of coronary heart disease in women. The Journal of the American Medical Association, 287 (14):1815-1821.

İzci. L.. A. Günlü. and Ş. Bilgin (2011). Production of Fish Chips from Sand Smelt (*Atherina boyeri*. RISSO 1810) and Determination of Some Quality Changes. Iranian J. Fish. Sci. 10(2):230 241.

Jung UJ, Torrejon C, Tighe AP, Deckelbaum RJ, (2008). n- 3 Fatty acids and cardiovascular disease: mechanisms underlying beneficial effects. The American Journal of Clinical Nutrition, 87(6): 2003S-2009S.

Karaton Kuzgun, (2019). Physicochemical and sensory evaluation of fish chips made from *Luciobarbus esocinus* (Heckel, 1843), The Journal of Animal & Plant Sciences, 29(3): 842-847

Kolakowaka, A. ve Kolkawski, E. (1990). Lipid. In usefulness of fish to processing. Report CPBR 10-16/1.5.6.45. Szczecin, Poland:CPBR.

Meriç İ., ve Demir N., (2011). Balıklarda Lipidler ve Lipid Oksidasyonu, Ziraat mühendisliği sayı 356. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/946639>

Mısır G.B.,(2014). Balıklarda Lipitler, Yağ asitleri ve Bunların Bazı Önemli Metabolik Fonksiyonları, Yunus Araştırma Bülteni, (1): 51-61.

Moralez da Silva, T., Munhoz, R.P., Alvarez, C., Naliwaiko, K., Kiss, Á., Andreatini, R. And Ferraz, A.C. (2008). Depression in parkinson's disease: A double-blind, randomized, placebocontrolled pilot study of omega-3 fatty-acid supplementation. Journal of Affective Disorders, 111:351-359.

Neiva. C.R.P.. T.M. Machado. R.Y. Tomita. E.F. Furlan. M.J. Lemos Neto. and D.H.M. Bastos (2011). Fish crackers development from minced fish and starch: an innovative approach to a traditional product. Cién. e Tecn. de Alim. 31(4):973-979. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612011000400024>.

Okumuş, İ. (2000). KTÜ. Deniz Bilimleri Fakültesi, Ders notları.

Psota TL, Gebauer SK, Kris-Etherton P, (2006). Dietary omega-3 fatty acid intake and cardiovascular risk. The American Journal of Cardiology 98(4): 3-18.

Sargent, J.R., Toche D.R., Bell, J.G., (2002). The Lipids. pp.182-257. In: Halver, J.E. andHardy, R.W. (Eds.), Fish Nutrition, 3rd ed., Academic Pres., San Diego.

Sikorski, Z.E. (1990). Sea Food: Resources, Nutritional Composition and Preservation, CRC Press, 41-44.

Stansby, M. E. (1982). Properties of Fish Oils and Their Application to Handling of Fish and to Nutritional and Industrial Use. In: Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products, (Ed.

R. E. Martin, G. J. Flick, C. E. Hebard and D. R. Ward), AVI Publ., p. 474. Westport, Connecticut.

Tanakol, R., Yazici, Z., Sener, E. and Sencer, E., (1999). Fatty Acid Composition of 19 Species of Fish from the Black Sea and the Marmara Sea. *Lipids*, 34: 3,291-297.

Varlık, C., Erkan, N., Özden, Ö., Mol, S. and Baygar, T. (2004). Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4465, Su Ürünleri Fakültesi No:7; s.491, İstanbul

Yamagishi, K., Iso, H., Date, C., Fukui, M., Wakai, K., Kikuchi, S., Inaba, Y., Tanabe, N. ve Tamakoshi, A. (2008). Fish, ω -3 polyunsaturated fatty acids, and mortality from cardiovascular diseases in a nation wide community-based cohort of japanese men and women. *Journal of the American College of Cardiology*, 52(12):998-996.

BÖLÜM VII

Ağır Metal Kirliliği*

Özge ZENCİR TANIR¹
Suat ŞENGÜL²

1. GİRİŞ

Ağır metal, son zamanlarda sıkça duyulan bir kavramdır. Çevre kirliliği ve canlılara zarar verme potansiyeli olan metaller veya yarı metaller için kullanılır. Ağır metalin kesin bir tanımı yoktur. Bazıları yoğunluğa, bazıları atom ağırlığına, bazıları kimyasal özelliklere, bazıları da zehirlilik derecesine göre ağır metal sınıflandırması yapar. Genel olarak yoğunluğu 5g/cm³'ten fazla olan metaller ağır metal olarak kabul edilir. Tıp alanında ise ağır metal,

* Bu çalışma Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ikinci yazara ait "Yüksek Lisans Tez'inden üretilmiştir. Çalışma FBA-2023-896 proje numarasıyla Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

¹ Doç. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü,

² Biyoloji Öğretmeni, Mustafa Doğan Anadolu Lisesi, Erzincan/Türkiye, Orcid: 0000-0002-4818-1707, suat.sengul@windowslive.com

atom ağırlığına bakılmaksızın zehirli olan tüm metalleri kapsar. Ağır metal olarak sayılabilecek 60'tan fazla element vardır. Bunlardan en yaygın ve en bilinenleri Hg, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, As, Sn, Pb, Ag ve Se'dir (Özbolat & Tuli, 2016). İnsanlar yaklaşık 5000 yıldır metal ve ağır metalleri çeşitli amaçlarla kullanmaktadır. Bu metallerin ilk kullanım alanları yapı malzemesi, cam ve seramik üretimi ve su borularıdır. Ancak sanayi devrimi ile birlikte bu metallerin kullanımı artmış ve doğal kaynaklara çok miktarda ağır metal karışmasına sebep olmuştur (Yavuz & Sarıgül, 2016).

Sanayi devriminin ardından hızla artan üretim, enerji kaynağı olarak fosil yakıtların yoğun bir şekilde kullanılması nedeniyle çevresel bozulmalara neden olmuştur. Ekonomik büyüme ülkelerin temel amacı olduğundan, başlangıçta çevre sorunlarına yeterince önem verilmemiştir. Ancak 1960'lı yıllardan sonra küresel ısınma ve buna bağlı iklim ve çevre değişiklikleri ciddi bir sorun haline gelmiş ve çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki sorgulanmaya başlanmıştır. Ekonomik büyümenin yol açtığı çevre kirliliği ve sürdürülebilirlik ile ilgili sonuçlar, ülkelerin üretim süreçlerinde daha temiz teknolojilere geçmelerini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda, gelişmiş ülkeler özellikle 1990'lı yıllardan itibaren çevreye duyarlı üretim sistemlerine geçiş yapmış, ancak geliştirmekte olan ülkeler, temiz teknolojilerin yüksek maliyetleri nedeniyle çevresel bozulma pahasına üretimlerini artırmaya devam etmişlerdir. Sanayileşme, teknolojik ilerleme ve nüfus artışı ile ortaya çıkan olumsuz etkiler doğanın ve çevrenin bozulmasına yol açmakta, kirlilik hızla artmaktadır. Hava, toprak ve su gibi doğal kaynaklarımız çeşitli nedenlerle kirlenmekte ve bu kirlenme bitki,

hayvan ve insan sağlığını besin zinciri aracılığıyla olumsuz etkilemektedir (Artan vd., 2015; İbadullayeva vd., 2019).

Bu derleme çalışmasında, ağır metallerin su, balık ve insan üzerinde etkileri ile bu konu üzerinde yapılan çalışmalar verilmiştir.

Su, sadece insanlar için değil, diğer canlılar için de yaşamın temel kaynağı olan çok önemli bir maddedir. Son yıllarda hızla gelişen sanayileşme ve teknoloji ile atıkların çevreye bırakılması, yalnızca toprak ve hava kirliliği değil, aynı zamanda su kirliliği de yaratmaktadır.

Radyoaktif, organik ve inorganik maddelerin su kaynaklarına karışarak su kalitesini bozması, su kirliliği olarak tanımlanabilir. Akarsularımız, göllerimiz ve denizlerimiz, yaşam ve ekonomi açısından önemli, zengin bir ekolojiye sahip su kaynaklarıdır. Ancak son zamanlarda, insanların bilinçli veya bilinçsiz müdahaleleri nedeniyle, bu kaynaklar geri dönüştürülmesi zor veya kalıcı kirliliklerle karşı karşıya kalmaktadır. Sudaki kirlilik, fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirleticilere göre üç grupta incelenir. Kimyasal kirliliğe neden olan kaynaklardan biri de atom numarası 20'den büyük olan ve periyodik tabloda yer alan geçiş elementleri olarak bilinen ağır metallerdir. Bu elementler, çeşitli yollarla akarsu, gl ve denizlere ulaşarak kirlilik oluşturabilir. Sularda kirliliğe neden olan ağır metaller, balıklarda birikerek deniz canlılarında toksik etki yaratabilir. Ağır metallerin çok düşük miktarları bile pek çok canlının sağlıklı büyümesini ve gelişmesini engelleyebilir, ayrıca toksik etki ve birikim oluşturarak besin zincirinin diğer üyelerine taşınabilir. Sulardaki ağır metal miktarları, suyun kullanım alanının yaygınlığına ve çeşitliliğine bağlı olarak önem taşır. Alıcı su

ortamındaki metaller, su ürünleri, bitkiler ve hayvanlar tarafından depo edilir. Bu metallerin insanlara ulaşması, Hg, Cd, Pb ve As gibi birçok akut ve kronik zehirlenme olaylarına neden olabilir. Ayrıca, alıcı sulardaki inorganik kirlilik arttığında, su ürünleri, bitkiler ve balıklar için sulama suyu olarak kullanıldığında çevre, bitkiler ve hayvanlar için zararlı olabilir. Göl ekosistemleri, çeşitli antropojenik etkiler, ötrofikasyona neden olan besinlerin aşırı artması, endüstriyel, tarımsal ve evsel kökenli kirlilik, su toplama alanı ve atmosfer yoluyla göllere ulaşan kirlilikler gibi faktörlerden sürekli etkilenmektedir. Bu nedenlerle, uzun bir süredir ağır metal kirliliği bilimsel ve çevresel anlamda ilgi odağı olmuştur. İnsan faaliyetleri sonucunda, özellikle yüzeysel sularda ağır metal konsantrasyonları giderek artmaktadır. Ağır metaller, su habitatlarında biriken en toksik, kalıcı ve bol miktarda bulunan kirleticilerdendir ve biyolojik birikim ile konsantrasyonları artmaktadır (Çağatay & Aktop, 2020; Alhas, 2007; Oruçoğlu & Bayhan, 2019).

Balıklar, ağır metalleri çevrelerinden solungaçları, besinleri ve derileri aracılığıyla alırlar. Çevreden alınan ağır metaller, taşıyıcı proteinlere bağlanarak kan yoluyla doku ve organlara taşınır ve burada metal tutucu proteinlere bağlanarak yüksek konsantrasyonlara ulaşabilir. Solungaçlar, yüksek depolama potansiyeline sahip olduklarından ağır metal birikiminde kritik bir rol oynar. Balıklar, solunum için sudaki çözünmüş oksijeni solungaçları aracılığıyla vücutlarına alırken, solungaç lamelleri vasıtasıyla sulardaki ağır metaller de vücutlarına girer. Geniş yüzey alanına sahip solungaç lamelleri, solunum suyu ile temas eden ağır metallerin sürekli olarak vücuda alınmasına neden olur. Ayrıca balıklarda en sık görülen zehirlenmeler, ağız yoluyla alınan ağır

metallerden kaynaklanır, bu nedenle sindirim yoluyla emilim oldukça önemlidir. Ağız yoluyla alınan ağır metallerin emilim yeri ince bağırsaklardır. Sindirim yoluyla emilen ağır metaller, kan yoluyla vücuda yayılarak zehirlenmelere neden olur; bu durum, alınan zehirli maddenin miktarına ve türüne bağlıdır. Balıkların derileri de sucul ortamda toksik maddelere maruz kalarak, bu maddelerin deriden emilimini artırır (Dökmeci, 1988; Küçük, 2015; Kaptan, 2014; Kalay & ark., 2004).

İnsanda, ağır metaller, organizmaya ağız, solunum ve deri yoluyla alınabilir. Eser miktarlarda bile alınmaları, metabolizmadan yavaş atıldıkları için zamanla birikerek tehlikeli seviyelere ulaşabilir. Alındıkları yol, birikim yaptıkları dokunun türünü ve toksik etkilerini belirler. Ağır metaller, insan vücuduna besin zinciri, solunum veya deri teması yoluyla geçebilir. Bazı ağır metaller, metabolik faaliyetler için gerekli olsa da yüksek konsantrasyonlarda sağlık üzerinde olumsuz etkiler yaratabilir ve ölümlere neden olabilir. Bu durum, ağır metallerin lipid metabolizmasına veya protein yapılarına bağlanarak vücutta birikmesinden kaynaklanır. (Özbolet & Tuli, 2016; Yerli & ark., 2020). Ağır metallerin insan sağlığına etkileri Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Ağır metallerin insanda etkilediği organ veya sistemler

İnsan	Ağır Metal	Etkilediği Organ ve Sistemler
	Kurşun (Pb)	Sinir, Boşaltım, Dolaşım ve Sindirim Sistemleri, Gelişimsel Organlar

2	Kadmiyum (Cd)	Sinir Sistemi, Boşaltım Sistemi, Üreme Sistemi, Solunum Sistemi
3	Bakır (Cu)	Sindirim Sistemi
4	Krom (Cr)	Bağışıklık Sistemi, Boşaltım Sistemi, Solunum Sistemi
5	Çinko (Zn)	Sindirim Sistemi, Hematolojik Organlar, Solunum Sistemi
6	Kobalt (Co)	Dolaşım ve Solunum Sistemleri, Gelişimsel Organlar, Hematolojik Organlar
7	Manganez (Mn)	Sinir Sistemi
8	Alüminyum (Al)	Gelişimsel Organlar, Sinir Sistemi, Deri, Sindirim Sistemi, Karaciğer
9	Arsenik (As)	Karaciğer, Sinir Sistemi, Solunum Sistemi
10	Civa (Hg)	Sinir Sistemi, Boşaltım Sistemi

2. AĞIR METALLER

Kurşun (Pb), doğada organik ve inorganik formlarda bulunan, ekolojik sisteme en çok zarar veren metallere biridir. Kurşun; toprakta, suda, havada ve günlük hayatta kullandığımız pek çok üründe farklı oranlarda mevcuttur. Toprakta mineral yapısında ve maden sahalarında çokça bulunan ve bitkiler için besin elementi olmayan kurşun, endüstriyel, taşıtsal, lehim, akü, boya, elektrik ve petrol atıkları ve pestisitler aracılığıyla toprağa ve atmosfere karışabilmektedir. Kurşun, kan veya yumuşak dokularda belli bir düzeye geldiğinde toksik etki yapar. Kurşunun etkisi yaş, beslenme ve fizyolojik durum gibi faktörlere bağlı olarak değişir. İnsanlarda kurşun birikimi akut zehirlenmelere ve beyin hasarı ve ölüme, çocuklarda ve bebeklerde ise kronik zehirlenmelere ve zekâ geriliği, ağız ve diş hastalıkları, öğrenme bozuklukları, kronik anemi, kan basıncı yüksekliği, periferik sinir hasarı, hiperaktivite gibi sorunlara yol açabilir. İnsan kanındaki kurşun seviyesi yükseldiğinde, vücut işlevleri de bozulabilir. Örneğin, kırmızı kan hücresi yapımı azalabilir, anemi oluşabilir, kan basıncı yükselebilir, böbrek ve beyin hasarı görülebilir, hatta çocuklarda ölüm meydana gelebilir (Kara & Kara, 2018).

Kadmiyum (Cd), doğal bir element olarak yer kabuğunda mevcuttur. Oksijen, klor veya kükürt gibi diğer elementlerle birlikte mineral şeklinde bulunur. Kadmiyum oksit, kadmiyum klorür, kadmiyum sülfat ve kadmiyum sülfid bunlara örnektir. Kadmiyum, kömür ve gübre gibi maddelerin yanı sıra, tüm toprak ve kaya türlerinde az da olsa içerir. Kadmiyum aşınmaya karşı dayanıklıdır

ve piller, renklendiriciler, metal kaplamalar ve plastikler gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (ATSDR, 2021). Kadmiyum, mineral yapıda doğada bileşik olarak bulunur ve yüksek derecede toksiktir. Kadmiyum, işlenmiş gıdalar, su boruları, sigara dumanı, çay, kahve, fosil yakıtlar, kabuklu deniz hayvanları, gübreler, şarjlı piller ve alaşımlar gibi kaynaklardan insan yaşamına etki edebilmektedir. Havadan duman olarak yüksek oranda Kadmiyum oksit solunması, akut pnömonitis ve akciğer ödemi gibi ölümcül etkiler ortaya çıkarttığı, maruziyet süresinin uzamasının ise en fazla böbreklerde yan etki oluşturduğu ve oluşan hasarın tedavisinin mümkün olmadığı bildirilmektedir (Özkan, 2009). Japonya'nın Toyama şehrinde Cd ile kirlenmiş pirinç yiyen 200 kişi, ağır Cd zehirlenmesine bağlı olarak kemik ve böbrek hastalıkları yaşamıştır. Bu, günümüzde Cd zehirlenmesinin en açık örneğidir. Kronik Cd zehirlenmesi akciğer ve prostat kanserine neden olabilir. Ayrıca kemik erimesi, anemi, diş kaybı ve koku alma bozukluğu gibi etkileri de vardır (Asri vd., 2007).

Bakır (Cu), çevrede doğal olarak, kayalarda, suda, toprakta ve havada bulunan bir metaldir. Bakır, insanlar da dahil olmak üzere bitki ve hayvanlarda yaşamsal bir elementtir. Bu nedenle, bitkiler ve hayvanlar yeme, içme ve nefes alma yoluyla bir miktar bakır almalıdır. Bakır, çok yönlü bir metaldir. Tel, boru ve levha gibi çeşitli şekillerde üretilir ve kullanılır. 1982'den önce yapılan ABD kuruluşları bakırdan yapılırken, 1982'den sonra yapılanlar sadece bakırla kaplanmıştır. Bakır ayrıca pirinç ve bronz borular ve musluklar yapmak için diğer metallerle birleştirilir. Bakır bileşikleri, tarımda yaygın olarak küf gibi bitki hastalıklarını tedavi etmek için,

su arıtma için ve ahşap, deri ve kumaşlar için koruyucu olarak kullanılır (ATSDR, 2021).

Krom (Cr), doğada birçok yapıda doğal olarak bulunan bir elementtir. Kromun çeşitli endüstriyel uygulamaları vardır. Örneğin, krom (VI) türü, pas önleyici kaplamaların üretiminde geniş çapta kullanılır. Ayrıca, krom

(III) türü, cam yapımında ve seramiklerde renk üretiminde kullanılır. Krom bileşikleri ayrıca, fotoğrafçılık, tekstil boyama ve deri işleme gibi alanlarda kullanılır. Ancak, krom bileşikleri sağlık açısından potansiyel olarak zararlı olabilir. Özellikle, krom (VI) bileşiklerinin bulunduğu veya yutulduğunda zararlı etkileri olabilir. Kronik maruziyet durumunda, solunum problemleri, cilt tahrişi, böbrek hasarı ve kanser gibi sağlık sorunlarına neden olabilir. Bu nedenle, kromlu bileşiklerin işlenmesi, kullanılması ve atılması sıkı kurallara tabidir. Krom ayrıca su kaynaklarına da kirlilik kaynağı olabilir. Endüstriyel kaynaklar, kromlu atıkları içeren suları doğal su kaynaklarına veya kanalizasyon sistemlerine boşaltarak su kalitesini olumsuz etkileyebilir (ATSDR, 2021).

Çinko (Zn), normal büyüme ve gelişme için hayati öneme sahip bir mineraldir ve yaklaşık 300 enzimde bulunur. Suda ve yemlerde çok az miktarda olması gerekir. Su ortamındaki araştırmalar, çinkonun yüksek dozlarda olduğu gibi düşük dozlarda da uzun süreli etkisiyle zarar verebileceğini göstermiştir. Çinko, biyolojik süreçlerde kritik bir rol oynar, ancak suçul sistemlerdeki fazlalığı, insan faaliyetleri ve kentleşmeyle ilişkilidir ve boya, maden ve çeşitli sanayi tesislerinden kaynaklanabilir (Kontaş, 2018).

Kobalt (Co), kayalarda, toprakta, suda, bitkilerde ve hayvanlarda bulunan doğal olarak bulunan bir elementtir. Kobalt, uçak motorlarının, mıknatısların, taşlama ve kesme aletlerinin, yapay kalça ve diz eklemlerinin imalatında kullanılan alaşımların üretiminde kullanılır. Kobalt bileşikleri ayrıca cam, seramik ve boyaları renklendirmek için kullanılır ve porselen emaye ve boyalar için kurutucu olarak kullanılır. Radyoaktif kobalt ticari ve tıbbi amaçlar için kullanılmaktadır. ^{60}Co tıbbi ekipmanı ve tüketici ürünlerini sterilize etmek, kanser hastalarını tedavi etmek için radyasyon terapisi, plastik üretimi ve gıdaları ışınlamak için kullanılır. ^{57}Co tıbbi ve bilimsel araştırmalarda kullanılır. ^{60}Co 'nun yarısının radyasyonunu yayması yaklaşık 5,27 yıl ve ^{57}Co için yaklaşık 272 gün sürer; buna yarı ömür denir (ATSDR, 2021).

Manganez (Mn), birçok kaya türünde bulunan doğal olarak oluşan bir metaldir. Saf manganez gümüş renklidir, ancak doğal olarak oluşmaz. Oksijen, kükürt veya klor gibi diğer maddelerle birleşir. Manganez ayrıca organik manganez bileşikleri yapmak için karbonla birleştirilebilir. Yaygın organik manganez bileşikleri arasında maneb veya mancozeb gibi böcek ilaçları ve bazı benzinlerde bulunan bir yakıt katkı maddesi olan metilsiklopentadienil manganez trikarbonil (MMT) bulunur. Manganez temel bir eser elementtir ve sağlık için gereklidir. Manganez, tahıllar ve tahıllar da dahil olmak üzere çeşitli gıda maddelerinde bulunabilir ve çay gibi diğer gıdalarda yüksek miktarlarda bulunur (ATSDR, 2021).

Alüminyum (Al), yer kabuğundaki en yaygın metaldir. Diğer elementlerle, özellikle oksijen, silikon ve florla birlikte bulunur. Alüminyum içeren minerallerden metal haline getirilir. Suyun

içinde de küçük miktarlarda alüminyum vardır. Alüminyum metalinin rengi gümüşü beyazdır ve hafiftir. İçecek kutuları, tencere ve tavalar, uçaklar, dış cephe kaplaması ve çatı kaplama ve folyo gibi ürünlerde alüminyum kullanılır. Alüminyum, daha güçlü ve daha sert alüminyum alaşımlarını yapmak için sıklıkla diğer metallerle karıştırılır. Alüminyum bileşikleri, su arıtmada alum, aşındırıcılar ve fırın kaplamalarında alümina gibi çeşitli amaçlar için kullanılır (ATSDR, 2021).

Arsenik (As), yerkabuğunda yaygın olarak dağılmış, doğal bir elementtir. Arsenik, karbon ve hidrojen ile birleşerek hayvanlarda ve bitkilerde organik arsenik bileşikleri, oksijen, klor ve kükürt ile birleştiğinde ise inorganik arsenik bileşiklerini oluşturur. Ahşabı korumak amacıyla inorganik arsenik bileşikleri kullanılır. Keresteyi “basınçla işlemek” için Bakır kromatlı arsenik (CCA) kullanılır. CCA, ABD’de ev kullanımı için artık kullanılmaz; ancak endüstriyel kullanımları devam eder. Organik arsenik bileşikleri, pamuk bitkileri için pestisit olarak kullanılır (ATSDR, 2021).

İnorganik cıva (Hg) bileşikleri, cıvanın klor, kükürt, oksijen gibi elementlerle reaksiyona girmesiyle oluşur. Bu bileşikler genellikle beyaz toz ya da kristal halde bulunur. Organik cıva bileşikleri ise cıvanın karbonla birleşmesiyle oluşur. En yaygın olanı, metil cıva, esas olarak su ve topraktaki mikroskobik organizmalar tarafından üretilir. Ortamdaki daha fazla cıva, bu küçük organizmaların ürettiği metil cıva miktarını artırabilir. Metalik cıva, oda sıcaklığında kolayca buharlaşan yoğun bir sıvıdır. Metalik cıva, kırılmamış cilt tarafından kolayca emilmez. Ancak oda sıcaklığında bile buharlaşır. Sıcaklık arttıkça, buharlaşma da artar. Cıva buharları renksiz ve kokusuzdur, ancak ultraviyole ışık

yardımıyla görülebilirler. Cıva, kimyasal üretimde, ölçüm aygıtlarında, diş hekimliğinde ve bataryalarda kullanılan bir metaldir. Cıvanın bazı bileşikleri, cilt rengini açmak veya yaraları iyileştirmek için kremler ve merhemlerde bulunur (ATSDR, 2021).

3. SU, BALIK VE İNSAN ÜZERİNE AĞIR METALLERİN ETKİSİYLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

3. 1. Suda Ağır Metallerin Etkisi

Canpolat (2001), tarafından Hazar Gölü (Elâzığ)’nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* balık türlerinde ve göl suyunda bazı ağır metallerin (Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Co ve Pb) birikim düzeylerini araştırmışlardır. Yapılan analiz sonuçlarına göre Co, Cr, Cd ve Pb su örneklerinde tespit edilememiştir.

Sönmez (2011), Karasu Irmağı'nda ağır metal kirliliği için ve bunun ırmak üzerindeki istasyonlar arasında nasıl değiştiğini anlamak için 5 farklı istasyon seçmiş ve her bir istasyondan 12 ay boyunca su örnekleri almıştır. Alınan su örneklerinde Cu, Zn, Mn, Pb, Ni, Cd ve Fe ağır metallerinin miktarlarını tayin etmiş ve elde ettiği verileri bulanık mantıkla değerlendirmiştir. İstasyonlar arasında ağır metal düzeylerinin önemli ölçüde farklı olduğunu ($p<0.01$) ayların ise ağır metal düzeyleri üzerine bir etkisi olmadığı ($p>0.05$) sonucuna varmıştır.

Alhashemi vd. (2012), İran'daki Shadegan sulak alanında Şubat-Mart 2009 tarihleri arasında gerçekleştirilen çalışmalarında suda Cu, Cr, Co, Cd, Mn, Ni, Pb, Zn ve V ağır metallerinin miktarları belirlenmiş ve sudaki çözünmüş element konsantrasyonlarının

(V>Pb>Ni>Cu>Co>Mn>Zn>Cr>Cd) genel düzeninin herhangi bir anormallik göstermediğini belirtilmiştir.

Kır ve Tumantozlu (2012) tarafından, Karacaören-II Baraj Gölü'nde yapılan bir çalışmada, su, sediment ve sazan (*Cyprinus carpio*) örneklerindeki ağır metal birikimleri analiz edilmiştir. Araştırmada, gölün alıcı ortamı ve sazan dokularında bulunan ağır metal seviyeleri, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı tarafından belirlenen sucul ortamlar için kabul edilebilir ağır metal değerleri ile kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonuçları, Karacaören-II Baraj Gölü'nün, sanayi ve fabrika atıkları, evsel atıklar ve tarım ilaçları gibi çeşitli kirleticilerin karışımı sonucu kirlilik riski taşıdığını ortaya koymuştur.

Sönmez vd. (2012), yapmış oldukları çalışmada Karasu Irmağı'nda aylık 5 istasyondan alınan su örnekleri, bazı ağır metaller açısından değerlendirilmiştir. Ağır metal verileri, istasyonlar arasında önemli farklar olduğunu ($p<0.01$) göstermiştir. Aylara göre ağır metallerin değişimi ise istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0.05$). Fakat, aylar ile istasyonlar arasındaki etkileşim çok anlamlıdır ($p<0.01$). Karasu ırmağının ağır metal kirliliğine uğradığını ortaya koymuşlardır.

Ural vd. (2012), çalışmalarında Karakaya baraj gölünün suyunda ve bazı balık türlerinde (*Squalus cephalus*, *Barbus esocinus* ve *Barbus xanthopterus*) bazı ağır metallerin (Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Se, Cd, Hg) konsantrasyonları belirlenmiştir. Suda Mn, Ni, Se, Cd ve Hg tespit edilememiş, incelenen balık türlerinde Hg ağır metali deteksiyon limitinin altında kalmıştır. Baraj gölündeki balıkların ağır bir metal yüküne sahip olmadığı, ancak insanlar tarafından aşırı eser

metal alımının önlenmesi ve su ortamı kirliliğinin izlenmesi açısından periyodik olarak kontrol edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bulut (2015), doktora tez çalışmasında, Eğirdir Gölü'nde mevsimsel olarak yapılan çalışmalarda su, sediment ve ekonomik değere sahip bazı balık türlerinde cıva (Hg), arsenik (As), kadmiyum (Cd), bakır (Cu), krom (Cr), mangan (Mn), kurşun (Pb), nikel (Ni) ve çinko (Zn) gibi ağır metallerin düzeyleri incelenmiştir. Araştırma sonuçları, göldeki ağır metal kirliliği seviyelerinin mevcut standartlar ve literatür verileri doğrultusunda kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu ve bu metallerin su ürünleri türleri üzerinde herhangi bir stres faktörü oluşturmadığı sonucuna varmıştır.

Özan (2016), tez çalışmasında, Isparta Deresi'nde Nisan 2014 ile Ocak 2015 arasında yapılan bir çalışmada, su ve sediment örneklerinde bakır (Cu), krom (Cr), kadmiyum (Cd), demir (Fe), mangan (Mn), molibden (Mo), nikel (Ni), kurşun (Pb), çinko (Zn) ve selenyum (Se) gibi ağır metallerin mevsimsel değişimleri incelenmiştir. Bu süreçte alınan örnekler, ICP-AES cihazı ile analiz edilerek, ağır metallerin konsantrasyonları ölçülmüştür.

Çetin vd. (2016), çalışmalarında Edirne ili sınırlarında bulunan Altinyazı Baraj Gölü'nün suyunda bazı ağır metallerin (Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Mn, Pb) birikimleri incelenmiştir. Baraj gölünün suyunda ölçülen ağır metallerden Fe hariç diğer ağır metaller tayin sınırının altında bulunmuştur.

Akcan (2018), yapmış olduğu çalışmada, Tunceli ilinde Pülümür ve Munzur nehirleri üzerinde kurulan Uzunçayır Baraj gölünün ağır metal kirlilik seviyesini belirlemek için, nehirlerden,

baraj gölünün farklı yerlerden ve derinliklerden su örnekleri alınarak ağır metaller konsantrasyonları tespit edilmiştir. Bu testlerle nehir ve göl suyunun ne kadar kirlendiği ve hangi kalite sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Güneş vd. (2019), çalışmalarında, Tercan Baraj Gölü'nde yapılan bir araştırmada, su ve sediment örneklerinin yanı sıra, gölde yaşayan *Ctenopharyngodon idella*, *Barbus capito*, *Cyprinus carpio* ve *Capoeta umbla* türlerine ait dört balığın karaciğer, kas ve solungaç dokuları incelenmiştir. Bu inceleme sırasında, alüminyum (Al), arsenik (As), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe), mangan (Mn), nikel (Ni), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) gibi ağır metallerin birikim düzeyleri ölçülmüştür. Sediment, su ve balık dokularındaki ağır metal miktarları, ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği sınırlarla karşılaştırılarak, sucul ekosistem ve insan sağlığı için olası tehlikeler değerlendirilmiştir.

Erulaş (2020), çalışmasında Siirt'teki Kezer, Başur, Bitlis, Botan ve Zarova nehirleri gibi ana yüzey sularında bazı ağır metallerin (As, Cu, Co, Ni, Cd, Cr, Mn, Pb) varlığı ve mevsimsel değişimi incelenmiştir. Bu ağır metallerin miktarı, WHO (Dünya Sağlık Örgütü), EPA (Çevre Koruma Ajansı) ve TSE (Türkiye Standart Enstitüsü) tarafından belirlenen limitlerin altında bulunmuştur. Ayrıca, bu ağır metallerin seviyelerinin mevsimlere göre önemli bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir.

Moiseenko & Gashkina (2020), çalışmalarında, Rusya'da Volga Nehri'nin güney ağız bölümleri ile kuzey arktik göllerden alınan su ve bazı balık (Beyaz Balık, Çipura, Pike, Levrek, Alabalık) örneklerinin bazı dokularında, Pb, Hg ve Cd ağır metallerinin

miktarları analiz edilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlar insan sağlığı açısından değerlendirildiğinde balıkların kaslarındaki toksik metal konsantrasyonlarının, insanlar tarafından tüketilecek yiyecekler için belirlenen kritik değerlerin altında olduğu ortaya konulmuştur.

Bayır (2022), çalışmasında; Karasu Nehri'nden toplanan su, sediment ve yaygın olarak bulunan *C. carpio* (Sazan) ve *L. esocinus* (Fırat turnası) balıklarının farklı dokularındaki bulunan bazı ağır metallerin birikim düzeyleri tespit etmiştir. Karasu Nehri'nin beş farklı bölgesinden alınan su ve sediment örneklerinde ortalama ağır metal konsantrasyonları tespit edilmiş ve çıkan sonuçlara göre, sedimentin kalite indeksi değerlendirme sonuçları açısından aşırı derecede kirli olduğu belirlenmiştir. Balık numunelerindeki ortalama ağır metal konsantrasyonuna göre sazanda Ca, Fırat turnasında ise K'nın en yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir.

Turhan vd. (2023), çalışmalarında, Sivas ili Kangal İlçesi'nde bulunan Tohma çayında krom (Cr), mangan (Mn), demir (Fe), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn) ve kurşun (Pb) gibi ağır metallerin varlığı ve kirlilik düzeyleri incelenmiştir. İncelenen su örneklerinin zehirli ağır metallerle ciddi şekilde kirlendiği ve içme ve sulama suyu kullanımı için yetersiz olduğu ortaya koyulmuştur.

Tekin-Özan vd. (2024), ülkemizin Göller bölgesi içinde yer alan Karataş gölünün suyunda bazı ağır metaller ve selenyumun konsantrasyonu belirlenmiştir. Pb ve Se tespit sınırının altında bulunurken, analiz edilen diğer metaller $Cd < Mo < Cr < Cu < Mn < Zn < Ni < Fe$ şeklinde sıralanmıştır. İncelenen gölün çevre sorunları ile mücadele ettiği, önlem alınmaz ise kuruma tehdidi altında olduğu rapor edilmiştir.

3.2. Balıklarda Ağır Metallerin Etkisi

Ağtaş (1994), çalışmasında Yıldız Irmağı'ndan yakalanan tatlı su kefallerinin (*Leuciscus cephalus*) kas dokularında bakır, çinko ve demir gibi ağır metallerin konsantrasyonlarını ölçmüştür. Elde edilen sonuçlar, diğer ülkelerde belirlenen güvenli limitlerle karşılaştırılmış ve bu elementlerin hem suda hem de balıklarda güvenli seviyelerde olduğu saptanmıştır.

Canpolat (2001), tez çalışmasında, Hazar Gölü (Elâzığ) suyunda yakalanan 200 adet *Capoeta capoeta umbla* balığının çeşitli dokuları ve organları ile bu balıkların yakalandığı su örneklerinde, Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (AAS) kullanılarak belirli ağır metallerin birikim düzeyleri ölçülmüştür. Kobalt, Krom, Kadmiyum ve Kurşun hem su örneklerinde hem de balık dokularında saptanamamıştır. Bakır, Demir, Manganez ve Çinko ise karaciğerde en yüksek, kas dokusunda en düşük seviyelerde bulunmuştur. Bu ağır metallerin farklı doku ve organlardaki düzeyleri değişiklik göstermiştir. Sonuçlar, Tarım Bakanlığı'nın belirlediği kabul edilebilir limitlerle karşılaştırılmış ve bu balıkların tüketiminin insan sağlığına zarar vermeyeceği anlaşılmıştır.

Demirak vd. (2006), çalışmalarında, Yatağan havzasında bulunan Dipsiz çayından yakalanan *Leuciscus cephalus* balık türünün kas dokusunda Cu, Cd, Cr, Zn ve Pb ağır metallerinin konsantrasyonları ölçülmüştür. Sonuçlar Cu hariç diğer ağır metallerin solungaç dokusunda kas dokusundan daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Balık kasındaki ağır metal konsantrasyonu Türk

Gıda Enstitüsü'nün 2000 yılında belirlediği izin verilen maksimum limitlerden düşük bulunmuştur.

Alhas (2007), tez çalışmasında Atatürk Baraj Gölü'nde bulunan *Barbus rajanorum mystaceus* ve *Barbus xanthopterus* adlı iki balık türünün ağır metal içerikleri araştırılmıştır. Bu balıkların karaciğer, kas, böbrek ve solungaç dokularından alınan örneklerde ağır metal konsantrasyonları ölçülmüştür. Balıkların kas dokularındaki Fe, Zn, Mn, Cu, Ni, Co, Cr gibi metallerin seviyeleri balık için önerilen kabul edilebilir değerlerin altındadır. Ancak kurşun seviyesinin ham petrol sızıntısı nedeniyle yükseldiği değerlendirilmiştir.

Köse (2007), tez çalışmasında Ilıca Kaplıcası sularıyla beslenen Enne Baraj Gölü'nde 5 balık türünün farklı dokularındaki metal birikimi incelenmiştir. Bu araştırmada, Pb ve B gibi ağır metaller, hiçbir balık türünün doku veya organlarında saptanmamıştır. Balıkların yenilebilen kısımları diğer kısımlarına göre daha düşük metal içeriklerine sahiptir. *Carassius carassius* adlı balık türünün kaslarında, Türk Gıda Kodeksi'nin belirlediği sınırı aşan Cd miktarı bulunmuştur. Ayrıca, bu balık türünün tüm doku ve organlarında, Cu ve Zn miktarları, diğer balık türlerine göre daha yüksektir. *Carassius carassius* haricindeki balık türleri, insan sağlığı için ağır metal tehlikesi oluşturmamaktadır.

Dirican vd. (2013), Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesindeki Çamlığöze Baraj Gölü'nden alınan *Capoeta tinca* türünün deri, kas ve karaciğerinde bazı eser elementlerin konsantrasyonları analiz edilmiştir. Çamlığöze Baraj Gölü'nde uluslararası kriterlere ve Türk mevzuatına göre ağır metal konsantrasyonları, özellikle Cd ve Pb,

Capoeta tinca'nın incelenen dokularında izin verilen seviyelerin üzerinde bulunmuştur. Ayrıca kontamine balıkların sık tüketilmesi ciddi bir halk sağlığı riski oluşturabileceğinden Çamlığöze Baraj Gölü'nde halkın yaygın olarak tükettiği balıklarda biriken metal konsantrasyonlarının periyodik olarak izlenmesi önerilmektedir.

Kırıcı vd. (2013), çalışmalarında Murat Nehri'nden (Bingöl) alınan 50 adet *Capoeta capoeta umbla* balık türünün yenilebilir dokusunda (kas) bazı ağır metallerin birikimi belirlenmiştir. Cr ve Cd, hiçbir dokuda saptanamazken, diğer metaller bütün dokularda bulunmuştur. Elde edilen verilere göre balık dokularında bu metallerin kabul edilebilir düzeyde olduğunu ve insan sağlığı için herhangi bir risk oluşturmadığını bildirmişlerdir.

Bayhan (2015), tez çalışmasında, Büyük Menderes Deltası'ndan yakalanan 15'er adet kefal ve levreğin karaciğer ve kas dokularındaki Cu, Zn ve Cd konsantrasyonları ölçülmüştür. Bu balıkların yenilebilir bölümlerinde (kas), karaciğerlerine kıyasla daha az metal birikimi gözlenmiştir. Büyük Menderes Deltası'nda avlanan kefal ve levrek balıklarının, yapılan analizler ve Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından belirlenen güvenli ağır metal limitleri ile yapılan karşılaştırmalar sonucunda, sağlık için zararlı düzeyde ağır metal kirliliği içermediği anlaşılmıştır.

Kaçar (2015), doktora çalışmasında, Dicle nehrinin Ilıca Baraj Gölü Bölgesinde su, sediment ve bazı balıklarda (*Cyprinion macrostomum*, *Chondrostoma regium*, *Capoeta trutta*) ağır metal konsantrasyonları incelenmiştir. Yöre halkı tarafından besin olarak tüketilen bu balık türlerinin kas dokularındaki ağır metal birikimi WHO, FAO, EC ve TGK tarafından önerilen kabul edilebilir

değerlerle uyum içinde olduğu ve insan tüketimi açısından herhangi bir risk taşımadığı rapor edilmiştir.

Murat (2015), çalışmasında Cu, Zn, Pb, Cd gibi toksik ağır metallerin, *Leuciscus cephalus*, *Cyprinus carpio*, *Pagellus erythrinus* adlı balık türlerinin kas dokularında ne kadar biriktiği ve bunun balıklara etkisi araştırılmıştır. Araştırmada, Zn ve Cd'nin iç organlarda her ay çok fazla biriktiği ve yasal olarak izin verilen sınırları aştığı tespit edilmiştir. Balıklardan alınan örneklerin sonuçları, bazı ağır metallerin miktarlarının kabul edilebilir olmadığını göstermiştir.

Çetin vd. (2016), Altinyazı Baraj Gölü'nde (Edirne) yakalanan *Cyprinus carpio*, *Perca fluviatilis*, *Carassius carassius*, *Sander lucioperca* ve *Blicca bjoerkna* türlerine ait balıkların bazı organlarında ve baraj gölü suyunda ağır metallerin birikim düzeyleri araştırılmıştır. Balık organlarında Cd ve Pb dışındaki ağır metaller (Cr, Zn, Cu, Fe, Mn) normal sınırlar içinde bulunurken, Cd ve Pb normalden yüksek seviyelerde tespit edilmiştir.

Sökmen vd. (2018), Karasu Nehri'ndeki su, sediment ve *Capoeta umbla* balıklarının farklı dokularındaki bazı ağır metallerinin seviyeleri araştırılmıştır. Suda As metalinin seviyesi en yüksekken, Pb, Zn, Al ve Fe metallerinin seviyesi saptanamamıştır. Sedimentte ise en yüksek Fe metali ölçülmüştür. Balık dokularında Fe metali analiz dokularının hepsinde en fazla birikim gösterirken, Pb metalinin ise en az birikim yaptığı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada bazı metal değerlerinin FAO, EPA ve WHO'ya göre kabul edilen limitin üzerinde olduğu bildirilmiştir.

Uluzl (2018), araştırma makalesi çalışmasında; Sivas'taki Kılıçkaya Baraj Gölü'nde yaşayan 6 balık türü (*Cyprinus carpio*, *Leuciscus cephalus*, *Capoeta capoeta*, *Silurus glanis*, *Barbus plebejus* ve *Clupeonella abrau muhlisi*), eser metal içerikleri bakımından AAS ile analiz edilmiştir. Balık rnekleri, kurutulduktan sonra toz haline getirilmiş ve mikrodalga ile zndrlmştir. Analiz sonuçlarına göre, balıklarda (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cr, Ni, Co) gibi eser metallerin miktarları 0.3-268.0 µg/g arasında değişmektedir.

Yeltekin vd. (2018), çalışmalarında *Alburnus tarichi* (Van Balığı) adlı balık türünün, farklı yaş gruplarında (3, 4 ve 5 yaş) böbrek, kas, bağırsak, karaciğer, solungaç, beyin ve gonad gibi dokularındaki metal seviyeleri incelenmiştir. Bu dokularda Be, Bi, Pb ve Cd gibi çok toksik metaller bulunmuştur. Araştırma sonucunda, 3 yaş ve 4 yaş grupları arasında metal seviyeleri açısından bir fark olmadığı, ancak 5 yaş grubunda metal seviyelerinin farklı olduğu belirlenmiştir.

Saruhan (2019), tez çalışmasında, Asarsuyu Deresi'ndeki suyun kalite değerlendirmesi amacıyla sudan yakalanan *Squalius pursakensis* ve *Barbus tauricus* balık türlerinin kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki ağır metal konsantrasyonları analiz edilmiştir. Sonuç olarak Asarsuyu Deresi'ne özellikle kentsel ve endüstriyel atıksu deşarjının önlenmesi, sanayi tesislerinin ve arıtma tesislerinin etkin kontrolünün sağlanması, gübre ve pestisit kullanımının kısıtlanması ve kirliliğin önlenebilmesi için uygun olacağı rapor edilmiştir.

Kontaş & Bostancı (2020), çalışmalarında, Ordu ilinde bulunan Melet Nehri'nde su, sediment ve *Alburnus chalcoides* balık türünün dokularındaki bazı ağır metal (As, Al, Cd, Cr, Pb, Mn, Fe, Cu, Cu, Ni ve Zn) konsantrasyonlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Kirli bölgeden toplanan balıkların kan hücreleri, referans bölgeye kıyasla önemli ölçüde daha yüksek DNA hasarı ve mikronükleus frekansı gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma, *Alburnus chalcoides* balık türünün DNA bütünlüğünün birçok antropojenik kaynaktan kaynaklanan ağır metallere etkilendiğini gösterdiği belirtilmiştir.

Bayır & Mutlu (2021), çalışmalarında Kasım 2019- Ekim 2020 tarihleri arasında bazı ağır metallerin farklı dokulardaki konsantrasyonlarının belirlenmesi için Karasu Nehri'nden (Erzincan, Türkiye) aylık olarak yakalanan *Cyprinus carpio*, L., 1758 balığının solungaç, kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal miktarları ölçülmüş, incelenen metallerin her mevsimde önemli düzeyde bulunmuştur. Bu bağlamda Karasu Nehri biyomasının özellikle ağır metal alımına karşı savunmasız olduğunu göstermekte, ayrıca insan sağlığı risk değerlendirmesi (HHRA) balık tüketimi için tehlikeli olduğunu ortaya koymaktadır.

Canpolat & Çalta (2021), çalışmalarında, Keban Baraj Gölü Örencik mevkiinden yakalanan *Capoeta trutta* balık örneklerinin kas dokusunda bazı ağır metallerin (Cu, Fe, Zn, Cr, Ni, Cd, As ve Hg) konsantrasyonları belirlenerek bu balığın insanlar tarafından tüketilmesi durumunda sağlık riski oluşturup oluşturmadığı araştırılmıştır. *Capoeta trutta* 'nın kas dokusundaki ağır metal düzeylerinin EPA, WHO ve FAO tarafından önerilen değerlerin

altında olduğu, dolayısıyla bu balığın insanlar tarafından tüketilmesi durumunda sağlık riski oluşturmayacağı ortaya konulmuştur.

Zencir Tanır (2021), yapmış olduğu araştırmasında; Erzincan, Karasu Nehri'ndeki beş istasyondan Temmuz 2019 ve Ocak 2020 tarihleri arasında toplanılan 4 balık türünün (*A. marmid*, *C. umbla*, *C.a trutta* ve *C. regium*) farklı dokularındaki (kas, karaciğer ve solungaç) eser elementlerin konsantrasyonları belirlemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, balıkların yenilebilir kısımlarındaki (kasları) eser element konsantrasyonlarından Krom (Cr) hariç kabul edilebilir maksimum konsantrasyonları aşmadığı, ulusal ve uluslararası gıda tarafından önerilen (Mac'ler) standartlar ve insan tüketimi için güvenli olduğu ortaya konulmuştur.

Fırat & Kılınç (2022), yaptıkları çalışmalarında; Atatürk Baraj Gölü'nün Samsat ve Sitalce bölgelerinde yaşamakta olan *Cyprinus carpio* adlı balık türü yöre halkı tarafından tüketilmektedir. Bu balıklardan 2021 Ağustos ve Eylöl aylarında alınan karaciğer, kas ve solungaç örneklerinde kadmiyum, kurşun, krom, demir, bakır ve çinko gibi ağır metallerin miktarları analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, her iki bölgedeki balıklarda kurşun ve kadmiyum tespit edilememiştir. Ayrıca, Sitalce ve Samsat bölgelerindeki balıkların metal seviyeleri arasında karaciğerdeki demir seviyesi dışında istatistiksel bir fark yoktur. Araştırma, *Cyprinus carpio* balıklarının kaslarında bulunan ağır metallerin yasal sınırların altında olduğunu ve atık su arıtma tesislerinin çalışmaya başlamasıyla birlikte bu seviyelerin azaldığını ortaya koymuştur.

Yıldırım (2022), tez çalışmasında, Murat Nehri'nin Nehir suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri de ölçölmüştür. Nehirden

yakalanan *Capoeta trutta* ve *Capoeta umbla* balıklarının kas dokularında bazı ağır metal düzeyleri ile karaciğer metallotionein (MT) düzeylerini ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir. Balıkların kas, solungaç, böbrek ve karaciğer dokularında ağır metal düzeylerinin dokuya ve ağır metal türüne göre farklılık gösterdiği, dokularda metal biyobirikiminin bir göstergesi olan metallotionein (MT) düzeyi ise *Capoeta trutta* karaciğer dokusunda, sarıbalık karaciğer dokusuna göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir.

Mashoufi vd. (2023), İran'ın Sistan ve Belucistan eyaletindeki Lar sulak alanından yakalanan *Capoeta fusca* balık türünün kas dokusunda Cd, Zn, Pb ve Hg ağır metallerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Pb ağır metalinin balık dokularında uluslararası izin verilen standartların üzerinde olduğu, balık türünün ve sulak alanın ağır metal kirliliği açısından takip edilmesi, yerli insanların bu balığı tüketirken balığın yaşadığı ortamın değerlendirmesi gerektiği bildirilmiştir.

Nazeer vd. (2023), Pakistan'da bulunan Khanozai Barajı'ndan yakalanan *Cyprinus carpio* ve *Tor soro* balık türlerinde Mn, Ca, Fe, K, Zn, Na, P, Mg ve Cl eser elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Araştırılan elementlerden demir, manganez ve çinko her iki balık türünde de tespit edilmemiştir. Ortaya çıkan sonuçlar, Khanozai Barajı'nda bolca bulunan ve insanlar tarafından tüketilen bu balık türlerinde araştırılan diğer eser elementlerin fazla miktarda bulunduğunu, yerel halk için sağlıkla ilgili ciddi sorunlar doğurabileceği rapor edilmiştir.

Norani vd. (2023), çalışmalarında, İran'ın Telar nehrinden ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde alınan su örneklerinde ve

nehirden yakalanan *Capoeta razii* balık türlerinin kas dokusunda Cr, Ni, Pb ve Cd ağır metallerinin konsantrasyonları belirlenmiştir. Pb, Cr ve Cd'nin doku içeriği izin verilen sınırların altındayken, Ni ağır metalinin insan tüketimi için daha yüksek risk taşıdığı ortaya konulmuştur.

Habib vd. (2024), Pakistan'ın Chashma Barajında yaşayan *Labeo rohita* balık türünün (yabani ve çiftlik) farklı dokularında Cu, Cd, Pb, Zn and Cr ağır metallerinin konsantrasyonları AAS cihazı ile ölçülmüştür. Sonuçlar, insanlar için, çiftlikte yetiştirilen balık türünün yabani balık türünden daha az potansiyel risk gösterdiğini ortaya koymuştur.

3.3. İnsan Üzerinde Ağır Metallerin Etkisi

Kawser Ahmed vd. (2016), araştırmalarında Bangladeş'teki Buriganga Nehri'ndeki balıkların ağır metallerden nasıl etkilendiği araştırılmışlardır. *Puntius ticto*, *Puntius sophore*, *Puntius chola*, *Labeo rohita* ve *Glossogobius giuris* vücutlarında 14 adet çeşitli metaller bulunmuştur. Bu metallerden Mn, Zn, Se ve Pb, gıda güvenliği için belirlenen sınırları aşmıştır. Bu balıkları yemenin kanserojen olmayan sağlık riski taşımadığı, ancak diğer metallerin birlikte insan sağlığına zarar verebileceği hesaplanmıştır. Ayrıca, Ni ve As' in kanserojen risk oluşturduğu belirlenmiş, bu nedenle, Buriganga Nehri'nden balık tüketmenin insan sağlığı için riskli olduğu sonucuna varılmıştır.

Eroğlu vd. (2016), Bu çalışma bazı ağır metallerin (bakır, demir, çinko, kadmiyum ve krom) *Capoeta trutta*'nın kas dokusu ve çevresindeki sularda, potansiyel insan tüketim riskini belirlemek için

balığın ağır metal yükü ile bazı biyolojik yönleri (ağırlık, uzunluk ve cinsiyet) arasındaki ilişki incelenmiştir. Ayrıca bu türlerde ağır metallerin birikim faktörleri belirlenmiştir. Su ve kas örneklerinde Cu, Fe, Zn, Cd ve Cr konsantrasyonları analiz edilmiş, tüm numunelerde Cu, Zn ve Fe tespit edilmiş, ancak Cd ve Cr tespit edilebilir seviyelerde bulunmamıştır. Sonuçlar olarak balıkların kaslarında ağır metal birikimi sudakinden daha fazla olduğu, balıkların kaslarındaki ağır metal seviyesinin balıkların ağırlık, boy ve cinsiyetlerine göre farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir.

Ullah vd. (2017), Bangladeş'in Dakka şehrinin dört toptan satış pazarından alınan yüksek oranda tüketilen sekiz kültür balık türünde (*Labeo rohita*, *Clarias gariepinus*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Cyprinus caprio*, *Puntius sarana*, *Oreochromis mossambicus*, *Pangasius pangasius* ve *Anabas testudineus*) beş ağır metalin (Pb, Cd, Cr, As ve Hg) konsantrasyonları balık tüketiminden kaynaklanan potansiyel insan sağlığı risklerini değerlendirmek için ölçülmüştür. Bu çalışılan tüm ağır metallerin ortalama balık tüketimine göre insanların sağlığı için riskli olmadığı belirtilmiştir. Bireysel tüketim yoluyla ağır metal alımının insan sağlığı için güvenli olduğu, oysa birleşik ağır metallerin tüketimine yüksek oranda maruz kalan tüketiciler için potansiyel sağlık riski içerdiği tespit edilmiştir.

Sünbül (2019), araştırmasında, Kahramanmaraş balık pazarından alınan sazan (*Cyprinus carpio*), gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), ıskarmoz (*Sphyraena sphyraena*), levrek (*Dicentrarchus labrax*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*), istavrit (*Trachurus mediterraneus*), çipura (*Sparus aurata*), kupes (*Boops boops*), Atlantik salmonu (*Salmo salar*) ve barbun (*Mullus barbatus*)

balık türlerinden 5'er örnek alınmış ve kas dokularındaki 11 ağır metalin (As, Al, Co, Cd, Cu, Cr, Mn, Ni, Fe, Pb ve Zn) miktarları ölçülerek bu metallerin insan sağlığı üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, tüketilen balıklardaki 11 ağır metalin THQ ve HI değerleri 1'in altında kaldığından kanser dışında sağlık sorunlarına sebep olmadığı anlamına geldiği fakat yapılan kanser riski değerlendirmesine göre (CR) Barbun balığı tüketenlerin inorganik arsenik yüzünden kanser riski taşıdığı rapor edilmiştir.

Varol vd. (2020), çalışmalarında, Dicle nehrinden topladığı 2 balık türünün (*Capoeta umbla* ve *Luciobarbus mystaceus*) kas dokusunda Cd, As, Mn, Cr, Cu, Co ve Ni ağır metallerini analiz etmiş, tüm ağır metaller için tahmini günlük alımlar, tolere edilebilir günlük alımlardan çok daha düşük bulunmuştur. Tüm ağır metallerin Hedef Tehlike Oranı (THQ) ve toplam THQ değerlerinin 1'i aşmaması kanserojen olmayan sağlık etkilerinin olduğu anlamına geldiğini rapor etmişlerdir.

Çiftçi vd. (2021), çalışmalarında, Kırşehir'de satın alınan ve kızartma yöntemiyle hazırlanan, Hamsi (*Engraulis encrasicolus*), Uskumru (*Scomber scombrus*), Palamut (*Sarda sarda*), Küpes (*Boops boops*), Sardalya (*Sardina pilchardus*), Alabalık (*Salmo trutta*) ve İstavrit (*Trachurus trachurus*) balıklarının ağır metal içerikleri ölçülmüş, elde edilen sonuçlar Ulusal ve Uluslararası standartlara göre değerlendirilmiş ve insan sağlığına etkisi araştırılmıştır. EWI, THQ ve HI değerleri hesaplanmıştır. Çalışılan metallerin EWI değerleri, Tolere Edilebilir Haftalık Alım Miktarları (PTWI) değerlerinin altında bulunmuştur. THQ ve HI değerleri de 1'den küçük çıkmıştır. Bu da incelenen balık türlerinin

tüketilmesinin, kanser dışında sağlık sorunlarına yol açma ihtimalinin düşük olduğunu göstermiştir.

Tokatlı & Ustaoglu (2021), çalışmalarında, Meriç Deltası'nda bulunan Sığırcı ve Gala göllerinden yakalanan 6 balık türünün (*Carassius carassius*, *Carassius gibelio*, *Sander lucioperca*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Cyprinus carpio* ve *Perca fluviatilis*) kas dokularında bazı eser elementlerin (Li, B, Al, V, Cr, Mn, Fe, Cu, Ni, Co, Zn, As, Se, Sr, Ag, Cd, Sb, Ba, Tl ve Pb) konsantrasyonları tespit edilerek, bu elementlerin tüketimi ile ilişkili potansiyel insan sağlığı riskleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, Sığırcı ve Gala göllerindeki balıkların kaslarındaki toksik element konsantrasyonlarının tüketiciler için önemli bir sağlık riski oluşturmadığını ortaya koymuştur.

Nedzarek vd. (2021), çalışmalarında, Polonya'nın kuzeybatı bölgesindeki Starzyca, Maszewo ve Nowogardzkie göllerinden su ve *Perca fluviatilis* balık türünün kas dokusunda Na, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Pb ve Cd düzeylerini belirlemişlerdir. Kas dokusunda en düşük Na, Fe, Zn, Cu, Pb ve Cd konsantrasyonları tespit edilmiştir. 100 g/gün tüketilen levrek kasının tamamlayıcı bir element kaynağı olabileceği, Pb ve Cd seviyeleri ile ilgili olarak, bu balıkların kaslarını çalışılan göllerden tüketmek sağlık riski oluşturmadığı ortaya konulmuştur.

Köker (2022), makalesinde, insan kaynaklı kirlilik tehdidi altında olan İznik gölü havzasından alınan 11 balık türünün kas dokusunda bazı ağır metallerin (Cr, Cd, Hg, Pb, Fe, Cu, Zn ve As) birikimi belirlenmiştir. Miktarı belirlenen tüm ağır metallerin konsantrasyonları Türk Mevzuatı ve EPA için izin verilen sınırların

altında bulunmuştur. Bazı ağır metallerin WHO' ya göre izin verilen limitlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Yapılan insan sağlığı risk değerlendirmesi sonucunda İznik gölünün ağır metal kirliliği açısından periyodik olarak izlenmesi gerektiği belirtilmiştir.

Monji vd. (2022), çalışmalarında, Yabani ve kültür *Capoeta damascina* balığının kas dokusunda bazı ağır metallerin (Fe, Cr, Cu, Mn, Mo, Se, Zn, Ni, Sr, Ba, Co, Hg, Pb, As ve Cd) miktarı ICP-OES cihazı ile ölçülmüştür. Sağlık risk değerlendirmesi sonucunda yetişkinlerde ve çocuklarda Hg birikiminin olduğunu belirlendiğinden haftada 7 öğün yemenin sağlığa zarar verebileceği belirtilmiş, haftada 7 öğün veya daha fazla yemek yiyen yetişkinlerde As ve Ni birikiminin kanserojen riskinin göz önünde bulundurulması ve balıklarda bu metallerin sürekli olarak izlenmesi tavsiye edilmiştir.

Obayemi vd. (2023), yaptıkları çalışmada, Osu (Nigeria) rezervuarında ticari açıdan önemli balıklarda (*Coptodon zillii* ve *Parachanna obscura*) iz metal konsantrasyonları ağır metal seviyeleri ve insan sağlığına ilişkin riskleri incelenmiştir. Balıklardaki ağır metallerin oranı FAO ve WHO'nun tavsiye ettiği limitlerin altında olduğunu belirlemişlerdir. Hedef her bir ağır metal için tehlike katsayısı (THQ) 1'in altındayken, tahmin edilen tehlike indeksi (HI), balık türlerinin tüketimi yoluyla insan sağlığı riski açısından herhangi bir tehdit göstermediği anlaşılmış, araştırmanın bulgularına göre, insan tüketimi ağır metal birikimi insan tüketimi için güvenli tespit edilmiştir.

Tecimen vd. (2023), araştırmalarında, Kuşadası körfezinden 2016-2017 yılları av sezonunda tüketilebilir bazı balık türleri

(*Engraulis encrasicolus*, *Sardinella aurita*, *Sphyraena sphyraena*, *Pagellus erythrinus*, *Mugil cephalus* ve *Mullus barbatus*) yakalanarak bu balıkların kas dokularında Cu, Zn, Cd ve Pb ağır metallerinin analizi ICP- MS cihazı ile yapılmıştır. Tüm balık örneklerinde Cd seviyesi deteksiyon limitinin altında bulunmuştur. Ölçümü yapılan diğer ağır metallere göre araştırılan balık türlerini tüketmenin sağlık riski oluşturmadığı belirlenmiştir.

Kaçar (2024), makale çalışmasında, Damsa baraj gölünde yaşayan *Squalius pursakensis* ve *Cyprinus carpio* balık türlerinin kas dokusunda 10 tane ağır metalin (Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, As, Cd, Co, Cr ve Pb) konsantrasyonu belirlenerek yetişkinlerde tahmini günlük ağır metal alımı dikkate alınarak insan sağlığı riskleri değerlendirilmiştir. Balıkların kas dokularında değerlendirilen Cr, Cu, Zn, Cd, Pb ve inorganik değerler ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından kabul edilebilir değerlerin altında bulunmuştur. Bu sonuçlar, incelenen balık türlerinin güvenle tüketilebileceğini kanıtladığı rapor edilmiştir.

SONUÇ

Ağır metallerin su, balıklar ve insanlar üzerindeki etkileri ciddi çevresel ve sağlık sorunlarına yol açabilir. Genel itibari ile son yıllarda artan endüstrileşme ve sanayi faaliyetleri ile tarımsal faaliyetler çevremizi ağır metaller yönünden önemli ölçüde kirlletmektedir. Bu metallerin doğaya salınımının kontrol altına alınması ve su ekosistemlerinin korunması hem çevresel hem de insan sağlığı açısından büyük bir öneme sahiptir. İnsan ve çevre sağlığını tehdit edebilecek uygulamaların önüne geçilebilmesi için

toplumların ve hükümetlerin, bu sorunlara çözüm bulmak için daha etkili politikalar geliştirmesi, gerekli hukuki düzenlemelerin yapılması veya güncellenmesi, etkin kontrol mekanizmalarının oluşturulması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Çağatay, İ. T. & Aktop, Y. (2020). Ağır metallerin balıklarda birikimi ve etkileri. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6(1), 37-44.

Alhas, E. (2007). Atatürk Baraj Gölü'nde Yaşayan Barbus Türlerindeki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Biyoloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa, 44.

Artan, S., Hayaloğlu, P. & Seyhan, B. (2015). Türkiye’de çevre kirliliği, dışa açıklık ve ekonomik büyüme ilişkisi. *Journal of Management and Economics Research*, 13(1), 308-325.

Asri, F. Ö., Sönmez, S. & Çıtak, S. (2007). Kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Derim*, 24(1), 32-39.

ATSDR., (2021). Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>

Dökmeci, I. (1988). Çevre kirlenmesinde rol oynayan toksik maddeler. İstanbul, 520s.

İbadullayeva, J., Jumaniyazova, K., Azimzadeh, S., Canıgür, S. & Esen, F. (2019). Çevre kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkileri. *Türk Tıp Öğrencileri Araştırma Dergisi*, 1(3), 52-58.

Kara, E. E., & Kara, E. (2018). Toprakta ağır metal kirliliğinin insan sağlığına etkileri ve çözüm önerileri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 11(1), 56-62.

Kaptan, H. (2014). Eğirdir Gölü (Isparta)’nın suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)’ın

bazı doku ve organlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta*.

Küçük, M. (2015). Karadeniz alabalığı (*Salmo trutta labrax*) böbrek, karaciğer, solungaç ve kas dokularından karbonik anhidraz enziminin saflaştırılması, karakterizasyonu ve bazı metal iyonlarının enzim aktivitesi üzerine etkilerinin incelenmesi. Doktora Tezi. *Atatürk Üniversitesi, Erzurum*.

Kontaş, S. & Bostancı, D. (2020). Genotoxic effects of environmental pollutant heavy metals on *Alburnus chalcoides* (Pisces: Cyprinidae) inhabiting lower Melet River (Ordu, Turkey). *Bulletin Toxicology*, 104(6), 763-769.

Oruçoğlu, K. & Beyhan, M. (2019). Göller Bölgesi göllerinde ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3(1), 10-20.

Özbolat, G. & Tuli , A. (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), 502- 521.

Yavuz, O. & Sarıgül, N. (2016). Toprak ve sucul ortamlardaki ağır metal kirliliği ve ağır metal dirençli mikroorganizmalar. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 44-51.

Zencir Tanır, Ö. (2021). Determination of heavy metals in some tissues of four fish species from the Karasu River (Erzincan, Turkey) for public consumption. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 50(2), 232-246.

Ağtaş, Ş. (1994). Yıldız Irmağının Suyunda ve Buradan Avlanan Tatlı Su Kefallerinde (*Leuciscus cephalus* L. 1758) Bakır,

Çinko ve Demir Derişimlerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas, 62.

Akcan, P. (2018). Munzur ve Pülümür Nehirleri ile Uzunçayır Baraj Gölündeki Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tunceli, 65.

Alhas, E. (2007). Atatürk Baraj Gölü'nde Yaşayan Barbus Türlerindeki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Harran Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Biyoloji Anabilim Dalı*, Şanlıurfa, 44.

Alhashemi, A. H., Sekhavatjou, M. S., Kiabi, B. H. & Karbassi, A. R. (2012). Bioaccumulation of trace elements in water, sediment, and six fish species from a freshwater wetland, Iran. *Microchemical Journal*, 104, 1-6.

Bayhan, T. (2015). Büyük Menderes Deltasından Avlanan Kefal (*Leuciscus cephalus*) ve levreklerde (*Perca fluviatilis*) Cu,

Zn ve Cd Düzeylerinin Belirlenmesi ve Metallotiyonin ile İlişkinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi *Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Aydın, 64.

Bayır, İ. & Mutlu, C. (2021). Determination of Some Heavy Metal Levels in Different Tissues of Common Carp (*Cyprinus carpio*, L., 1758) and Pike Barb (*Luciobarbus esocinus*, H., 1843) From Karasu River (Erzincan). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(3), 434-440.

Bayır İ. (2022). Karasu Nehri (Erzincan) Ağır Metal Kirliliği Üzerine Bir Araştırma. Doktora tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Giresun, 182.

Bulut, C. (2015). Eğirdir Gölü ve Göldeki Bazı Su Ürünlerinde Ağır Metal Düzeyleri ile Stres Parametrelerinin Araştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, Isparta, 137.

Canpolat, Ö. & Çalta, M. (2021). Keban Baraj Gölü Örencik Mevkiinden (Elâzığ) Yakalanan *Capoeta trutta*’nın Kas Dokusundaki Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Karşılaştırılması. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(7), 1250-1257.

Canpolat, Ö. (2001). Hazar gölünde yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)’da bazı ağır metal miktarlarının tespiti. Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elâzığ, 50.

Çetin, E., Güher, H. & Gaygusuz, Ç. G. (2016). Altinyazı Baraj Gölü’nde (Edirne) Yaşayan Balık Türlerinde Ağır Metal Birikimlerinin İncelenmesi. *Aquatic Sciences and Engineering*, 31(1), 1-14.

Çiftçi, H., Çalışkan, Ç. E. & Öztürk, K. (2021). Bazı Balık Türlerinde İz ve Toksik Metal Düzeylerinin Belirlenmesi ve İnsan Sağlığı Riskinin Değerlendirilmesi. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 7(2), 219-233.

Demirak, A., Yılmaz, F., Tuna, A. L. & Ozdemir, N. (2006). Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. *Chemosphere*, 63(9), 1451-1458.

Dirican, S., Çilek, S., Çiftçi, H., Bıyıkoglu, M., Karaçınar, S. & Yokuş, A. (2013). Preliminary study on heavy metal

concentrations of Anatolian Khramulya, *Capoeta tinca* (Heckel, 1843) from amlıgöze Dam Lake Sivas Turkey. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 11, 1-6.

Erolaş, F. A. (2020). Seasonal Variation of Heavy Metals Levels in Surface Waters of Siirt Region. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), 637-643.

Eroğlu, M. & Düşükcan, M. (2016). Some heavy metals in the muscle of *Capoeta trutta*: risk assessment for the consumers. *Cellular and Molecular Biology*, 62(6), 22-26.

Fırat, Ö. & Kılınç, Ü. (2022). Assessment of Lead, Cadmium, Chrome, Iron, Zinc and Copper Levels in Tissues of *Cyprinus carpio* from Atatürk Dam Lake (Adıyaman). *Commagene Journal of Biology*, 6(1).

Gunes, M., Sokmen, T. & Kirici, M. (2019). Determination of some metal levels in water, sediment and fish species of Tercan Dam Lake, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6).

Habib, S. S., Naz, S., Fazio, F., Cravana, C., Ullah, M., Rind, K. H., ... & Khayyam, K. (2024). Assessment and bioaccumulation of heavy metals in water, fish (wild and farmed) and associated human health risk. *Biological Trace Element Research*, 202(2), 725-735.

Kaçar, E. (2015). Dicle Nehri'nin Iılsu Baraj Göl Bölgesi'ndeki su, sediment ve bazı balıklardaki ağır metal birikiminin incelenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır.

Kaçar, E. (2024). Heavy metal concentrations in various tissues of two fish species from Damsa Dam Lake (Turkey) and associated health risk assessment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 81, 127339.

Kalay, M., Koyuncu, C. E., & Dönmez, A. E. (2004). Mersin körfezi'nden yakalanan *Sparus aurata* (L. 1758) ve *Mullus barbatus* (L. 1758)'un kas ve karaciğer dokularındaki kadmiyum düzeylerinin karşılaştırılması. *Ekoloji*, 13(52), 23-27.

Kawser Ahmed, M., Baki, M. A., Kundu, G. K., Islam, S., Islam, M. & Hossain, M. (2016). Human health risks from heavy metals in fish of Buriganga river, Bangladesh. *Springer Plus*, 5(1), 1-12.

Kırııcı, M., Taysı, M. R., Bengü, A. Ş. & İspir, Ü. (2013). Murat Nehri'nden yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'da bazı metal düzeylerinin belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 3(1), 85-90.

Kir, I. & Tumantozlu, H. (2012). Karacaören-II Baraj Gölü'ndeki Su, Sediment ve Sazan (*Cyprinus carpio*) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 21(82).

Kontaş, S. (2018). Melet Irmağı Su, Sediment ve Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Birikimi ve Genotoksik Etkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ordu, 256.

Köker, L. (2022). Health risk assessment of heavy metal concentrations in selected fish species from İznik Lake Basin, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(5), 372.

Köse, E. (2007). Enne Barajı'nda Yaşayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 58.

Murat, F. (2015). Gelingüllü Barajındaki *Cyprinus carpio*, *Leuciscus cephalus* and *Pagellus erythrinus* Balık Türlerindeki Bazı Ağır Metal (Cd, Pb, Cu, Zn) Seviyelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çorum, 94.

Mashoufi, S., Mohammadi, M., Ghanbarifardi, M. & Alimoradi, M. R. (2023). Determination of heavy metals (Cd, Zn, Pb and Hg) content in *Capoeta fusca* from Lar wetland, Zahedan, Iran. *Iranian Journal of Ichthyology*, 10(2), 102-113.

Moiseenko, T. I. & Gashkina, N. A. (2020). Distribution and bioaccumulation of heavy metals (Hg, Cd and Pb) in fish: Influence of the aquatic environment and climate. *Environmental Research Letters*, 15(11), 115013.

Monji, H., Nematollahi, A., Copat, C., Ferrante, M. & Fallah, A. A. (2022). A comparison of the metals and metalloid levels in wild and cultured *Capoeta damascina* fish and assessment of its potential health risks to humans in Iran. *Toxin Reviews*, 41(4), 1179-1190.

Nazeer, N., Masood, Z., Ben Said, M., Khan, T., Ullah, A., Ali, W. & Swelum, A. A. (2023). Impacts of some trace metals in *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) and *Tor soro* (Valenciennes, 1842) on Human Health. *Biological Trace Element Research*, 1- 12.

Nędzarek, A., Rybczyk, A., Bonisławska, M., Tański, A. & Tórz, A. (2021). Bioaccumulation of metals in tissues of *Rutilus*

rutilus and *Perca fluviatilis* from lakes with poor ecological status–human health risk assessment. *The European Zoological Journal*, 88(1), 1084-1095.

Norani, E., Haghparast, S., Raeisi, H. & Bastami, K. D. (2023). A spatiotemporal study on contamination and bioaccumulation of heavy metals in sediment and cyprinid fish (*Capoeta razii*) from Telar River, Iran. *Marine Pollution Bulletin*, 194, 115421.

Obayemi, O. E., Ayoade, M. A. & Komolafe, O. O. (2023). Health risk assessment of heavy metals in *Coptodon zillii* and *Parachanna obscura* from a tropical reservoir. *Heliyon*.

Özan, C. (2016) “İsparta Deresi'nin Su ve Sedimentindeki Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 75.

Özkan, G. (2009). Endüstriyel Bölge Komşuluğunda Kıyısız Kırsal Alandaki Hava Kalitesi; Muallimköy’de Partikül Maddede ve Topraktaki Ağır Metal Kirliliği. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *GYTE Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gebze, 9, 12- 22.

Saruhan A. (2019). Asarsuyu Deresi’nde Su ve Balık Dokularında Ağır Metal Birikiminin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Düzce, 58.

Sökmen, T. Ö., Güneş, M. & Kırıcı, M., (2018). Karasu Nehri’nden (Erzincan) alınan su, sediment ve *Capoeta umbla* dokularındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4): 578-588.

Sönmez, A. Y. (2011). Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi ve Bulanık Mantıkla Değerlendirilmesi.

Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı*, Erzurum, Türkiye

Sönmez, A., Hisar, O. & Yanık, T. (2012). Karasu Irmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1), 69-77.

Sünbül, M. R. (2019). Kahramanmaraş'ta Tüketilen Balıklarda Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Munzur Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tunceli, 39.

Tecimen, C. L., Çiftçi, N. & Cicik, B. (2023). Heavy Metal Levels and Human Health Risk Assessment in Some Fish Species Caught From Kuşadası Bay (Aegean Sea): Heavy Metal Levels and Human Health Risk Assesment in Some Fish. *Advanced Underwater Sciences*, 3(1), 01-08.

Tekin-Özan, S., Tunç, M. & Bakioğlu-Acar, B. (2024). Evaluation of some heavy metals and selenium pollution in Karataş Lake (Burdur/Türkiye) using various pollution indices and statistical analysis. *Marine Pollution Bulletin*, 199, 115927.

Tokatlı, C. & Ustaoglu, F. (2021). Meriç Delta Balıklarında Toksik Metal Birikimlerinin Değerlendirmesi: Muhtemel İnsan Sağlığı Riskleri. *Acta Aquatica Turcica*, 17(1), 136-145.

TS-266, (2005). İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. Türk Standartları, Ankara.

Turhan, Ş., Duran, C., Kurnaz, A., Hançerlioğulları, A., Metin, O. & Altıkulaç, A. (2023). Impact of toxic metal pollution on surface water pollution: a case study of Tohma stream in Sivas, Turkey.

International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 103(14), 3224-3234.

Ullah, A. A., Maksud, M. A., Khan, S. R., Lutfi, L. N. & Quraishi, S. B. (2017). Dietary intake of heavy metals from eight highly consumed species of cultured fish and possible human health risk implications in Bangladesh. *Toxicology Reports*, 4, 574-579.

Uluözölü, O. D. (2018). Determination Of Trace Metal Levels In Some Fish Species In Kılıçkaya Dam Lake From Sivas Turkey. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1), 19-27.

Ural, M., Arca, S., Örnekçi, G. N., Demirel, F., Yüce, S., Uysal, K., ... & Koçer, M. A. T. (2012). Metal accumulation in sediment, water, and freshwater fish in a Dam Lake. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 94(1), 49-55.

Varol, M., Kaçar, E. & Akin, H. K. (2020). Accumulation of trace elements in muscle, gill and liver of fish species (*Capoeta umbla* and *Luciobarbus mystaceus*) in the Tigris River (Turkey), and health risk assessment. *Environmental Research*, 186, 109570.

Yeltekin, A. Ç., İribüğday, F. & Ergöz, B. (2018). Van Balığı'nın (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt 1814) Yaş Değişkenine Bağlı Olarak Farklı Dokularındaki Bazı Metal Düzeylerinin İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(2), 89-101.

Yerli, C., Çakmakçı, T., Sahin, U., & Tüfenkçi, Ş. (2020). Ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığına etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(Özel Sayı), 103-114.

Yıldırım, H. (2022). Muş ili Murat Nehri'nde yaşayan *Capoeta trutta* (Karabalık) ve *Capoeta umbla* (Sarıbalık) balıklarının bazı dokularında ağır metal iyonlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van, 53.

BÖLÜM VIII

Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Kuluçkahane Yönetimi

Ramazan SEREZLİ¹

1. Giriş

Birçok sektörde olduğu gibi su ürünleri sektörü açısından kuluçkahane üretimin başlangıç noktasıdır. Kuluçkahaneler üretilen türün biyolojik, fizyolojik ve yaşamsal yapısına göre dizayn edilirler. Kuluçkahane kurulumunda başlangıç noktası üretilen tür seçimidir. Üretilen tür ve üretim hedefi (kapasite ve üretim büyüklüğü) belirlendikten sonra, elde edilen bilimsel veriler ışığında sistem dizaynı yapılır. Kuluçkahane kurulumunda sistemin kapalı devre mi, yoksa açık sistem mi olacağı, tatlı su mu deniz suyu mu kullanılacağı sistem ekipmanlarını belirlemede en önemli kriterlerdir. Deniz suyu kullanılacak sistemler tatlı su sistemlerinden çok daha maliyetlidir ve farklı ekipmanların sisteme entegrasyonunu gerektirir. Kuluçkahane kurulumunda sistemi etkileyen başlıca unsurlar; üretilen tür, üretim miktarı (adet), satış büyüklüğü ve talep miktarıdır.

¹ 1Prof.Dr.Ramazan SEREZLİ İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, İzmir, Türkiye, Orcid: 0000-0003-4819-6607 rserezli@gmail.com

Kuluçkahane kurulumunun ardından kuluçkahane yönetim stratejisi belirlenerek üretim planlaması yapılır. Kuluçkahane eğer stratejik plan yapılarak yürütülmezse uzun ömürlü olamaz. Bu nedenle kuluçkahanelerin her birimi ayrı öneme sahip olmakla birlikte her çalışanı da işletmenin sürdürülebilirliği açısından yadsınamaz değeri sahiptir.

Bu bölümde su ürünlerinin temelini oluşturan kuluçkahaneler üzerinde durularak, kuluçkahane yapıları, birimleri, işleyişleri ile kuluçkahaneler açısından takip edilecek su parametreleri, büyüme v.b. unsurlar irdelenecektir.

2. Kuluçkahane Nedir?

Kuluçkahane, özellikle balıklar, kümes hayvanları, hatta kaplumbağa v.b. canlıların yumurtalarının yapay koşullar altında yumurtadan çıkarıldığı ve belirli bir süre büyütüldüğü tesislerdir. Kuluçkahaneler nadir veya nesli tükenmekte olan türlerin kontrollü koşullar altında üretilmesi gibi, türleri koruma amacı için de sıklıkla kullanılmaktadır. Alternatif olarak gıda kaynaklarını veya balıkçılık kaynaklarını artırmak ve böylece bölgesel kaynakların ekonomiye kazandırılması gibi nedenlerle de kuluçkahaneler kullanılabilirler.

Su ürünleri kuluçkahaneleri, sucul canlıların (özellikle balıklar ve kabuklu sucul canlılar için) erken yaşam evrelerinde yapay üreme, yumurtadan çıkarma ve yetiştirme için dizayn edilen özel yerlerdir.

Kuluçkahaneler başlıca ticari ve ticari olmayan kuluçkahaneler olarak ikiye ayrılır. Ticari kuluçkahaneler, esas olarak balık çiftlikleri gibi büyütme yapılan sistemlere aktarılıp, hasat boyutuna ulaşmaları için su ürünleri yetiştiriciliği sektörünü desteklemek amacıyla larva ve/veya yavru balıklar ya da kabuklu deniz canlıları, algler ve yumuşakçalar üretilir.

3. Kuluçkahane Üretilen Türler

Kuluçkahanelerde yaygın olarak yetiştirilen bazı türler arasında deniz ve tatlı su balıkları türleri, istiridyeler, karidesler, somon, tilapia ve deniz tarağı gibi türler bulunur (Crespi & Coche, 2008). Dünya genelinde kuluçkahanelerde üretilen türler çok değişkenlik gösterir. Her ülkenin ürettiği türe göre dizayn edilmiş kuluçkahane tasarımları bulunmaktadır. Üretilen türler sadece balık türleri olmamakla birlikte, karides türleri, kabuklu su canlıları grubundaki türler, ahtopot ve deniz hıyarı türleri üretimi de yapılabilmektedir. Ülkemizde deniz kuluçkahanelerinde çipura (*Sparus aurata*), levrek (*Dicentrarchus labrax*), granyöz (*Argyrosomus regius*) türleri başlıca üretilen türlerdir. Bunun yanı sıra benzer üretim yapısına sahip fangri (*Pagrus pagrus*), antenli mercan (*Pagrus caeruleostictus*), lahos (*Epinephelus aeneus*), sarıkuyruk akya (*Seriola dumareli*), trança (*Dentex gibbosus*) gibi türler üzerinde yavru üretim ve büyüme çalışmalarının da sürdürüldüğü bilinmektedir (Url 1). Bunların yanı sıra Japonya ile yapılan uluslararası bir proje kapsamında başlatılan kalkan balığı (*Psetta maxima*) üretimi yapılmış olup, halen üretim çalışmaları sürdürülmektedir. Ülkemizde karides üretimi üzerine de denemeler yapılmakla birlikte midye, istiridye, tarak gibi çift kabuklu su ürünleri üretimi ticari olarak yapılmamaktadır.

Ülkemizdeki tatlı su kuluçkahanelerinde ise ticari olarak gökkuşağı alabalığı üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde sadece ticari bir işletmenin mersin balığı üretimi yaptığı bilinmektedir. Devletin kontrolündeki üretim istasyonlarında doğal bazı türlerin üretilerek doğal stokların desteklendiği (bu türler doğal kırmızı benekli bazı alabalık türleri ile yayın ve sazan balığı türlerini kapsamaktadır) ve bazı akvaryum türlerinin üretilerek satışı yapıldığı bilinmektedir. Bunun yanı sıra yine devlet kontrolünde mersin balığı üretimi yapılarak doğal ortama bırakılmakta ve özel sektöre ait bir mersin balığı yetiştiricilik tesisi bulunmaktadır.

Kuluçkahanelerde üretilen türlerde çeşitlilik giderek artmaktadır. Doğal stokların azalması, çevre kirliliğinin artması,

küresel ısınma, besin gereksinimlerinin artması, araştırma faaliyetlerinin gelişmesi gibi unsurlar tür çeşitliliğini arttıran en önemli unsurlardır.

4. Kuluçkahanelerin Önemi

Dünya toplam su ürünleri üretimi 2022 yılında 185 milyon ton olarak belirlenmiştir (FAO 2024). Bu üretimin 94 milyon tonu yetiştiricilik, 91 milyon tonu avcılık yolu ile sağlanmıştır. Yetiştiricilik yolu ile üretim avcılık üretimini geçmiştir. Ekonomik değer açısından ise 157 milyon dolar avcılık yolu ile 296 milyon dolar yetiştiricilik üretiminden sağlanmıştır (FAO 2024). Yetiştiricilik yolu ile üretimini başlangıç noktası kuluçkahaneler olduğu için kuluçkahanelerin önemi katlanarak artmaktadır. Dolayısıyla tükenen balık stoklarının doğadan yakalanan veya üretilen canlıların kuluçkahanelerde büyütülmesine yönelik çalışmalar kuluçkahanelerin önemini arttırmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde azalan stokların kuluçkahane orjinli balıklarla desteklenmesi ve bu uygulamanın avantaj ve riskleri ile ilgili çok sayıda faaliyet bulunmaktadır (Chaput ve ark., 2017). ABD’de 1872 yılında Balık ve Yaban Hayatı Servisi tarafından, yerel balık türlerinin korunmasını desteklemek için ‘Ulusal Balık Kuluçkahane Sistemi’ kurulmuştur (Url 2). Ülkemizde ise benzer şekilde nesli azalan türlerin devlet eli ile üretilerek doğal stokların desteklendiği araştırma enstitüleri bulunmaktadır.

Kuluçkahaneler yetiştirme tesislerine porsiyonluk su ürünleri üretimi amacı ile larva ve genç balıklar ve kabuklu deniz ürünleri ürettikleri için sektörün en önemli unsurlarıdır. Kuluçkahane üretimi sektöre üç ana fayda sağlamaktadır:

4.1. Sezon (Mevsim) dışı üretim

Su ürünleri yetiştirme tesislerine düzenli ve sürekli balık tedariki önemli bir pazar gereksinimidir. Damızlık balıkların olgunlaştırılarak yumurtlamaya teşviği ile sadece doğal yumurtlama sezonunda değil yıl boyunca çiftliklere yavru balık tedariki

gerçekleştirilme olanağı bulunmaktadır. Tedarik, genelinde zıt yarımküredeki, yani zıt mevsimlere sahip kuluçkahanelerden kaynak sağlanarak üretim daha da garanti altına alınabilir. Genel olarak sıcaklık ve ışık kontrolü ile üremenin farklı zamanlar kaydırılması çok yaygın uygulanan bir yöntemdir. Ayrıca özellikle alabalık üretiminde farklı zamanlarda yumurtlama eğilimi olan hatların kullanımı yumurtlamanın daha geniş zamana yayılmasını sağlayan bir uygulamadır. Böylece üretim belirli bir zamana sıkıştırılmamış olup, yılın geneline üretim yayılmış olur.

4.2. Genetik iyileştirme (İslah)

Bazı kuluçkahanelerde yetiştirilen türlerin kalitesini ve verimini iyileştirmek için genetik modifikasyon/manuplasyon yapılır. Seçici yetiştiricilik uygulamaları ile birlikte uygulanan suni dölleme programları, büyüme hızı, hastalık direnci, hayatta kalma (yaşama oranı), renk, fekondite ve/veya daha düşük olgunlaşma yaşı gibi üretim özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılır. Genetik iyileştirme; seçici üreme, melezleme veya diğer genetik manipülasyon teknikleri aracılığıyla sağlanabilir. Bazı durumlarda tüm dişi, tüm erkek veya kısır balık üretimleri kullanılmaktadır. Bu uygulamalarda genetik değişim veya genetik oynama söz konusu değildir.

4.3. Doğadan yakalanan yavrulara olan bağımlılığın azaltılması.

2022'de su ürünleri yetiştiriciliği, yaklaşık 95 milyon tonla, toplam gıda amaçlı balık arzının %51'ini oluşturmuştur (Çöteli, 2022). Her ne kadar doğadan yakalanan yavrular hala endüstride kullanılıyor olsa da, yavruların yakalanmasının sürdürülebilirliğine ilişkin endişeler ve doğal yumurtlama olaylarının değişken zamanlaması ve büyüklüğü, kuluçkahane üretimini su ürünleri yetiştiriciliğini artan taleplerini desteklemek için cazip bir alternatif haline getirmektedir.

5. Üretim Aşamaları

5.1. Damızlık Stok Oluşturma

Damızlık hayvanların şartlandırılması, gonadların gelişimini teşvik ederek yetişkinlerin yumurtlama durumuna getirilmesi sürecidir. Damızlık hayvanların şartlandırılması, yumurtlamayı doğal yumurtlama dönemlerinin ötesine veya farklı çevre koşullarında doğal coğrafi aralıklarının dışında yetiştirilen türlerin üretimi için de uzatabilir. Bazı kuluçkahaneler doğal ortamda yetişkin bireyleri toplayıp, adapte ederek olgunlaşmalarını sağlarken birçok kuluçkahane kalıcı bir üreme stoğu bulundurur. Adaptasyon ve olgunlaştırma, damızlıkların ışık, sıcaklık, tuzluluk, akış hızı ve besin bulunabilirliği için optimum koşullarda akışlı tanklarda tutulmasıyla sağlanır.

Damızlıkların şartlandırılmasının bir diğer önemli yönü, damızlık hayvan bireylerinin sağlığını ve refahını optimize ederek larvaların büyümesini ve hayatta kalmasını iyileştirmek için yüksek kaliteli yumurta üretiminin sağlanmasıdır. Yumurta kalitesi genellikle dişi anacın beslenme durumuna göre belirlenir. Özellikle larvaların hayatta kalma oranlarını iyileştirmek için yüksek seviyelerde lipit rezervleri gereklidir.

Doğal yumurtlama, normal yumurtlama mevsimi boyunca kuluçkahanelerde meydana gelebilir ancak yumurtlama zamanı üzerinde daha fazla kontrol gerektiğinde, olgun bireylerin yumurtlaması çeşitli yöntemlerle tetiklenmesi gerekebilir. Damızlıklardan yumurta ve sperm elde edilmesi amacıyla türe özgü uygulanan bazı yöntemler bulunmaktadır.

5.2. Elle Sağım: Balıklar, genellikle anestezi uygulandıktan sonra göğüs yüzgeçlerinin altından anüse doğru sıvazlanarak elle yumurtaların ve spermelerin dışarı çıkması sağlanır. Bazı balıklar ve kabuklu deniz ürünleri için, gonadların çıkarılması ile de suni dölleme işlemi sonucu yavru üretimi yapılmaktadır.

5.3. Çevresel manipölasyon: Bazı türlerde akışlı tanklarda soğuk suyun daha sıcak suyla dönüşümlü olarak verildiği termal şok, yumurtlamayı başlatabilir. Alternatif olarak, doğal yumurtlamayı uyaran çevresel ipuçları biliniyorsa, bunlar tankta taklit edilebilir, örneğin göç davranışını simüle etmek için tuzluluk değiştirilir, yağmur taklit edilerek su değişimleri yapılabilir. Birçok birey bu şekilde yumurtlamaya başlatılabilir ancak bu, kontrolsüz döllenmenin meydana gelme olasılığını arttıran bir uygulamadır.

5.4. Hormonal uygulamalar: Yumurtlamayı başlatmak için çeşitli kimyasallar kullanılabilir ve bunların en yaygın kullanılanları çeşitli doğal ve sentetik hormonlardır. Yaygın olarak hipofiz ekstratları, LH-RH, HCG, GnRH v.b. hormonlar ve ticari olarak isimlendirilen ovopel, ovaprim, ovatide balıklarda üremeyi teşvik için kullanılırlar (Harlıoğlu). Balık üretiminde hormonlar yumurta ve spermin vücuttan atımını sağlamak için uygulanırlar. Uygulamalar enjeksiyon ve deri altı emilim şeklindedir. Enjeksiyon uygulamaları genellikle 2 doz şeklinde uygulanmaktadır.

6. Üretim Aşamaları

Kuluçkahaneler üretimin çeşitli aşamaları bulunmakla birlikte bu aşamalar üretilecek türe özgü değişkenlik göstermektedir.

6.1. Yumurta Temini

Yumurta temini ve anaçlara uygulanan protokoller türden türe çok farklı değişkenlik gösterebilir. Gökkuşaağı alabalığı gibi bazı türlerde doğal veya uyarlanmış şartlar takip edilerek anacın olgunlaştığının anlaşılmasıyla direkt olarak yumurta alınabilir. Bazı türlerde ise çevresel şartlar ve anaçların olgunlaşması yanında hormon desteği ile yumurtanın alınmasını gerektirebilir. Mersin balığı, yayın balığı erkeği gibi bazılarında ise tüm bu uygulamaların yanı sıra balıkların kesilmesi gerekebilir. Yumurta temini yavru üretiminin ilk aşaması olup bazen doğadan bazen de diğer işletmelerden temin edilerek üretim süreci başlatılabilir. Sadece yumurta temini üretimin başlaması için yeterli olmayıp dölleme için sperme de ihtiyaç bulunmaktadır.

6.2. Dölleme

Yumurta ve sperm temininden sonra bunların uygun şekilde birleştirilerek dölleme süreçlerinin başlatılması gerekmektedir. Döllenmeden önce, kültürleri kirletebilecek yabancı maddeleri ve bakterileri gidermek için yumurtalar nazıkçe yıkanabilir. Ancak bu işlemin bazı türlerde yumurtanın su alıp şişmesini sağlayacağı unutulmamalıdır. Kuluçkahanede üretilen stokta genetik çeşitliliği korumak için çok sayıda birey arasında çapraz döllenmeyi teşvik etmek gerekir. Alınan yumurtalar ayrı tutularak, birkaç erkekten alınan spermle dölleme yapılması genetik bozuklukları ortadan kaldırmak için uygulanan en pratik yöntemdir. Yüksek döllenme oranlarından emin olmak ve larva yetiştirme tanklarına aktarılacak sayıları tahmin etmek için mikroskop altında örnekler analiz edilerek sürecin takip edilmesi önemlidir. Birçok deniz balığı türü üretimi anaçların tank içinde yumurta ve sperm dökmeleri ve böylece döllenmiş yumurtaların ayrı bir inkübasyon birimine transferi ile gerçekleştirilmektedir. Bu türlerde bazen elle sağım ile de üretim yapılmaktadır.

6.3. Larva

Larvaların erken yaşam evreleri boyunca yetiştirilmesi, genellikle balık kuluçkahaneleriyle yakın ilişkili olan ön büyütme bölümünde yürütülürken, kabuklu deniz ürünleri üretiminde ön büyütmenin ayrı ayrı bulunması da yaygındır. Larvaların, büyüme tesislerine nakledilmeye uygun büyüklükte yavrular yetiştirmek için ön büyütme, tamamen kara tabanlı olabilen çeşitli farklı sistemlerde gerçekleştirilebilir veya larvalar daha sonra yem tedarik etme ihtiyacını azaltan deniz tabanlı yetiştirme sistemlerine aktarılabilir. Yavruların hayatta kalması çok yüksek kaliteli su koşullarına bağlıdır. Besleme, yetiştirme sürecinin önemli bir bileşenidir. Birçok tür yalnızca anneden gelen rezervlerde büyüyebilse de, ticari olarak üretilen türlerin çoğu hayatta kalmayı, büyümeyi, verimi ve yavru kalitesini optimize etmek için beslenmeye ihtiyaç duyarlar.

Beslenme gereksinimleri türe özgüdür ve ayrıca larva aşamasına göre değişir. Karnivor balıklar genellikle canlı yemle beslenir; Rotiferler genellikle küçük boyutta olmaları nedeniyle ilk beslemede larvalara sunulur ve daha sonra daha büyük boyutta olan artemia nauplii veya zooplanktonlara doğru süreç ilerler. Canlı yemin yerinde üretilmesi veya satın alınması, yoğun emek gerektiren bir süreç olduğu için kuluçka tesisleri için en büyük maliyetlerden birisi de canlı yem tedarikiğidir. Yapay yemlerin geliştirilmesi, canlı yem üretiminde yer alan maliyetleri düşürmeyi ve beslenmenin tutarlılığını artırmayı hedefler, ancak bu alternatiflerde büyüme ve hayatta kalma oranının azaldığı bulunmuştur.

Kabuklu deniz hayvanlarının kuluçkahane üretimi, serbest yüzen larvaların sudan çıkıp bir substrata yerleştiğı ve uygun koşullar bulunursa başkalaşıma (metamorfoz) uğradığı kritik bir yerleşme aşamasını da içerir.

Kabuklu canlıların başkalaşım gerçekleştirmiş yavruları genellikle ‘spat’ olarak isimlendirilir, bu süreçten sonra büyütme tesislerine taşınma aşaması başlar. Yerleşme davranışı, substrat türü, su akışı, sıcaklık ve yetişkinlerin varlığını veya bir yiyecek kaynağını gösteren kimyasal ipuçlarının varlığı gibi bir dizi ipucuyla yönetilir. Bu nedenle kuluçkahane tesislerinin yerleşmeyi teşvik etmek için bu ipuçlarının anlaşılması ve aynı zamanda minimum ölüm oranıyla kolay taşıma ve taşımaya olanak sağlamak için yapay substratlar kullanılarak yer değiştirebilmesi gerekir.

Kuluçkahane tasarımları oldukça esnektir ve sahanın, üretilen türlerin, coğrafi konumun, finansmanın ve kişisel tercihlerin gereksinimlerine göre uyarlanır.

Kuluçkahane tesislerinin çoğu küçüktür ve birçoğu yalnızca satış için yavru üretimi yaparken, bazıları diğer porsiyonluk yetiştirme faaliyetleriyle bağlantılıdır.

Çok küçük ölçekli kuluçkahaneler genellikle Güneydoğu Asya'da ailelere veya topluluklara tedarik sağlamak için geçimlik tarımda kullanılır.

Küçük ölçekli bir kuluçkahane ünitesi, larva yetiştirme tankları, filtreler, canlı gıda üretim tankları ve bir akış su kaynağından oluşur.

Genelleştirilmiş ticari ölçekli bir kuluçkahane, bir anaç bulundurma ve yumurtlama alanı, canlı yem kültürü tesisi, larva kültürü alanı, yavru kültürü alanı, pompa tesisleri, laboratuvar, karantina alanı, ofisler, makine dairesi ve banyolar gibi kısımları içerir.

İşgücü, genellikle kuluçkahane üretimindeki en büyük maliyettir ve toplam maliyetlerin %50'sinden fazlasını oluşturur.

Kuluçkahaneler birer işletmedir ve bu nedenle ekonomik uygulanabilirlik ve üretim ölçeği hayati önem taşıyan hususlardır.

Stok artırma programlarının üretim maliyeti, yabancı popülasyonlara yeniden stoklama faaliyetlerinden elde edilen faydaların değerlendirilmesinin zorluğu nedeniyle daha da karmaşıktır.

Kuluçkahane tesisleri genetik alanında üç ana sorun ortaya çıkarabilir.

1- Az sayıda anaç stoğunun bakımının akraba yetiştiriciliğine neden olabilmesi ve potansiyel olarak akraba yetiştiricilik depresyonuna yol açarak tesisin başarısını etkileyebilmesidir.

2- Oldukça büyük bir anaç stoğundan bile olsa, kuluçkahane yetiştirilen yavrular, doğal popülasyonlara kıyasla büyük ölçüde azaltılmış genetik çeşitliliğe sahip olabilir. Çiftliklerden kaçan veya yeniden stoklama amacıyla serbest bırakılan bu tür balıklar, doğal popülasyon genetiğini ve yaşayabilirliğini olumsuz etkileyebilir. Bu, kaçan balıkların aktif olarak yetiştirildiği veya başka şekilde genetik olarak değiştirildiği durumlarda özellikle endişe verici bir durumdur.

3-Diğer önemli sorun, gıda maddelerinin genetik olarak değiştirilmesinin birçok insan için son derece istenmeyen bir durum olması ve kötü gözle görülmesidir.

Balıkçılık kuluçkahane yönetimi, yoğun balık yetiştiriciliği için balık kuluçkahanelerinin etkili yönetimini içerir. Kuluçkahane inşaatı, nursery ve yetiştirme havuzları, inkübasyon bölümü, hedeflenen üreme için hormon uygulaması ve yapay çoğaltma adımları gibi çeşitli unsurları içerir.

Balık kuluçkahane yönetiminin amacı yalnızca doğal popülasyonları desteklemek için balık üretmek değil, aynı zamanda tehdit altındaki veya nesli tükenmekte olan türlerin genetik çeşitliliğini ve bütünlüğünü korumaktır.

Koruma kuluçkahaneleri, akraba evliliğini ve esarete uyumu en aza indirirken genetik çeşitliliği ve etkili popülasyon boyutunu en üst düzeye çıkarmayı amaçlar. Koruma kuluçkahanelerinde yönetim stratejilerinin pratik uygulaması zor olabilir, çünkü küçük bölgesel popülasyonlar için birçok ipucu gerekebilir.

Genel olarak, balık kuluçkahane yönetimi, balık çiftçiliğinin genişletilmesi, kaliteli balık yavrusu ve yumurta tedarikinin sağlanması ve balıkçılık kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için çok önemlidir. Deniz kuluçkahaneleri daha kompleks ve yatırım gerektiren ve işletme maliyetleri yüksek olan üretim tesisleridir. Tatlı su kuluçkahaneleri ise daha iptidai şartlar gerekterir ve işletme maliyetleri ve yatırım gereksinimleri düşüktür. Tablo 1 de deniz kuluçkahaneleri ile tatlı su kuluçkahaneleri arasındaki olası farklılıklar özetlenmiştir.

Tablo 1. Deniz ve tatlı su balıkları kuluçkahanelerinde bulunması gereken birimler

Birimler	Deniz Balıkları	Tatlı Su Balıkları
Anaç Ünitesi	+	+ (olmayabilir)
Larva Ünitesi	+	+
Alg Ünitesi	+	-
Canlı Yem Ünitesi	+	-
Adaptasyon	+	-
Nursery	+	-
Makine Ünitesi	+	+ (kısmen)
Kuluçka Sistemi (Dolap, zuger vs.)	+	+

Kuluçkahaneler su ürünleri yetiştiriciliğinin başlangıç noktası olup, buradan çıkan ürünün kalitesi üretim kalitesini belirler. Bu nedenle kuluçkahanelere gereken önem verilmeli, Ar-Ge çalışmalarına imkan sağlanarak gelişim sağlanmasının önü açılmalıdır. Üretim başarısı ve kalitesi kadar önemli olan planlama yapılmadan hiçbir üretimin başarıya ulaşması mümkün değildir. Ürünün gerçek değerinin ancak iyi bir planlama ve yönetimle elde edileceği unutulmamalıdır.

Literatür

Chaput, G., Knight, P., Russell, I., Sivertsen, A., Hutchinson, P., and Forero Segovia, S. L. 2017. Understanding the risks and benefits of hatchery and stocking activities to wild Atlantic salmon populations. Report of a Theme-based Special Session of the Council of NASCO. NASCO Council document CNL(17)61. 116 pp

Crespi V., & Coche A. (2008) Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) Su Ürünleri Yetiştiriciliği Sözlüğü

Çötel, F. T. (2022). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Ürün Raporu Su Ürünleri. Ankara.

FAO. (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>

Harlıoğlu, A. G. (2015). Kültür Balıklarında DölAlımında Hormon Kullanımı. Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 2(1), 35-38

Url 1. <https://akvatek.com.tr/tr/> (Erişim: 08.11.2024)

Url 2. <https://www.fws.gov/story/national-fish-hatchery-system-supports-aquatic-conservation> (Erişim: 08.11.2024)

BÖLÜM IX

Effects Of Paracetamol On Reproduction And Physiological Traits Of *Daphnia Magna*

Çetin YAĞCILAR¹

Muazzez GÜRGAN ESER²

İrem Nur AY³

Ayşe Nur KARABAL⁴

Introduction

Toxicology studies have revealed important information about the effects of unmetabolized residues of pharmaceuticals used for animal and human health since the medications can end up in water sources without being processed and eliminated in waste water treatment applications. The increased concentrations of medications can enter food chain of at least aquatic organisms. Therefore, monitoring the effects of medications in aquatic environment still

¹ Dr., Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Tekirdağ/TÜRKİYE, Orcid: 0000-0002-4683-820X, cyagcilar@nku.edu.tr

² Asst. Prof.Dr., Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Tekirdağ/TÜRKİYE, Orcid: 0000-0002-2966-1510, mgurgan@nku.edu.tr

³ Undergraduate, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Tekirdağ/TÜRKİYE, Orcid: 0000-0002-5860-4056, karabalaysenur86@gmail.com

⁴ Undergraduate, Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Tekirdağ/TÜRKİYE, Orcid: 0000-0001-9791-70007, iremnur_ayy@hotmail.com

maintains its importance. Among such pharmaceuticals, paracetamol (also called acetaminophen) is taking attention since it is the most commonly used analgesic around the world (Ennis et al., 2016). It is administered to more than 30 million in USA only in 2020, and can even be obtained prescription-free (Statista, 2022). It is a non-steroidal anti-inflammatory drug used against pain and fever, and also found in combination with many other drugs such as sleep, cold, allergy drugs (Gemiş & Koçak, 2019). Overdose usage of this pharmaceutical is unfortunately not very rare and may result in liver damage and even death (Hadi et al., 2013). It also induces oxidative stress in the body, can also result in endocrine disruption and even can affect gene expression (Ding et al., 2020). In England 227 deaths occurred due to overdose usage of paracetamol in 2021 (Statista, 2022).

Ecotoxicological studies for the monitoring of effects of pharmaceuticals ending up in water resources can be carried out on the model organism *Daphnia magna*. It feeds on small suspended particles in the water. Indeed, they feed by filtering the suspension. Through their transparent body, their heart rate, egg production, gastrointestinal system etc. can be followed (Ebert, 2005). The easy growth and followable aspects, as well as filtering type of feeding, make these tiny aquatic animals ideal for ecotoxicology studies.

The residues of paracetamol have been detected in different water environment (Liu et al., 2019; Sousa & Nunes, 2021). This shows the severity of the situation about the usage of paracetamol and their effects in the environment. Therefore, in this study, the effects of different concentrations of paracetamol on reproduction, heart rate and survival of *Daphnia magna* were investigated.

Materials and Methods

Daphnia magna is the most commonly used model organism for the evaluation of behavioral and physiological effects and for the study of problems caused by the effects of various environmental factors and chemicals, including pharmaceuticals (Tkaczyk,

Bownik, Dudka, Kowal & Ślaska, 2021;Preuss, Hammers-Wirtz, Hommen, Rubach & Ratte, 2009). *Daphnia magna* was used as the aquatic animal in this study (Figure 1).

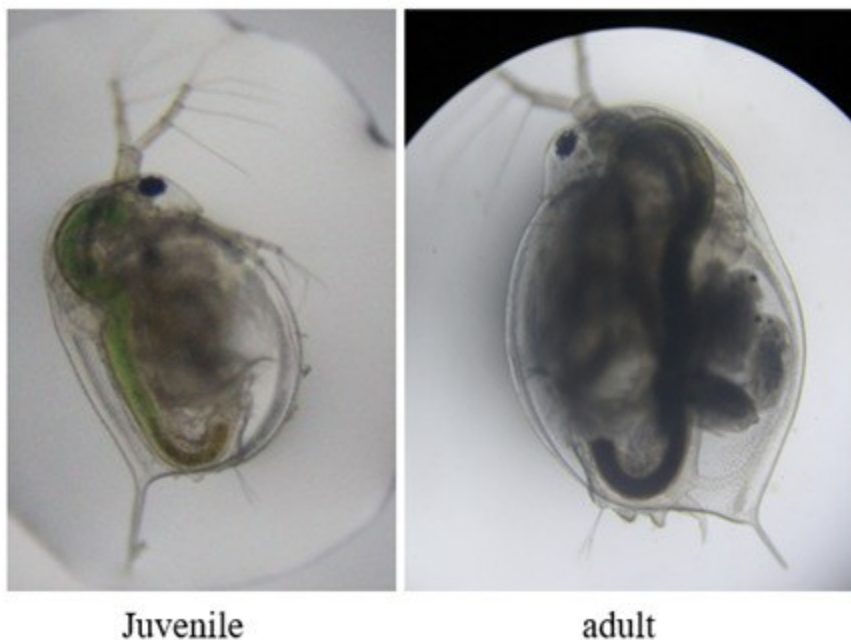


Figure 1: Water flea (Daphnia magna)

Juvenile organisms, collected using a 20-micron mesh sieve from 50x50x50 aquaria grown under laboratory conditions, were placed in 20x15x15 plastic boxes for adaptation. In these boxes, they were fed once a day for 10 days with commercial feed (Inve O. RANGE Start 200-300 micron) (Figure 2), and the water was changed daily. The ingredients of the feed are given in Table 1. Plastic culture boxes of 4 L were filled with tap water and 60 daphnia were added to each box. Paracetamol was administered to culture boxes as 10, 15, 20 and 25 mg/L concentration. The concentrations

of paracetamol were adjusted by homogeneously dissolving Parol® tablets (Atabay, Turkey) which contain 500 mg paracetamol in each tablet. The mentioned concentration of the pharmaceutical was added to the culture water every day after the changing of culture water. The temperature was kept at 26 °C throughout the experiment, while the illumination regime was 14h light and 10h dark provided with an automagical illumination system. The feeding was provided with the commercial feed once a day by dissolving of the feed in water.

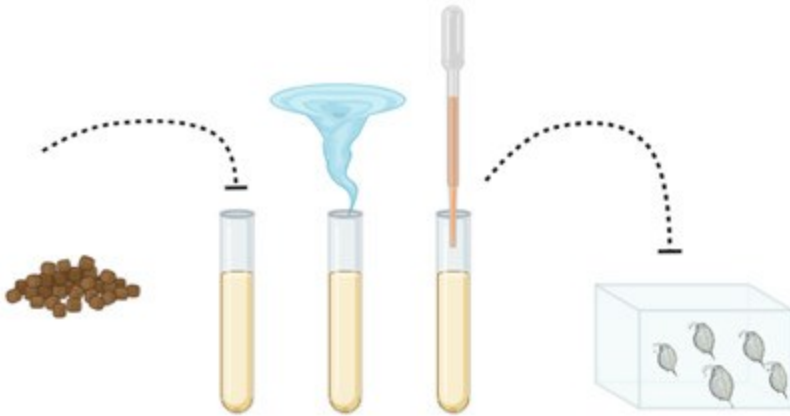


Figure 2: The way of feeding

*This image was created with biorender
(<https://app.biorender.com/>)*

Table 1: The ingredients of the feed

Ingredient	Amount (%)
Crude protein	56
Crude oil	13
Crude fiber	1
Calcium	1.2
Phosphorus	1.3

Heart rate of daphnia was measured everyday under a light microscope, together with the determination of number of molts, offspring, number of surviving animals, The experiments were carried out in the Aquaculture Laboratory of Department of Biology, Tekirdag Namik Kemal University, Tekirdag, Türkiye.

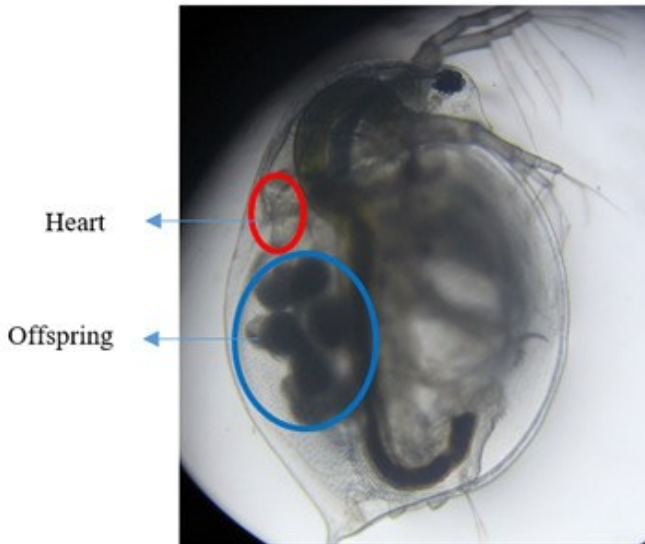


Figure 3: Water flea (Daphnia magna)

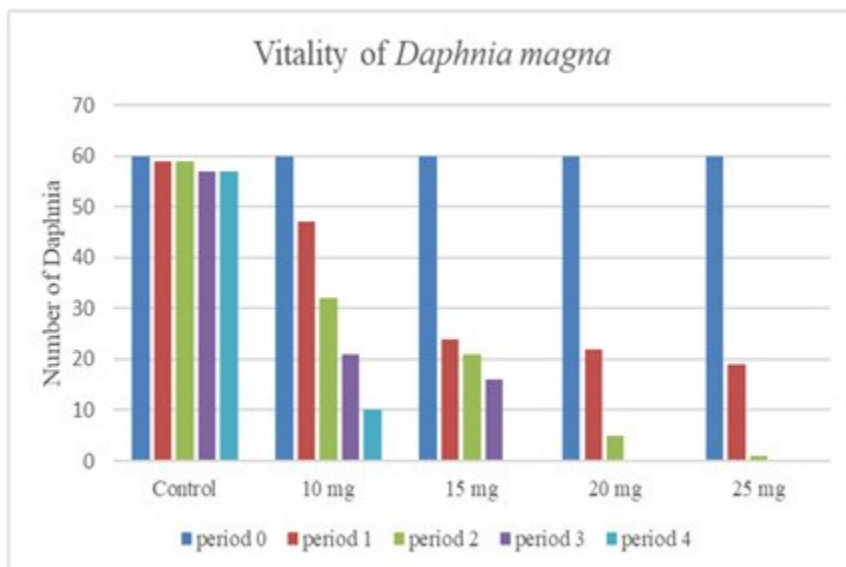
During the experiment, the size, heart rate, number of eggs, number of molts and number of offspring in the environment were determined. In this regard, a total of 60 creatures were kept in each group in the study, which was conducted as 3 replicates. From the beginning to the end of the study, the cans were renewed after collecting the animals and the water was changed before feeding. At the same time, the molts were collected using a plastic pipette and counted while the water was changed. Measurements were taken on the animals every three days during the experiment. First, the size of the creatures was measured using an eyepiece micrometer under a SOIF microscope, and at the same time, the number of eggs in the individuals and the heart rate were measured. The heart rate measurement was done with the help of a stopwatch for 15 seconds.

Statistical analysis

The difference between the measurements were compared with One-way ANOVA using Minitab 13 software.

Results and Discussion

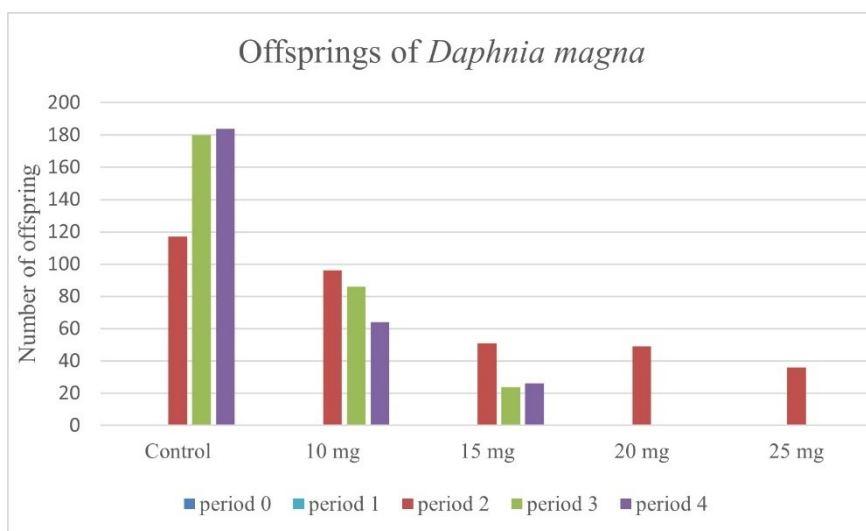
In this study, different concentrations of paracetamol were administered to *Daphnia magna* and the vitality, offspring production, heart rate, body length and molting were followed and measurements were taken every three days (making up a period). The vitality change of *Daphnia* in this experiment is demonstrated in graphic 1.



Graphic 1: The vitality of Daphnia magna under the exposure of different doses of paracetamol

While there was no significant difference between the periods in terms of survived animals in the control condition, the number of alive animals decreased in every period when they were exposed to 10 mg of paracetamol. The number of surviving animals in the second period was a 21.5% decrease compared to the first period. And this decrease was 32%, 34.5% and 52.4% in the following periods. On the other hand, the number of surviving animals dropped by 60% in the second period compared to the first period in case of exposure to 15 mg paracetamol. The decrease in the following periods were 12.5% and 24%. When the concentration increased to 20 mg, the decrease of surviving Daphnia was 63% followed by a 77.2% after which no alive Daphnia was left. The highest tested concentration (25 mg paracetamol) the decrease of surviving Daphnia by 68.3% after the first period got even dramatic at the second period and it reached to 95% and the number of surviving animal was only 1, which could not resist this

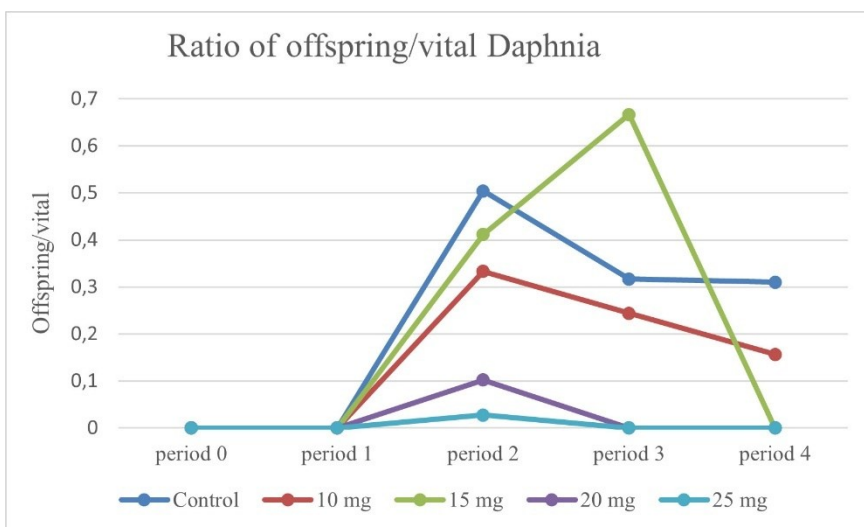
concentration for another period. There were a dramatic ratio of *Daphnia* death in the concentrations of 20 and 25 mg paracetamol. On the other hand, the dramatic rate of decrease in surviving animals exposed to 15 mg paracetamol in the acute phase slowed down in the chronic phase of exposure. Yet, the vitality terminated at the fourth period under this concentration. Under the lowest dose of application, the rate of death of *Daphnia* was lower in the first three periods, and increased in the last period and there was no surviving animal at the end of the alst period. These results revealed the dramatic effects of paracetamol on the vitality of *Daphnia*.



Graphic 2: Offspring production of Daphnia magna under the exposure of different doses of paracetamol

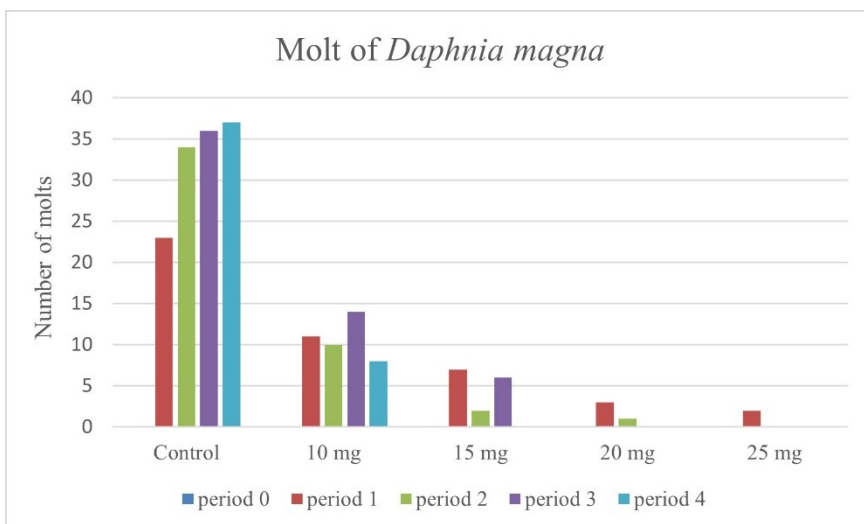
The breeding of daphnia occurred after period 2 under exposure to all the doses of paracetamol, there was no offspring after the first period (Graphic 2). In the control condition, production of offspring increased in the following two periods while the offspring amounts decreased gradually under the exposure to 10 and 15 mg paracetamol. The offspring production stopped totally with a drastic decrease after the second period. As a matter of fact, there is no vital daphnia in periods 3 and 4. When compared to the control condition,

the vital animal number decreased with the increasing paracetamol dose at the end of second period. The tendency to produce offspring decreased upon increase of medication dose along with the decrease in the number of vital animals. There was an increase in the ratio of offspring/vital at the end of third period only under the exposure to 15 mg paracetamol (Graphic 3). This might indicate that there is an adaptation tendency under the exposure to low dose of paracetamol in short term, however, this adaptation cannot be maintained under long term exposure.



Graphic 3: The ratio of offspring to vital Daphnia magna under the exposure of different doses of paracetamol

The trend of molt and vital animal numbers are parallel to each other. Non-significant change in vital animal number in control condition supports the trend of increase in the number of molts. There was a significant decrease in the molting even under the exposure to 10 mg paracetamol (Graphic 4). The decrease in the vital Daphnia number and the molting is correlated.



Graphic 4: The molting of Daphnia magna under the exposure to different doses of paracetamol

The heart rates of *Daphnia magna* significantly decreased by the exposure to high levels of paracetamol (Table 2). Administering 25 mg of paracetamol for two periods decreased the heart rate by 16% and the vital animals by 63%. The number of vital daphnia decreased to only 1 at the end of second period of exposure to 25 mg of paracetamol. When the daphnia were exposed to 20 mg of paracetamol for two periods, the heart rate was 15% lower than that of control condition and the vital animals were 1/11 of the control condition.

Table 2: Comparison of heart rates of groups by periods

	Period 0	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4
Control	456.93±39.43	462.63±33.07 ^a	475.92±31.15 ^a	473.61±34.00 ^a	470.25±32.35 ^a
10 mg	457.93±40.86	467.44±42.22 ^a	450.50±69.86 ^{ab}	434.86±36.49 ^b	433.20±21.99 ^b
15 mg	459.47±36.77	460.94±122.81 ^a	449.71±34.35 ^{ab}	424.00±34.00 ^b	
20 mg	461.87±33.66	435.35±105.01 ^a	405.60±85.77 ^b		
25 mg	465.60±40.95	388.86±100.42 ^b			
p value	0.792	0.000	0.003	0.000	0.000

Values were mean ± SD; n = 9 Significant differences, in comparison with the control, were indicated by asterisks. *P < 0.05

Moreover, the body lengths of *Daphnia* were significantly higher than that of the control condition only in the second period of 10 mg administration, while they were not significantly different than the control at the later periods (Table 3). This situation revealed the development of adaptation in acute phase but long-term exposure resulted in negative effects for *Daphnia*.

Table 3: Comparison of body length of groups by periods

	Period 1	Period 2	Period 3	Period 4	Period 5
Control	1.73 ± 0.22	2.15 ± 0.21	2.56 ± 0.16	2.66 ± 0.19	2.89 ± 0.13
10 mg	1.71 ± 0.17	2.28 ± 0.21 [*]	2.62 ± 0.15	2.74 ± 0.16	2.89 ± 0.14
15 mg	1.75 ± 0.21	2.17 ± 0.14 [*]	2.56 ± 0.13	2.66 ± 0.13	
20 mg	1.71 ± 0.22	2.19 ± 0.18 [*]	2.53 ± 0.06		
25 mg	1.72 ± 0.18	2.18 ± 0.10 [*]			
p value	0.812	0.022	0.313	0.238	0.913

Values were mean ± SD; n = 9 Significant differences, in comparison with the control, were indicated by asterisks *P < 0.05.

Conclusion

The effects of paracetamol on the vitality of *Daphnia magna* were dramatic. The increased the concentration of paracetamol, the lower the number of alive daphnia in every period of drug administration to the growth medium. While the body length increased upon 10 mg paracetamol application, the body length decreased with increased concentrations. The heart rates of *Daphnia magna* significantly decreased by the exposure to high levels of paracetamol. Administering 25 mg of paracetamol for two periods decreased the heart rate by 16% and the vital animals by 63%. Overall, the results revealed that there was an adaptation developed in acute phase, but long-term exposure resulted in negative effects for *Daphnia*. Paracetamol is toxic to humans when administered as 4 g/day for the adults. Here, the negative effect of the unmetabolized paracetamol has been shown on the aquatic environment, which is critical for the health of ecosystems, soil, plants, animals and humans.

References

Ding, R., Liu, S., He, C., & Nie, X. (2020). Paracetamol affects the expression of detoxification-and reproduction-related genes and alters the life traits of *Daphnia magna*. *Ecotoxicology*, 29, 398-406. Doi: 10.1007/s10646-020-02199-z

Ebert, D. (2005). Introduction to *Daphnia* biology. *Ecology, Epidemiology and Evolution of Parasitism in Daphnia*, (Bethesda, MD), 5-18.

Ennis, Z. N., Dideriksen, D., Vægter, H. B., Handberg, G., & Pottegård, A. (2016). Acetaminophen for chronic pain: a systematic review on efficacy. *Basic & clinical pharmacology & toxicology*, 118(3), 184-189. Doi: 10.1111/bcpt.12527

Gemiş, Ö. F., & Koçak, A. O. (2019). 2012-2019 Yılları Arasında Acil Servise Parasetamol İntoksikasyonu ile Başvuran Hastaların Retrospektif Analizi. *Eurasian Journal of Toxicology*, 1(3), 103-108.

Hadi, M., Dragovic, S., van Swelm, R., Herpers, B., van de Water, B., Russel, F. G., ... & Groothuis, G. M. (2013). AMAP, the alleged non-toxic isomer of acetaminophen, is toxic in rat and human liver. *Archives of toxicology*, 87, 155-165. Doi: 10.1007/s00204-012-0924-1

Liu, S., Ding, R., & Nie, X. (2019). Assessment of oxidative stress of paracetamol to *Daphnia magna* via determination of Nrfl and genes related to antioxidant system. *Aquatic toxicology*, 211, 73-80. Doi: 10.1016/j.aquatox.2019.03.014

Preuss, T. G., Hammers-Wirtz, M., Hommen, U., Rubach, M. N., & Ratte, H. T. (2009). Development and validation of an individual based *Daphnia magna* population model: the influence of crowding on population dynamics. *Ecological Modelling*, 220(3), 310-329.

Sousa, A. P., & Nunes, B. (2021). Dangerous connections: biochemical and behavioral traits in *Daphnia magna* and *Daphnia*

longispina exposed to ecologically relevant amounts of paracetamol. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 38792-38808. Doi: 10.1007/s11356-021-13200-5

Statista. (2022). *Statista*. The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies. <https://www.statista.com/>

Tkaczyk, A., Bownik, A., Dudka, J., Kowal, K., & Ślaska, B. (2021). *Daphnia magna* model in the toxicity assessment of pharmaceuticals: A review. *Science of the Total Environment*, 763, 143038.

BÖLÜM X

Cnidaria Filumu Özellikleri ve Karadeniz'deki Medüz Üyeleri

Zekiye BİRİNCİ ÖZDEMİR¹

Giriş

Küresel ısınma, antropojenik etkiler ve birçok doğa olayı okyanus ve denizel ekosistemlerde değişimleri beraberinde getirmektedir. Son 50 yıllık periyodda Avrupa deniz ekosistemlerinde farklılıklar görülmüştür. Özellikle pelajik ekosistemlerde jelimsi organizmaların arttığı hatta baskın grup haline geldikleri tespit edilmiştir. Azak denizi, Hazar denizi, Baltık denizi gibi birçok denizde jelimsi makrozooplankton gruplarının artması o

¹ Doç.Dr., Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Deniz Biyolojisi Anabilim Dalı, Sinop, Türkiye orcid: 0000-0002-7443-1298 zbirinci@sinop.edu.tr

ekosistemdeki zooplankton miktarının azalması, bazı balık türlerinde azalma ve de ekosistemdeki diğer türlerin etkilenmesi sorunlarını beraberinde getirmiştir. Ülkemizi çevreleyen ve ülke ekonomisinde katkısı yüksek olan Karadeniz ekosistemi için de aynı senaryo kendini göstermiştir. 1960'lı yıllardan itibaren Avrupa'da hızlanan sanayileşme sonucu yükselen miktarda atıkların, Karadeniz'e boşalan akarsuların kirlilik yükünü taşıması, ticari avcılık yapan teknelerin teknolojik gelişimi ve avlama kapasitelerinin artması gibi faktörlerin yanında son olarak iklimsel değişimler Karadeniz ekosisteminin doğal dengesini bozmuştur. Dengesi bozulan ekosistemde jelimsi organizmalar baskın duruma gelmiştir. Karadeniz ülkemiz denizlerinde ticari balıkçılık açısından yeri önemli bir denizimizdir. Önceki yıllarda yaşanan olumsuzluklarla birlikte, sonrasında Karadeniz'de jelimsi makrozooplankton miktarının artışı ile balıkçılık miktarı oldukça fazla düşmüştür. Denizel ekosistemlerde bu derece etkili jelimsi makrozooplankton türleri ile ilgili bilimsel araştırmalar artmıştır. Tüm ekosistemi etkileyebilen ve ciddi sonuçlara neden olabilen jelimsi makrozooplankton grupları Karadeniz'de Cnidaria ve Ctenophora filumları ile temsil edilmektedir. Bu çalışmada Cnidaria filumu özeklilikleri ve Karadeniz'deki türleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

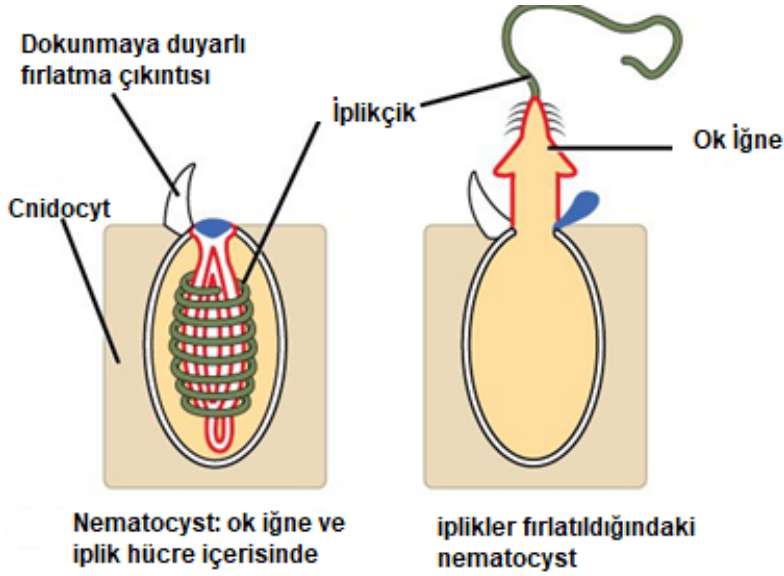
1. Filum: Cnidaria

Cnidaria (Coelenterata), bu filumun tüm üyelerinde bulunan, cnidocyte veya nematocyst olarak bilinen yakıcı hücrelerin varlığından adını alır. Genellikle iki yetişkin formu vardır, Polipoid (veya hidroid) formu, tübüler olup genellikle bir substrata sabitlenerek yaşamını sürdürür (sesil). Meduzoid formlar, çoğu durumda serbestçe yüzme yeteneğine sahip, düz veya şemsiye şeklindedirler.

Cnidaria filumu denizşakayıkları, mercanlar, denizanası, tatlı su hidrası ve fizalya gibi 10.000'i aşkın tür içerir. Serbest ya da sesil

olarak bulunan basit radial simetrlili metazoa grubudur. Endoderm ve ekdodermden oluşan iki tabaka ve arasına yerleşmiş jelatimsi tabakaya (mesoglea) sahiptir. Bütün coelentaratlar (knidliler) radial ve biradial simetrlili olmalarına rağmen bir tek gastrovasküler adı verilen boşluğa sahiptir. Ağız ve anüs görevi gören tek bir açıklığa sahiplerdir. Genelde sinir sistemi çok ilkel olup sadece sinir hücreleri ağı vardır. Hayat evreleri nesil değişmesi olan metageneze sahiptir. Mesoglea cansız olmasına rağmen, embriyonik ekdodermden türemiş canlı hücreleri kapsar. Bütün knidlilerin ağız çevresinde tentakülleri vardır ve tek açıklıkları mide sistemidir (gastrosöl).

Cnidaria üyelerinin en önemli özelliği knid adı verilen ve yakıcı madde içeren hücrelerin bulunmasıdır. Knid içeren bu hücrelere knidoblast adı verilir (Zhong, 1988). Bütün knidliler interstitial hücrelerce oluşturulan nematositlerle donatılmıştır. Nemosit, bu filumun üyelerinde tektir ve hücre içindeki diğer küçük organellerden oluşur. Nemosit kapsül, kapak ve ipten oluşmuştur. Nemosit uyarıcı bir etki aldığında kapak açılarak ipler fırlatılarak hemen boşaltılır. Boşaltılmamış nematosit kapsülleri spiral, oval, armut şeklinde vb. olmaktadır (şekil 1) (Pechenic, 1995).



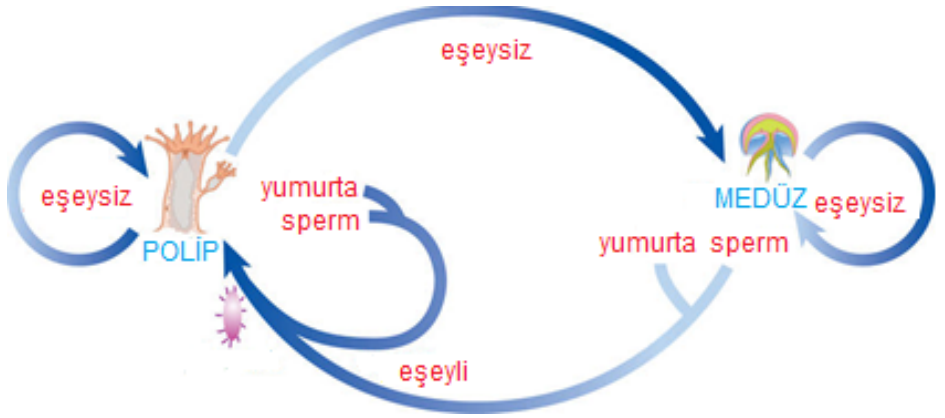
Şekil 1. Cnidaria üyelerinde nematosit yapısı (Anonim, 2004a'dan uyarlanmıştır)

Nematositler küçük objelerin etrafını sarmak, yüzeylere yapışmak, yüzeyi delmek ya da zararlı protein toksinlerini salgılamak için özelleşmiş olabilir. Nematositlerin görevi besin toplama, kısmen savunma ve harekettir. Bütün türler özellikle beslenme tentakülleri bakımından zengindir. Nematositlerin fonksiyonel önemi onların bireysel büyüklüğünden ziyade vücut yüzeyindeki her mm² de büyük miktarlarda bulunmasındadır (Zhong, 1988; Pechenic, 1995).

Cnidaria Filumu Üreme ve Larval Aşamaları

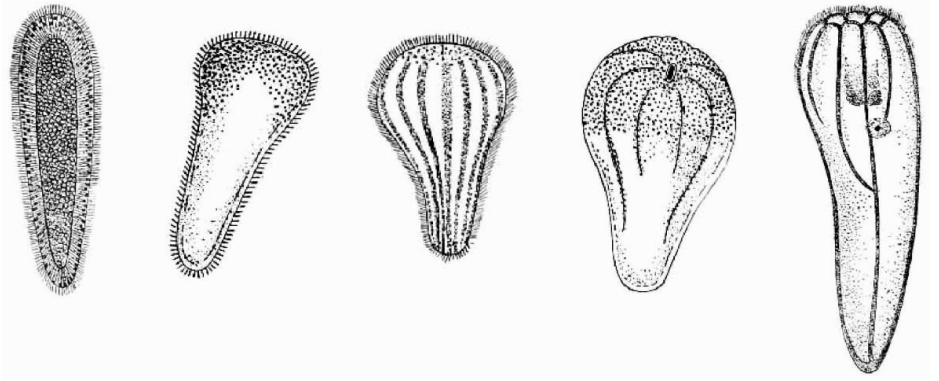
Bazı cnidaria üyelerinin, yaşam döngülerinde sadece bir form olarak bulunurken, diğerleri her iki formu da gösterebilirler. Çoğu, eşeyli ve eşeysiz aşamalar arasında geçiş yapar ve üreme stratejilerinde birçok varyasyon mevcuttur. Ancak cnidariaların tipik

erken larval aşaması planula larvasıdır. Üreme, olgunlaşan gametlerin gastrik cepler içine dökülmesi ile olur ve buradan ağız yoluyla dışarı atılırlar. Yumurtaların çatlaması gastrik ceplerde başlar. Embriyolar ağızdan serbest bırakılır ve oral kollarda kuluçka işlemi gerçekleşir. Burada gelişimini tamamlayan larva (planula) ergin bireyden ayrılır. Planula larvası kısa bir süre serbest yüzdükten sonra kendisini sert bir zemine tespit eder. Bazen de larvalar dışarı bırakılmayıp daha ileri bir aşamaya kadar organizmanın içinde gelişebilir (Convey, 2012).



Şekil 2. Cnidaria filmu yaşam döngüsü (Anonim, 2024b'den uyarlanmıştır)

Planulalar, siller (silia) ile kaplıdır ve uçta bir terminal silli yumağa sahip olabilirler. Vücudu tüp şeklindedir, ağız ve anüs işini gören tek bir açıklık vardır. Düz, küresel, silindirik veya armut şeklindedirler ve hepsinin merkezi bir boşluğu yoktur. Planktonla beslenen planulalar (planktotrophic), ağız geliştirebilir ve zemine yerleşimden önce yumurtadan beslenenlere (lecithotrophic) göre planktonda daha uzun süre kalırlar. Anthozoa, en büyük planulalara sahip grup olup çoğunlukla planktotrofiktir (Convey, 2012).



Şekil 3. Planula çeşitleri (Hyman, 1940)

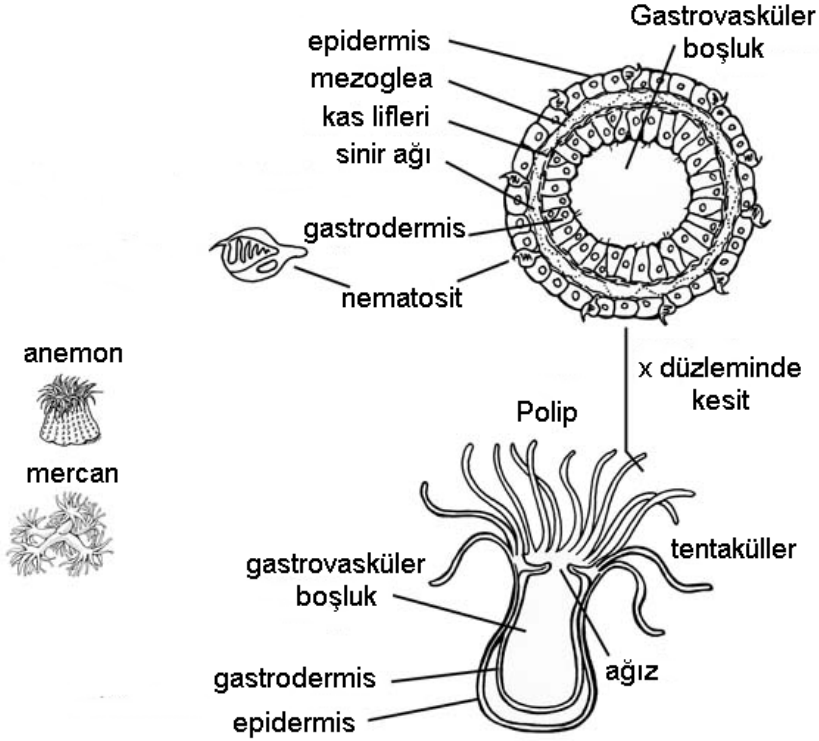
Medüz formu serbest olarak denizlerin pelajik bölgelerinde yaşamlarını sürdürürler. Vücut genellikle şemsiye şeklinde, şeffaf, jelimsi ve peltemsi bir yapıdadır. Medüzlere jelimsi vücut yapısını veren mesoglea tabakasıdır. Medüz formları savunma ve beslenme için avlanma sırasında kullanılan tentaküllere sahiptir. Medüz formlarının *Craspedacusta* türleri dışındaki tüm türleri denizeldir. Pelajik yaşam sürdürerek serbest yüzerler. Vücutlarının %95-%97'si sudan oluşmaktadır. Medüzler çok sayıda türe sahip olmakla birlikte, dünya okyanuslarında ve denizlerinde geniş yayılım göstermektedirler (Bat, & ark., 2008; Convey, 2012).

Cnidaria filumu Anthozoa, Scyphozoa ve Hydrozoa olmak üzere 3 sınıfta incelenir:

1.1. Sınıf :Anthozoa

Anthozoa, “çiçek hayvanları” anlamına gelir ve bu gruba mercanlar, deniz gülleri, deniz anemonları gibi gruplar dahildir. Anthozoa, 10 takım ve binlerce türden oluşmaktadır. Anthozoanlar, vücutlarının dış kısmında yumuşak vücut dokularını destekleyip korumak için ölü bir madde salgılayabilir. Renkler kırmızı, pembe ve mor ile sarı, mavi ve turuncu arasında değişebilir. Bazıları sadece

birkaç inç boyunda iken, diğerleri birkaç feet yüksekliğe kadar büyüyebilir (Anonim, 2024d).



Şekil 4. Anthozoa sınıfı üyelerinin genel görünümü (Anonim, 2024c'den uyarlanmıştır).

Yetişkin anthozoalar, polipoid bir şekle sahiptir ve medüz formları yoktur. Anthozoan planulaları bir süre planktonda kalabilir ve tentaküller gelişmeden önce planula olarak zemine yerleşebilir ya da planktonda iken tentakül tomurcukları gelişebilir. Ardından tentaküller oluşarak, küçük bir deniz anemonuna benzeyen bir yapıya bürünebilirler. Tentaküllerin birleştiği boşlukta ağız bulunur.

Vazo şeklini andıran alt vücut yapısı gastrodermis, epidermis ve gastrovasküler boşluktan oluşmuştur (Şekil 4).

Tentakülleri olan pelajik deniz anemon larvaları, tentaküllerin sayısı ve sıraları, gastro-vasküler boşluğu ayıran bölümlerin sayısı gibi özelliklere bağlı olarak sınıflandırılırlar.

1.2. Sınıf : Scyphozoa

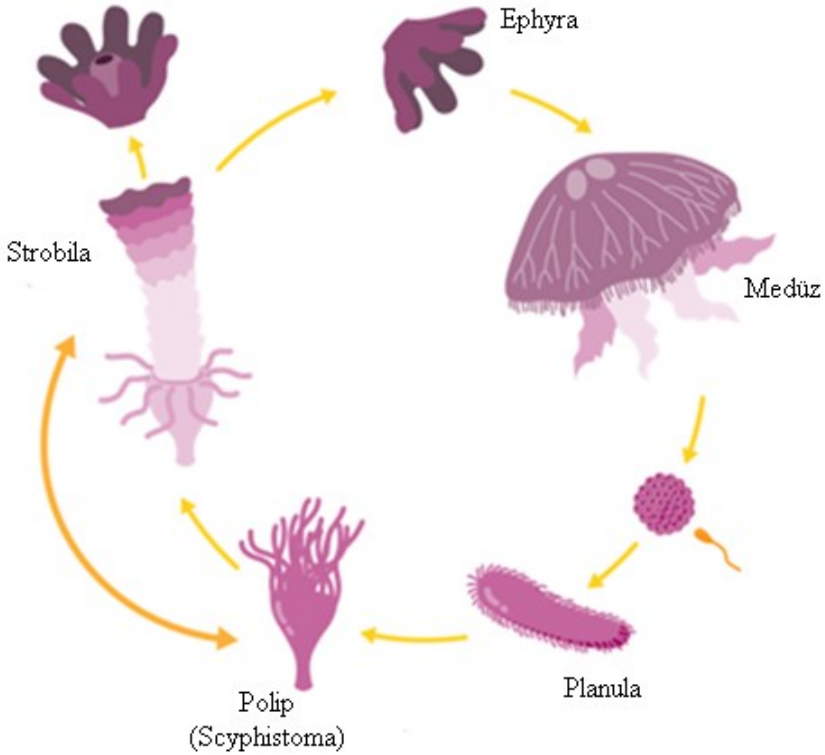
Scyphozoalar, genellikle “denizanası” kelimesiyle eşleştirilen organizmalardır. Tüm grup üyeleri denizlerde yaşayan, sapsız şemsiye şeklinde canlılardır. Birçoğu saydam, mavi, pembe renktedir. Hem polip hem medüz formu bulunur. Erginleri ise medüz halinde olup su yüzeyine yakın ve serbest halde yüzerler. Hayat devrelerinde medüz formu dominanttır (Convey, 2012).

Yetişkin scyphozoalar, genellikle yaz aylarında yaygın olarak bulunurlar ve üreme sonrası sonbahar sonunda kaybolmaya eğilimlidirler. Bu dönemde ölü bireylerin çoğu kıyıya vurmakta veya deniz tabanına (bentik) bölgeye inmektedir. Ancak bazıları, kış boyunca derin sularda veya korunaklı alanlarda hayatta kalabilmektedir.

Scyphozoa Ephyra Gelişimi ve Morfolojisi

Çoğu scyphozoa medüzü, tipik Cnidaria planula larvalarına dönüşen gametler üretir (Şekil 5.). Planulalar, kayalık gibi uygun bir substrata tutunarak, deniz anemonuna benzeyen scyphistoma adı verilen bir polip aşamasına dönüşür. Scyphistoma, yeni polipoid bireyler oluşturarak sayısını artırabilir. Sonrasında strobilasyon (bölünme) adı verilen bir tomurcuklanma süreci oluşur. Bu oluşum üst üste, kat kat açılan bir çiçek görünümündedir. Strabilasyon sonucu gelişen ephyra (genç medüz) strobiladan ayrılarak yüzmeye başlar. Serbest kalan ephyra birkaç taneden birçok sayıya kadar üretilip serbest bırakılabilir (Şekil 5). Besin bulunabilirliği ve

sıcaklık, strobilasyonu düzenleyen ana faktörler olarak görünmektedir. Bu grupta yetişkin medüzler tarafından üretilen gametlerden doğrudan bir gelişim göstererek, planula aşamasından ephyra'ya ve ardından kademeli olarak bir yetişkin medüze dönüşür. Bu nedenle yaşam döngüsü tamamen pelajiktir (Convey, 2012).



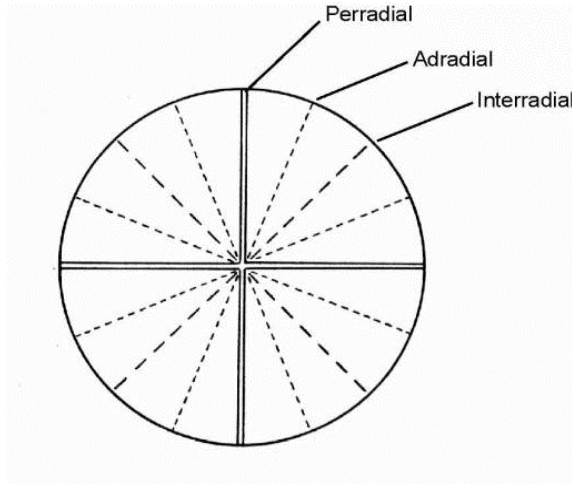
Şekil 5. Scyphozoa Ephyra Gelişimi (Anonim, 2024e'den uyarlanmıştır)

Bir yıldan daha az sürede olgunluğa erişir. Gonadlar dışında erginin özelliklerinin çoğu var olup dikkatli bakıldığında görülebilir. Genç bireyde ağız sapı, ağız, gastrik filamentler ve duyu organı

bulunur. Gelişmiş solenteron dış hattı, mide ve üç tip radial kanal görülebilmektedir

Ephyra ve juvenil bireylerin sayıları genellikle Mart-Nisan ve Eylül-Ekim aylarında zirve yapar (Bat & ark., 2008, Birinci Özdemir, 2011). Tipik olarak, merkezi bir disk bulunan, düz ve ince yapıdadırlar ve bu diskin içinde mide boşluğu yer alır. Ephyra başlangıcında sekiz radyal lob bulunur ve her lobda çiftler halinde terminal lapetler vardır. Mide boşluğu, ephyra'nın uçlarına, merkezden dışa doğru yayılan gastro-vasküler kanallar aracılığıyla bağlanır, bu kanallar lobların içinde ve ayrıca loblar arasındaki girintilerin tabanına da uzanır. Loblara uzanan kanallar, uç kısımlarındaki girintilere marjinal duyusal organlar olan rhopalia bulunduğundan, rhopalial kanallar olarak adlandırılır (Convey, 2012). Ephyra'ya ait daha detaylı bilgi *Aurelia aurita* ve *Rhizostoma pulmo* türlerinin açıklanmasında detaylandırılacaktır.

Rhopalia, bir kanalın küçük bir kanalının bağlandığı, boş içi olan, çomak şeklinde yapılardır. İçlerinde, sinir dokusu ve bazen de ocelli (basit göz-sensör) olarak adlandırılan katı bir terminal statosist taşırlar. Statositler yönelim ve ışığa duyarlı denge organı olarak görev yapmaktadır. Tanımlayıcı amaçlarla, rhopalial kanallar, yönelim eksenlerine bağlı olarak interr radial veya perradial olarak adlandırılır (Şekil 6).



Şekil 6. Radial kanal alt isimlendirmelerinin gösterimi (Russell, 1953).

Loblar arasındaki sekiz daha kısa kanal rhopalia içermez ve bunlar adradial veya tentacular kanallar olarak adlandırılır, bu bölgelerde ileriki aşamada marginal tentaküller gelişmektedir. Sekiz tentakül her zaman aynı anda ortaya çıkmaz. Tentaküller şemsiyenin hemen kenarından veya şemsiye altından çıkar ve tentakül kanalları genişleyerek mide keselerini oluşturur. Bu durum türlere göre farklılık göstermektedir, örneğin *Rhizostoma pulmo* türünde tentakül gelişmez, yetişkin *Chrysaora hysoscella* 24 tentaküle sahipken, *Aurelia aurita* tamamen farklı bir tentakül düzenlemesine sahiptir. İleri aşamalarda, gastro-vasküler kanal sistemi oldukça karmaşık hale gelmekte ve bir ağ şeklini almaktadır (Convey, 2012).

Merkezi mide, manubriumun ortasında bulunan ağız yoluyla dışarıya açılır. Mide içinde dört interradian grup halinde düzenlenmiş gastrik filamentler adı verilen küçük dokunaçlar görülmektedir. Bu filamentler, mide içindeki besinlerin sindirilmesinde görev yapmaktadır. Başlangıçta bazı türlerde eksik olabilir, ephyra büyüdükçe sayıları artar. Şemsiye dış yüzeyi (exumbrella) düz

olabilir, ancak bazı ephyra'lar, nematosit içeren kabarık noktacıklar geliştirir (Nelson, 2020).

Karadeniz'de Cnidaria filumu üyelerinden *Rhizostoma pulmo*, *Aurelia aurita*, (Zhong, 1988) yaygın olarak görölmektedir. *Chrysaora hysosella* (Öztürk ve Topaloğlu, 2009) 2007 yılından sonra Batı Karadeniz'de tespit edilmiş ancak sonrasında geniş yayılım göstermemiştir. Bu nedenle bu çalışma içerisinde *A. aurita* ve *R. pulmo* türleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

***Aurelia aurita* (Linnaeus, 1758)**

Aurelia aurita sistematığı aşağıdaki gibidir.

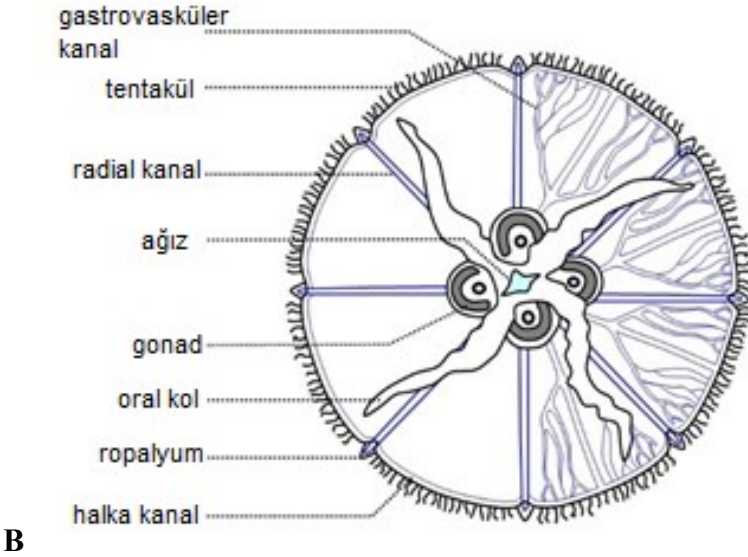
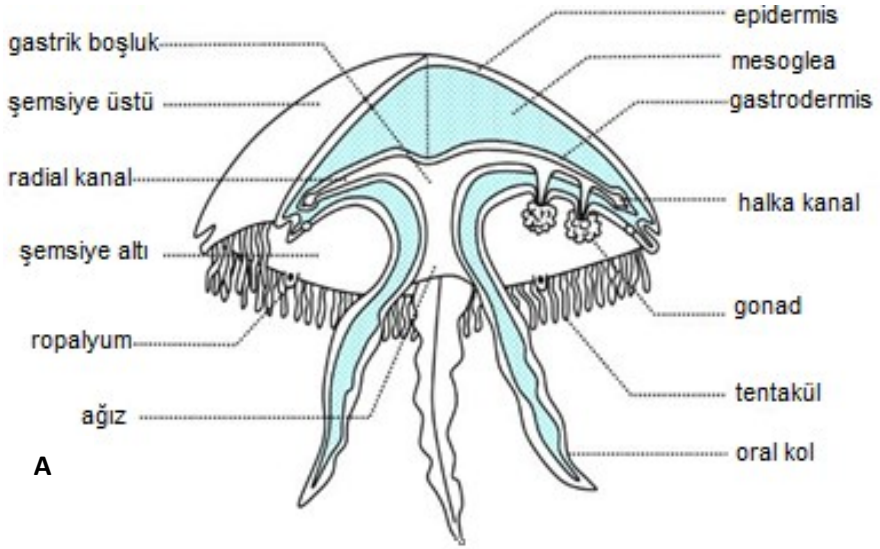
Filum	: Cnidaria
Sınıf	: Scyphozoa
Takım	: Semaestomeae
Aile	: Ulmaridae
Cins	: Aurelia
Tür	: <i>Aurelia aurita</i> (Linne, 1758)

Cnidaria filumu üyesi *A. aurita* tür dünya denizlerinde dağılım göstermekte ve kıyısal sularda daha yaygın olarak görölmektedir (Zhong, 1998; Bat & ark., 2008; Mutlu, 2001). Genellikle sıcak tropikal kıyısal sularda ve ılıman sularda yaşamlarını devam ettirirler. Geniş sıcaklık toleransı bulunan bu organizmalar 6 - 31°C değişen sularda yaşamlarını sürdürebilirler (Bat & ark., 2008). *A. aurita* popülasyonu polip tipleri için uygun substrata sahip kıyısal sular ve haliçlerde, medüz formları ise küçük, sığ, kapalı veya yarı kapalı sistemlerde daha fazla bulunmaktadır (Lucas, 1996; Mutlu, 2001, Bat & ark., 2009, Birinci Özdemir & ark., 2019). Bu organizma türünde medüz formu baskın olarak görülür. Vücudu şemsiye şeklinde ve peltemsi bir yapıdadır. Medüzlere jelimsi vücut yapısını veren mesoglea bu grupta incedir.

Savunma ve beslenme için kullanılan tentaküllere sahiptir (Convey, 2012).

Genellikle denizlerin yüzey sularında bulunan ve oldukça saydam görünüşü olan bir organizmadır (Şekil 7A,B). Hareketi sırasında genişleyip, küçülebilen dış yüzeye exumbrella (şemsiye üstü), aynı şekilde açılıp kapanma özelliği olan iç yüzeye de subumbrella (şemsiye altı) denir. Yetişkin bir birey sekiz basit marjinal lob, sekiz duyu organ ve dört uzun oral kola sahiptir (Şekil 7A). Lobların kenarlarında yakıcı hücreler içeren çok sayıda ince ve küçük tentaküller (siller) vardır (Şekil 7A,B) (Pechenic, 1995).

Alt şemsiyenin merkezinde kısa bir manubrium (ağız sapı) uzanır, oral yüzeyin merkezine bağlanmıştır. Ağız sapının ortasından 4 ağız kolu ve kare şeklinde bir ağız açıklığı vardır. Kollar serbest olarak su içinde uzanır. Kollar üzerindeki yakıcı hücreler sudaki küçük canlılara (plankton) çarparak sersemletir-felce uğratarak vücuda alınmasını sağlar. Ağız midenin merkezine açılır. Ağız çevresinde at nalına benzer 4 gastrik cep (sindirim ve beslenmede kullanılan organ) bulunur (Şekil 7B). Her bir oral (ağız) kol, yüzeyi iki dalgalı şeride benzer uzunlamasına silli solungaç oyukları meydana getirir. Dört oral kolun oyukları ağızda birleşir, oyukların merkezleri küçük dallı tentaküllere ayrılırlar. Tentaküller besinin yakalanmasında görev yapar ve ağıza götürülmesinde yardımcıdır. Ağız kolları merkezden etrafa doğru ağ şeklinde yayılım gösterir (Şekil 7B.) (Convey, 2012, Anonim, 2024f).



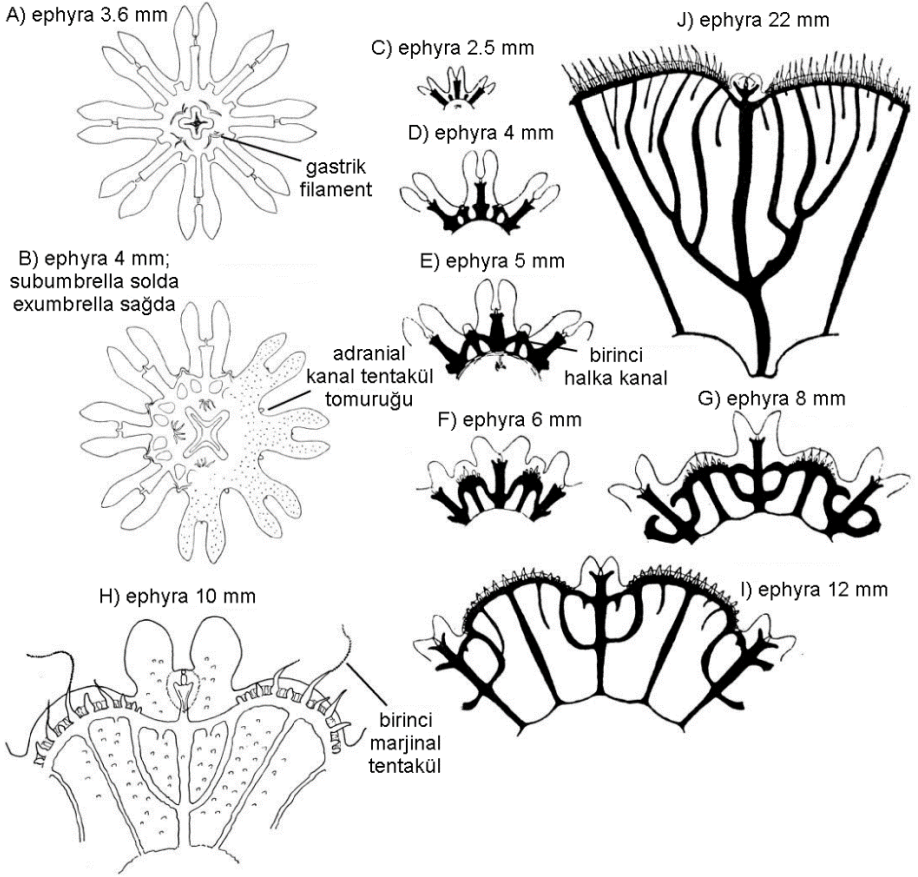
Şekil 7. *A. aurita* şematik görünümü A: yandan görünümü B: alttan (Anonim, 2024f'den uyarlanmıştır).

Türün abarol yüzeyindeki mukus salgısı besinlerin vücut üzerine yapışmasını sağlar. Besinlerin ağza transferi mukusun epidermal sillerden çanın merkezine hareket ettirilmesi ve de dallanmış oyuklardaki sillerin hareketi ile gerçekleştirir. (Bat & ark., 2008, Riisgard, 2022).

***Aurelia aurita* Ephyra Gelişimi**

Aurelia aurita türünde ephyra'lar, yaklaşık 1.5-4.5 mm çapında serbest bırakılır. Bu büyüklükte marjinal lapetlerin uçları oldukça ince ve sivridir. Gastrik filament sıfır ile iki arasında bulunur. Başlangıçta, perradial ve interradianal rhopalial kanalların uçları kare şeklindedir. Bazen hafifçe loblu olup, adradial kanallar sadece kare uçlu kısa tomurcuklar halindedir. Halka ve radyal kaslar belirgin durumdadır (Şekil 8A, E) (Convey, 2012, Anonim, 2024f).

Ephyra boyutu 2.0-2.5 mm olduğunda marjinal tentaküller veya tentakül tomurcukları yoktur. Her bölümde üç gastrik filament ve marginal lapet benzeri yapılar görülmeye başlar. Ephyra ~4.0 mm boyutlarına ulaştığında, perradial ve interradianal kanalların tabanlarında ve adradial kanalların yanlarında çıkıntılar gelişir (Şekil 8B, D). Bu aşamada her grup için yaklaşık altı ila sekiz gastrik filament bulunur. Ephyra 5-6 mm çapında olduğunda, her adradial kanaldan yanlara doğru kanallar gelişir ve düz rhopalial kanallarla birleşerek birincil halka kanalını oluşturur (Şekil 8E-F). Bu, yetişkin *Aurelia*'da bulunan oldukça karmaşık dallanmış gastro-vasküler sistemin ilk görünüşüdür. Küçük tentaküller, oral dudakların kenarlarında görünür. Her lob arasında marginal tentaküllerin sayısı artar ve ~8 mm boyutuna ulaşıldığında, her birincil marginal tentakülün iki yanında beş ila altı tentaküle ulaşır (Şekil 8G, H), bu da bir grupta 10-12 tentakül yapar. Boyut arttıkça ephyra ergin medüze dönüşür, kanal sistemi giderek daha karmaşık hale gelir (Şekil 8I, J).



Şekil 8. *Aurelia aurita* ephyra gelişimi (Convey 2012'den uyarlanmıştır)

***Rhizostoma pulmo* (Macri, 1778)**

Rhizostoma pulmo tropikal ve ılıman denizlerde yaşam süren scyphzoan grubu üyesidir. Kubbe şeklinde bir şemsiyesi olup, çapı

50-60 cm'ye kadar ulaşabilir Şeklinden dolayı varil deniz anası, deniz ciğeri gibi isimler ile anılır (Şekil 9).



Şekil 9 *Rhizostoma pulmo* (orijinal fotoğraf)

Rhizostoma pulmo sistematığı aşağıdaki gibidir.

Filum	: Cnidaria
Sınıf	: Scyphozoa
Takım	: Rhizostomae
Aile	: Rhizostomatidae
Cins	: Rhizostoma
Tür	: <i>Rhizostoma pulmo</i> (Macri, 1778)

Ergin bireylerin marginal tentakülleri yoktur. Tuzluluk ve sıcaklık koşullarındaki değişimlere yüksek tolerans gösterir ve besin bakımından zengin alanlarda yaygın olarak bulunur. Akdeniz

havzasında, Marmara Denizi ve Karadeniz'de yaygın olarak bulunan bir türdür (Mutlu,2001, Fountes & ark., 2011).

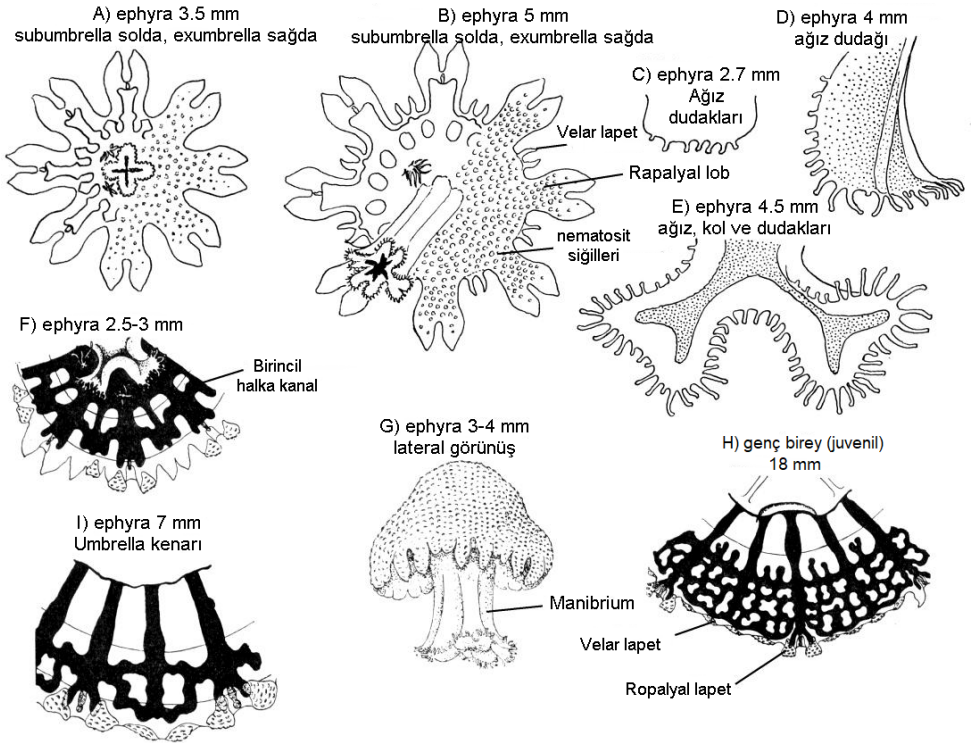
Ergin bir *Rhizostoma* medüzünün, merkezinde manibrium ve bu kısımdan uzanan 8 adradial dallı oral kol bulunur. Kollar üzerinde çok sayıda ağız mevcuttur (Fountes & ark., 2011). Ağıza ait tentakülleri birleştikinden ağız dar ve dışarıya pek çok kanalla açıktır. Bundan dolayı bu medüz büyük avları yutamaz, fakat mide dışındaki dudak tentakülleri arasında besini sindirerek absorbe eder (Convey, 2012). Genellikle mavi renkli olan şemsiyenin kenarında menekşe rengine çok sayıda küçük lopçuklar yer alır (Demirsoy, 1982).

Şemsiye çevresindeki her boğumda, rhopalial lapetlerle ayrılmış on marginal lapet bulunur, bu lapetler velar lapet olarak adlandırılır. *Rhizostoma pulmo*'nun toplam 80 lapeti vardır. Bu türde mezogloea serttir. Şemsiye dışında organizmaya granüler bir doku veren yakıcı yapıda küçük noktacıklar taşır. Her biri turuncu renkli statolith taşıyan ancak ocelli içermeyen 8 rhopalial'a sahiptir. Rhopalium'un üstünde üçgen silli exumbrella duyuşal çukuru ve alt yüzeyinde subumbrella silli duyuşal çukuru mevcuttur ((Fountes & ark., 2011, Convey, 2012).

***Rhizostoma pulmo* Ephyra Gelişimi**

Bu türde yeni serbest bırakılan ephyra'lar, ~2.7-6.0 mm çapındadır. Ephyra 2.7 mm boyutlarında iken, oral dudakların kenarlarında küçük tentaküller görünmeye başlar (Convey, 2012) (Şekil 10C). Dallanmış marginal lapetler dıştan daha yuvarlak, içten ise daha keskin şekillidir (Şekil 10A, B), ancak şekil değişkendir. Her bölmede iki-üç gastrik filament ve oldukça uzun bir manubrium vardır (Şekil 10G). Rhopalial kanallar, uçları yuvarlak, hafifçe çatallanmış bir yapıdadır. Adradial kanallar *A. aurita* ephyra'sına benzer olarak kısa, uçları kör ve sivrilmiş şekildedir. Birincil halka kanal, ephyra yaklaşık 3 mm'ye ulaştığında adradial kanalların

rhopalial kanallarla birleşmesiyle oluşur (Şekil 10F). 5 mm boyutlarındaki bir bireyde, birincil halka kanalı tamamen oluşmuş, manubrium oldukça uzun ve bölünmüştür. Her bölmede 11-12 gastrik filament bulunmaktadır (Şekil 10B). Rhopalial loblar arasındaki yarıktaki şemsiye kenarında ilk velar lappet çifti oluşmuş ve eksumbrella nematosit sigilleriyle kaplanmıştır. 7 mm boyutlarındaki bir bireyde (Şekil 10I), marginal velar lappetler açıkça ayrılmış ve ilk marginal halka kanalları gelişme gösterir. Ephyra yaklaşık 18 mm boyutlarına geldiğinde (Şekil 10H), halka kanalın her çeyrek dairesinde dört yuvarlak velar lappet oluşur. Marginal kanal hiç gelişmez ve kanal ağs oldukça karmaşık yapıdadır (Convey, 2012).



Şekil 10. Rhizostoma pulmo ephyra gelişimi (Convey 2012'den uyarlanmıştır.

1.3.Sınıf Hydrozoa

Hydrozoa, tüm dünya okyanusları ve denizleri boyunca hem bentos hem de planktonda yaygın olarak bulunur. Neritik yaşam sürdüren bu grubun bilinen yaklaşık on bin canlı türü vardır. Temel yaşam döngüleri, tomurcuklanarak büyüyen ve bazı durumlarda tomurcuklanmayla ilgili bir süreçle bireysel planktonik medüzler üreten bentik modüler polip kolonilerinden oluşur (Boero & Mills, 1999).

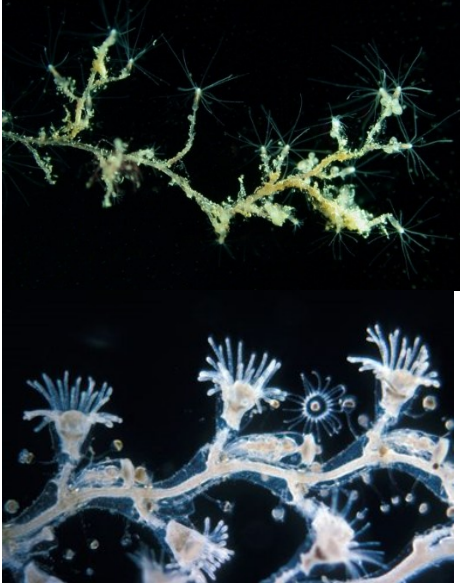
Hydrozoa Gelişimi ve Morfolojisi

Hydrozoa (Siphonophorae grubu hariç) türleri ya tekil (yalnız) olup ya da koloniler oluşturur ve yaşam döngüleri yalnızca polipoid, yalnızca medusoid ya da her iki evreyi de içerebilir. Tipik olarak, medusoid evreler, kayalara, kabuklara, deniz yosunlarına vb. bağlı olan poliplerden (Şekil 11) aseksüel olarak tomurcuklanarak meydana gelir. Serbest yüzebilen medusoid evreler genellikle ayrı cinsiyetlere sahiptir ve olgunlaştıklarında gametlerini denize bırakırlar. Dölllenmiş yumurtadan serbest yüzebilen planula larvası gelişir, bu larva yerleşir ve yeni bir polip olarak büyür. Ancak bazı üyeler, dipte sabit olarak yaşayan bir evreye sahip değildir; tamamen planktonik bir yaşam döngüsüne sahiptirler, diğerleri ise medusoid evresine sahip değildir.

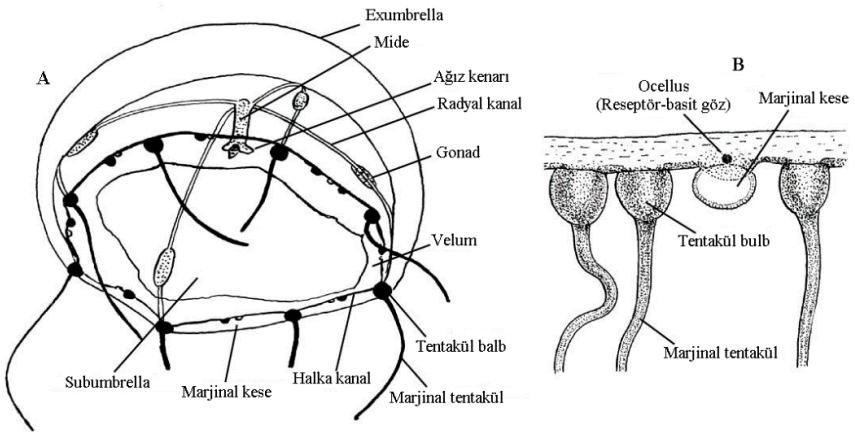
Bir hydrozoa medüzün genel yapısı Şekil 12'de verilmiştir. Mide ve gonadlar subumbrella (alt iç) yüzeyinde yer alır. Radyal kanallar, mideden yayılarak, şemsiye kenarını çevreleyen bir halka kanala bağlanır. Şemsiye kenarında ise türüne bağlı olarak değişen sayılarda marginal tentaküller bulunur. Ayrıca, duyu organları da mevcut olabilir. Subumbrella boşluğunun açıklığı etrafında, türlere

göre genişliği değişen, kaviteyi kısmen kapatan ve yüzme jeti türünü belirleyen, raf benzeri bir velum bulunur. Medüz türleri, şemsiye şekilleri ve jelatin kalınlıklarında çeşitli farklılıklar gösterir; tamamen düz olanlardan çan şeklinde olanlara kadar değişebilir, bazen apikal çıkıntılar da bulunabilir (Convey, 2012)





Şekil 11. Hydrozoa polip örnekleri A) *Hydra vulgaris*
 B) *Cordylophora caspia* C) *Bougainvillea muscus* C) *Obelia* sp.
 (Anonim, 2024g,h,i)



Şekil. 11. Hydrozoa medüzünün genel yapısı (Convey, 2012'den uyarlanmıştır).

Kaynakça

Anonim, 2024a. <https://oertx.highered.texas.gov/courseware/lesson/1752/student-old/?task=1> (Erişim tarihi: 18.12.2024)

Anonim, 2024b. <https://www.ck12.org/book/ck-12-biology-concepts/r25/section/11.5/> (Erişim tarihi: 18.12.2024)

Anonim, 2024c. <https://www.exploringnature.org/db/view/Class-Anthozoa-Sea-Anemones-Corals> (Erişim tarihi: 19.12.2024)

Anonim, 2024d. <https://nationalzoo.si.edu/animals/corals-and-sea-anemones-anthozoa> (Erişim tarihi: 18.12.2024)

Anonim, 2024e, <https://roboguru.ruangguru.com> (Erişim tarihi: 20.12.2024)

Anonim, 2024f. <https://cronodon.com/BioTech/Jellyfish.html> (Erişim tarihi 2.12.2024)

Anonim, 2024g: <https://www.taxateca.com/ordenleptomedusae.html>. (Erişim tarihi: 18.12.2024)

Anonim, 2024h; Environmental Research Center (20.12.2024 tarihinde) <https://www.marinespecies.org/hydrozoa/aphia.php?p=image&pic=23678>'den ulaşılmıştır.

Anonim, 2024ı; Environmental Research Center (20.12.2024 tarihinde) https://invasions.si.edu/nemesis/species_summary/48893'den ulaşılmıştır.

Bat, L., Satılmış, H.H., Birinci-Özdemir, Z., Şahin, F., Üstün, F., 2009. Distribution, abundance, biomass and population dynamics of *Aurelia aurita* (Cnidaria; Scyphozoa) in the southern Black Sea. *North-Western Journal of Zoology* 5(2):225-241.

Bat, L., Satılmış, H.H., Şahin, F., Üstün, F., Birinci-Özdemir, Z., Ersanlı, E., 2008. “*Plankton Bilgisi ve Kültürü*”. Ankara, Nobel Yayın Dağıtım.

Birinci Ozdemir Z. 2011. Karadeniz’de bulunan jelimsi organizmaların mide içeriği ve bazı populasyon parametrelerinin mevsimsel değişimi. Doktora tezi, Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop.

Birinci Özdemir, Z., Özdemir, S., Özsandıkçı, U., Büyükdıveci, F., Baykal, B. (2019). The seasonally determination of disc diameter-weight relationship of moon jellyfish *Aurelia aurita* in the Black Sea coasts of Turkey. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 5(1), 8-16.

Boero F, Mills CE. 1999. Hydrozoan people come together. *Trends Ecol Evol.* 14(4):127-128. Doi: 10.1016/s0169-5347(99)01588-8. PMID: 10322514.

Conway, D.V.P. 2012. Marine zooplankton of southern Britain. Part 1: Radiolaria, Heliozoa, Foraminifera, Ciliophora, Cnidaria, Ctenophora, Platyhelminthes, Nemertea, Rotifera and Mollusca. A.W.G. John (ed.). Occasional Publications. *Marine Biological Association of the United Kingdom*, United Kingdom.

Fuentes, V., Straehler-Pohl, I., Atienza, D. & Gili, M.J. 2011. Life cycle of the jellyfish *Rhizostoma pulmo* (Scyphozoa:

Rhizostomeae) and its distribution, seasonality and inter-annual variability along the Catalan coast and the Mar Menor (Spain, NW Mediterranean). *Mar Biol* 158, 2247–2266. <https://doi.org/10.1007/s00227-011-1730-7>

Hyman, L.H. 1940. *The Invertebrates: Protozoa through Ctenophora*. Volume 1, New York, McGraw–Hill. (<https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.461506>’dan ulaşılmıştır).

Lucas, C.H., 1996. Population dynamics of the scyphomedusa *Aurelia aurita* (L.) from an ‘isolated’ brackish lake, with particular reference to sexual reproduction. *Journal of Plankton Research*, 18:987-1007.

Mutlu, E., 2001. Distribution and abundance of moon jellyfish (*Aurelia aurita*) and its zooplankton food in the Black Sea. *Marine Biology*, 138: 329-339.

Nelson, R.C., 2020. Phanerozoic evolution—ediacaran biota. In Nelson R. Cabej (Eds) *Epigenetic mechanisms of the Cambrian Explosion*,(pp:27-69),Academic Press.

Öztürk, B., Topaloğlu, B., 2009. Monitoring *Chrysaora hysoscella* (Linnaeus, 1767) in Istanbul Strait and exit of the Black Sea. In: Abstracts of National Water Days, Firat University, Elazığ, Turkey, 2009. Turkish Marine Research Foundation, Istanbul, Turkey, 14 pp.

Riisgard, H. U. 2022. Superfluous Feeding and Growth of Jellyfish *Aurelia aurita*. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(10), 1368. <https://doi.org/10.3390/jmse10101368>

Pechenic, J.A., 1995. *Biology of the invertebrates* (third edition), Publishers: William C. Brown.

Russell, F.S. 1953. The medusae of the British Isles. Volume 1. Hydromedusae. Cambridge, Cambridge University Press.
http://www.mba.ac.uk/nmb1/publications/medusae_1/medusae_1_complete.pdfden ulaşılımtır.

Zhong, Z., 1988. *Marine planktonoloji*, China, Ocean press.

